



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

“Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico
interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la
FES Zaragoza”

TESIS PROFESIONAL
Para obtener el título de
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:

Alfredo Ricardo Reyes Iturbide,
Mabel Anahí Osornio Morales

DIRECTOR DE TESIS
M. en I. Rafael Sánchez Dirzo



México D.F., 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR
PRESENTE.

Comunico a usted que al alumno(a) Osornio Morales Mabel Anahí con número de cuenta 407075999 de la carrera Ingeniería Química, se le ha fijado el día 17 del mes de abril de 2015 a las 15:00 horas para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	M. en Q. CECILIA SUGINA MATSUBARA ODA
VOCAL	M. en I. RAFAEL SÁNCHEZ DIRZO
SECRETARIO	I.Q. JOSÉ ANTONIO ZAMORA PLATA
SUPLENTE	I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA
SUPLENTE	M. en I. MARÍA ESTELA DE LA TORRE GÓMEZ TAGLE

Cecilia Sugina Matsubara Oda

Rafael Sánchez Dirzo

Dominga Ortiz Bautista

María Estela de la Torre Gómez Tagle

El título de la tesis que se presenta es: **Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.**

Opción de Titulación: Tesis profesional

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México, D. F. a 17 de marzo de 2015.

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
DIRECTOR

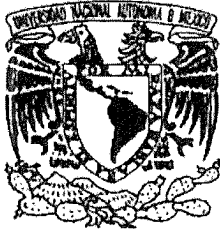
ZARAGOZA
DIRECCIÓN

RECIBÍ:

OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
Y DE GRADO

Vo.Bo.

Dominga Ortiz Bautista
I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA
JEFA DE LA CARRERA DE I.Q.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR
PRESENTE.

Comunico a usted que al alumno(a) Reyes Iturbide Alfredo Ricardo con número de cuenta 304034723 de la carrera Ingeniería Química, se le ha fijado el día 17 del mes de abril de 2015 a las 17:00 horas para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	M. en Q. CECILIA SUGINA MATSUBARA ODA
VOCAL	M. en I. RAFAEL SÁNCHEZ DIRZO
SECRETARIO	I.Q. JOSÉ ANTONIO ZAMORA PLATA
SUPLENTE	I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA
SUPLENTE	M. en I. MARÍA ESTELA DE LA TORRE GÓMEZ TAGLE

Cecilia Matsubara Oda

Rafael Sánchez Dirzo

Dominga Ortiz Bautista

María Estela de la Torre Gómez

El título de la tesis que se presenta es: **Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.**

Opción de Titulación: Tesis profesional

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México, D. F. a 17 de marzo de 2015.

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ

DIRECTOR
ZARAGOZA

DIRECCIÓN

RECIBÍ:

OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
Y DE GRADO

Vo Bo

Dominga Ortiz Bautista

I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA
JEFA DE LA CARRERA DE I.Q.

“...A lo largo del universo hay energía: ¿es ésta estática o cinética? En el primer caso nuestras esperanzas son vanas, en el segundo - y esto lo sabemos con certeza - no es más que cuestión de tiempo para que los hombres tengan éxito en sincronizar su maquinaria con los engranajes mismos de la naturaleza”.

Nikola Tesla

AGRADECIMIENTOS MABEL

Agradezco a dios. A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mi familia, maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido concluir mis estudios. A todos ellos les agradezco desde el fondo de mi alma.

AGRADECIMIENTOS RICARDO

A mis padres María del Carmen y Jesús Reyes. Gracias por quererme tanto, por su incondicional apoyo, consejo, respeto, esfuerzo y determinación.

A Dios, por haberme colocado con los seres indicados, en el momento indicado y en el lugar indicado para desarrollarme como la persona que soy.

ÍNDICE

Introducción.....	ii
Planteamiento del problema.....	iii
Objetivo general.....	iii
Objetivos específicos.....	iii

CAPÍTULO 1 CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD

1.1 Energía.....	2
1.1.1 Potencia.....	2
1.1.2 Trabajo.....	2
1.2 Formas de energía.....	2
1.2.1 Energía térmica.....	3
1.2.2 Energía eléctrica.....	3
1.2.3 Energía radiante.....	3
1.2.4 Energía química.....	3
1.2.5 Energía nuclear.....	4
1.2.6 Energía renovable.....	4
1.3 Fuentes de energía renovables, ventajas e inconvenientes.....	5
1.3.1 Energía mareomotriz.....	5
1.3.2 Energía hidráulica.....	5
1.3.3 Energía eólica.....	6
1.3.4 Energía de la biomasa.....	6
1.3.5 Energía solar.....	6
1.4 Conceptos básicos de electricidad.....	7
1.4.1 Corriente eléctrica.....	8
1.4.2 Resistencia (o Resistor).....	8
1.4.3 Potencia.....	8
1.4.4 Amperes-hora.....	8
1.5 Consumo de energía eléctrica.....	10
1.6 Rendimiento.....	11
1.7 Conductores, aislamientos y semiconductores.....	12
1.7.1 Conductores.....	12
1.7.2 Semiconductores.....	12
1.7.3 Súper conductores.....	13
1.7.4 Aisladores.....	13
1.8 Corriente eléctrica.....	14
1.9 Voltaje.....	14
1.10 Resistencia eléctrica.....	14
1.10.1 Variación de la resistencia con la temperatura.....	16
1.11 Ley del ohm.....	16
1.12 Potencia eléctrica.....	17
1.13 Energía y trabajo.....	19

CAPÍTULO 2 EL SOL

2.1 El Sol.....	21
2.2 La geometría tierra-Sol.....	21
2.3 Movimiento de la tierra.....	21
2.4 Trayectoria solar.....	22
2.5 Luz solar.....	25
2.6 Espectro luminoso.....	26
2.7 Masa aire.....	27
2.8 Variación de espectro luminoso.....	27
2.9 Insolación.....	28
2.10 Unidades de medida.....	28
2.11 Variación de la insolación.....	28
2.12 Irradiancia e irradiación.....	28
2.13 Irradiación del Sol.....	29
2.14 Día solar promedio.....	30
2.15 Latitud, latitud +15, latitud -15.....	30
2.16 Constante solar.....	30
2.17 Tipos de radiación.....	31
2.17.1 Radiación directa.....	31
2.17.2 Radiación difusiva.....	31
2.18 Hora solar pico.....	32
2.19 La absorción de la luz.....	33
2.20 La medición de la energía del Sol: la constante solar.....	34
2.21 La conversión fotovoltaica.....	35
2.22 Conversión de luz solar en energía eléctrica.....	35
2.23 Radiación solar en las Américas.....	36
2.24 Datos de radiación solar en México.....	37
2.25 Energía solar fotovoltaica.....	39
2.26 Datos de radiación solar en Iztapalapa (FES Zaragoza).....	40
2.27 Grafico de irradiación solar en Iztapalapa (FES Zaragoza).....	40

CAPÍTULO 3 LA TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA

3.1 Historia de las celdas Solares fotovoltaicas.....	42
3.2 La industria fotovoltaica.....	44
3.3 Principales Productores.....	44
3.3.1 Producción en Latinoamérica y México.....	45
3.4 El efecto fotoeléctrico (base de las celdas fotovoltaicas).....	45
3.5 Corriente continua.....	47
3.6 Celdas Solares respuesta a espectral.....	47
3.7 Funcionamiento de una celda solar.....	47
3.8 Parámetros electrónicos de una celda solar.....	48
3.9 Módulo fotovoltaico.....	49

3.9.1 Conexión en serie.....	50
3.9.2 Conexión en paralelo.....	50
3.9.3 Cableado de las celdas en serie.....	51
3.10 Tipos de módulos fotovoltaicos.....	51
3.10.1 Silicio Monocristalino.....	51
3.10.2 Silicio Policristalino.....	52
3.10.3 Silicio Amorfo.....	52
3.10.4 Silicio cristalino.....	52
3.10.5 Otros materiales.....	53
3.11 Curva característica del módulo fotovoltaico.....	53
3.11.1 Terminología.....	53
3.11.2 Principales parámetros de la curva característica I-V.....	54
3.12 Ecuación característica.....	55
3.13 Factores que afectan a la característica i-v del generador.....	56
3.13.1 Efecto de la intensidad de iluminación (irradiancia).....	56
3.13.2 Efecto de la temperatura.....	57
3.13.3 Efecto del contenido espectral de la luz.....	57
3.14 Condiciones de referencia.....	58
3.14.1 Condiciones estándar de medida (CEM O STC).....	58
3.14.2 Extrapolación a condiciones estándar de medida (CEM).....	58
3.14.3 Condiciones nominales de operación (CON).....	59
3.15 Eficiencia del módulo fotovoltaico.....	59
3.15.1 Eficiencia con respecto al área total.....	60
3.15.2 Eficiencia con respecto al área de celda.....	60
3.15.3 Eficiencia con respecto al área activa de celda.....	60
3.16 Factores de pérdidas energéticas.....	60
3.16.1 Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal.....	61
3.16.2 Pérdidas de mismatch o de conexionado.....	61
3.16.3 Pérdidas por polvo y suciedad.....	61
3.16.4 Pérdidas angulares y espectrales.....	61
3.16.5 Pérdidas por caídas ohmicas en el cableado.....	62
3.16.6 Pérdidas por temperatura.....	62
3.16.7 Pérdidas por sombreado del generador fotovoltaico.....	62
3.16.8 Pérdidas por rendimiento AC/DC del inversor.....	62
3.17 Certificado de módulos.....	63
3.18 Orientación de los paneles.....	64
3.19 Seguimiento solar.....	65
3.19.1 Sistemas empleados, para el seguimiento solar.....	66
3.20 Inversores.....	71
3.21 Tipos de inversores.....	71
3.21.1 Inversores de corriente.....	71
3.21.2 Inversor Cargador.....	71
3.21.3 Inversores de onda cuadrada.....	71
3.21.4 Inversores de onda senoidal modificada.....	72

3.21.5 Inversores de onda senoidal.....	72
3.22 Selección del inversor.....	72
3.22.1.1 Potencia pico.....	73
3.23 Dimensionamiento del inversor.....	73
3.24 Características importantes de inversores para interconexión a la red.....	73
3.25 Sistema solar fotovoltaico.....	74
3.25.1 Componentes de un Sistema eléctrico fotovoltaico.....	75
3.26 Tipos de sistemas eléctricos solares fotovoltaicos.....	76
3.26.1 Alimentación directa.....	76
3.26.2 Sistemas autónomos con almacenamiento.....	76
3.26.3 Sistemas autónomos híbridos.....	77
3.26.4 Sistemas interconectados a la red.....	78
3.27 Especificaciones técnicas para interconexión a la red (CFE).....	81
3.28 Centrales solares fotovoltaicas.....	83

CAPÍTULO 4 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO

4.1 Cálculos justificativos.....	84
4.1.1 Balance energético.....	86
4.2 Descripción del sistema.....	88
4.3 Dimensionamiento del sistema.....	88
4.4 Diseño y dimensionado del arreglo fotovoltaico.....	93
4.4.1 Cálculo de dimensiones del arreglo FV.....	94
4.5 Diagrama eléctrico.....	99
4.6 Cableado.....	99
4.6.1 Conexión entre módulos.....	99
4.6.2 De la caja de desconexión al inversor.....	100
4.6.3 Del inversor al tablero de conexión de cargas.....	104
4.6.4 Del tablero de conexión de cargas al medidor bidireccional.....	107

CAPÍTULO 5 INSTALACIÓN Y MONTAJE

5.1 Instalación de un sistema fotovoltaico.....	111
5.2 Instrucciones de Seguridad.....	111
5.3 Equipos, accesorios, herramientas e instrumentos.....	111
5.4 Protocolo de Inspección Visual (Verificación de requerimientos básicos).....	111
5.4.1 Soporte módulo fotovoltaico.....	112
5.4.2 Módulo fotovoltaico.....	112
5.4.3 Controlador de carga.....	112
5.4.4 Lámparas corriente continua.....	112
5.5 Etapas de la Instalación.....	112
5.5.1 Aspectos Mecánicos.....	112
5.5.2 Aspectos Eléctricos.....	112
5.5.3 Aspectos Operacionales.....	113

5.6 Instalación del poste y/o soporte del módulo fotovoltaico.....	113
5.7 Instalación del tablero de control.....	114
5.8 Instalación del controlador de carga.....	114
5.9 Instalación del convertidor de tensión CC/CA.....	115
5.10 Instalación de la bornera de conexiones.....	115
5.11 Conexiones entre accesorios, cargas y el controlador de carga.....	115
5.12 Conexiones del módulo fotovoltaico - controlador de carga.....	116
5.13 Problemas frecuentes.....	116
5.13.1 Lámparas CC, no encienden.....	116
5.13.2 Pocas horas de energía del sistema integrado.....	117
5.13.3 Módulo fotovoltaico no genera electricidad.....	117
5.14 Impacto visual.....	117
5.15 La estructura soporte.....	118
5.16 Anclaje de la estructura.	120
5.17 Terminación de la estructura.....	122
5.18 Montaje del resto de los componentes.	126
5.19 Especificación de instrumentos de medida usados en instalaciones solares fotovoltaicas...	128
5.20 Aparatos de medición de temperatura ambiente.....	130
5.21 Aparatos de medición eléctrica.....	131
5.22 Medidor de resistencia de tierra y resistividad de terreno.....	133

CAPITULO 6. ESTUDIO FINANCIERO

6.1 Costo.....	135
6.2 Parámetros generales.....	135
6.3 Análisis económico.....	139
6.4 Trámite de interconexión.....	142
6.5 Incentivos.....	144

CONCLUSIONES 147

BIBLIOGRAFÍA 148



ANEXO A HOJAS TÉCNICAS

ANEXO B MEMORIA DE CÁLCULO (DIGITAL)

ANEXO C DATOS METEREOLÓGICOS (DIGITAL)

ANEXO D PLANO

ANEXO E NORMA (DIGITAL)

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
		Página	i	

RESUMEN



Esta tesis se plantea como un estudio que puede otorgar la pauta para realizar otros estudios relacionados con este tema; ya que la energía solar fotovoltaica interconectada a la red eléctrica de uso local es una excelente opción como fuente alterna de energía, no solo por ser limpia y gratuita, sino también por su abundancia y su carácter inagotable.

En el presente se realiza el diseño y dimensionamiento de un arreglo fotovoltaico que pretende abastecer de energía eléctrica a la Unidad Acuícola Experimental ubicada en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, Campus II.

Se ha realizado una revisión actualizada de la literatura existente, en referencia a aspectos técnicos, eléctricos y económicos. En la metodología se ha tenido en cuenta la NOM-001 SEDE 2005 para poder llevar a cabo el diseño y dimensionado del sistema.

El sistema fotovoltaico se pasma paso a paso y de manera coloquial de forma que si alguien quisiera instalar un sistema solar fotovoltaico este proyecto sirva de guía. En el presente proyecto, el arreglo se considera a baja escala ya que solo abastece a un laboratorio, que puede servir como prototipo para que en un futuro pueda llevarse a cabo, y no solo de un laboratorio si no recalculando para todo el edificio.

El interés general por la energía solar se ha acrecentado en los últimos años, se trata de la más atractiva de las fuentes energéticas alternativas del futuro.

	Tesis	Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES ZARAGOZA.		
		Página	ii	

INTRODUCCIÓN

La vida que hemos llevado hasta ahora no nos permite seguir quemando combustibles fósiles debido a los graves daños ecológicos en el planeta y no representa un sistema viable, ni sustentable, ni a corto ni a largo plazo.

Las energías renovables son la mejor solución para detener el calentamiento global y tener un mundo más ecológico. Usar energías renovables puede ahorrar cientos, sino es que miles de pesos en un recibo de luz. Gracias a las fuentes renovables de energía es posible ser independiente de las compañías eléctricas.

El secreto del ahorro energético no consiste en no gastar combustible, sino en hacer que este rinda con la energía renovable, es un tema económico de primer orden y se debe tender a lograr que hasta el último municipio del país, tenga mayor utilización, no sólo porque el petróleo esté caro o sea difícil adquirirlo, sino también por una cultura de protección del medio ambiente.

Por lo que es necesario implementar mejoras y buscar medios alternativos posibles como:



Energía hidráulica, Energía eólica, Energía solar, Energía mareomotriz, Energía geotérmica, etc.

La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse, por su capacidad para calentar, o a través de la radiación en dispositivos ópticos o de otro tipo.

La energía solar fotovoltaica es el Santo Grial de las energías renovables, se puede instalar en cualquier parte, con el tamaño que deseemos, es completamente silenciosa, sin partes móviles que se puedan estropear, no emite ninguna clase de contaminantes y genera directamente electricidad para usarse. También es un tipo de energía muy descentralizado, a prueba de fallos catastróficos.

Por eso nuestro interés particular es diseñar y dimensionar un arreglo fotovoltaico para brindar una opción de generación de energía en la unidad acuícola experimental de la FES Zaragoza, UNAM, actualmente electrificados mediante un sistema de red eléctrica convencional CFE.

Una cosa es clara: la era del petróleo barato se ha terminado. Lo que hagamos a continuación determinará cómo cubriremos las necesidades energéticas del mundo entero para este siglo y los que siguen.

	Tesis	Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES ZARAGOZA.		
		Página	iii	

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Abastecer de energía eléctrica a la Unidad Acuícola Experimental ubicada en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, Campus II; contando esta unidad con diversos equipos que demandan el suministro de corriente eléctrica como son: lámparas, calentadores, bombas, equipo de cómputo, entre otros. La fuente de energía a instalar debe ser totalmente renovable y no contaminante.

Por lo cual se trabajara con energía solar, la cual será captada por medio de módulos fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica de CFE; se realizara el dimensionamiento para posteriormente ubicar el lugar de instalación de los mismos.

OBJETIVOS

Objetivo general.



Elaborar una propuesta para la implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red de generación eléctrica para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza, UNAM. El sistema deberá poder abastecer las cargas existentes conectadas actualmente a un sistema eléctrico convencional; dicha fuente se aprovechará como una fuente de respaldo para el sistema.

Objetivos específicos.

- Realizar una investigación sobre los niveles promedio de radiación solar que se registran en la Delegación Iztapalapa, México, D.F.
- Estimar la carga que demanda la Unidad Acuícola Experimental.
- Diseñar y dimensionar el sistema fotovoltaico de generación eléctrica para la Unidad Acuícola, utilizando tecnologías sencillas y de fácil mantenimiento.
- Investigar sobre las características y los costos de los equipos para generación fotovoltaica disponibles actualmente en el mercado.
- Realizar el estudio financiero del proyecto.
- Conocer la normatividad para el uso de la energía fotovoltaica así como también el tipo de contrato que se realiza con CFE.

CAPÍTULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD



	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1		CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD	
	Página	2		

1.1 ENERGÍA

Energía es la capacidad de generar movimiento o lograr la transformación de algo. En el ámbito económico y tecnológico, la energía hace referencia a un recurso natural y los elementos asociados que permiten hacer un uso industrial del mismo.

Para poder entender el concepto energía basta con mirar nuestro alrededor y observar cosas tan simples como el crecimiento de una planta, el andar de tu perro, ver pasar un camión etc. Ya que para que estas actividades fueran realizadas se necesitó de energía.

La energía es una propiedad asociada a los objetos y sustancias y se manifiesta en las transformaciones que ocurren en la naturaleza.

La energía se manifiesta en los cambios físicos, por ejemplo, al elevar un objeto, transportarlo, deformarlo o calentarlo, también está presente en los cambios químicos, como al quemar un trozo de madera o en la descomposición de agua mediante la corriente eléctrica.

1.1.1 Potencia

La potencia mide la rapidez con que se efectúa un trabajo, es decir, la rapidez con que tiene lugar la transferencia de energía desde un cuerpo a otro. Es la relación entre el trabajo realizado y el tiempo empleado. Se mide en vatios [W], en el Sistema Internacional.

$$p = \frac{w}{t}$$

1.1.2 Trabajo

El trabajo, w , de una fuerza aplicada a un cuerpo es igual al producto de la componente de la fuerza en la dirección del movimiento, F_x , por el desplazamiento, s , del cuerpo:



$$w = (F_x)(s)$$

El trabajo, w , se mide en julios [J]. La fuerza se mide en newtons [N] y el desplazamiento en metros [m].

1.2 FORMAS DE ENERGÍA

La energía puede presentarse en diferentes formas: de movimiento (cinética), de posición (potencial), de calor, de electricidad, de radiaciones electromagnéticas, etc. Según sea el proceso, la energía se denomina en:

- Energía térmica
- Energía eléctrica

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	Página			3

- Energía radiante
- Energía química
- Energía nuclear
- Energía renovable

1.2.1 Energía térmica

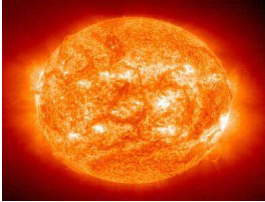


Fig. 1.1 Energía térmica¹.

Es el movimiento de las partículas que forman la materia. Un cuerpo a baja temperatura tendrá menos energía térmica que otro que esté a mayor temperatura.

Calor: Es la transferencia de energía térmica de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura.

1.2.2 Energía eléctrica

Es causada por el movimiento de las cargas eléctricas en el interior de los materiales conductores. Esta energía produce, fundamentalmente, tres efectos: luminoso, térmico y magnético.



Fig. 1.2 Energía eléctrica.²

1.2.3. Energía radiante



Fig. 1.3 Energía radiante.³

Es la que poseen las ondas electromagnéticas como la luz visible, las ondas de radio, los rayos ultravioleta (UV), los rayos infrarrojo (IR), etc.

La característica principal de esta energía es que se puede propagar en el vacío, sin necesidad de soporte alguno.

1.2.4 Energía química

Es aquella energía producida por reacciones químicas. Por ejemplo las pilas y las baterías, o al quemar carbón se liberan químicos, a esa reacción se la denomina energía química.





Fig. 1.4 Energía química.⁴

¹ Fig. 1.1 Recuperado de <http://eaperez-tecnologia.blogspot.mx/2011/0>

² Fig. 1.2 Recuperado de <https://maquinarubegolberg.wordpress.com/category/uncategorized/>

³ Fig. 1.3 Recuperado de http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/formas_de_energa.html

⁴ Fig. 1.4 Recuperado de http://iltallerdileonardo.blogspot.mx/2014_03_01_archive.html

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	Página	4		

1.2.5 Energía nuclear



Fig. 1.5 Energía nuclear.⁵

Es la energía que permanece almacenada en el núcleo de los átomos y que se libera en las reacciones nucleares de fisión y de fusión.

1.2.6 Energía renovable

Es una fuente de energía que constituye el abastecimiento inagotable, es decir, se renuevan de forma continua por medios naturales. Desde el punto de vista de la disponibilidad se definen como aquellas fuentes en las que la cantidad de energía disponible no depende del consumo.

Características

- Son fuentes inagotables.
- El uso de estas fuentes está exento de la emisión neta de dióxido de carbono CO₂, principalmente gas asociado al efecto invernadero.
- Su uso es siempre local, lo que evita la creación de grandes infraestructuras asociadas al suministro de combustibles. Esto además significa que la repercusión y el beneficio será, fundamentalmente local.
- Las energías renovables cuentan con un marco legal que reconoce sus efectos beneficiosos y que tiene como objetivo la real consecución de que su participación en la satisfacción de las necesidades energéticas sea muy importante a medio plazo. Esto hace que los proyectos de energías renovables sean una inversión rentable y segura, puesto que sus ingresos están garantizados.



Ventajas

- Aseguran el abastecimiento energético por medio del autoabastecimiento creando recursos energéticos propios.
- Son energías que están en armonía con el medio ambiente a diferencia de las extraídas por combustibles fósiles y energía nuclear.
- Favorecen el desarrollo de actividades industriales y económicas.

Inconvenientes

- De disponibilidad:
- No siempre se dispone de ellas cuando es necesario su consumo.
- Necesitan de almacenamiento.

⁵ Fig. 1.5 Recuperado de http://es.wikipedia.org/wiki/Central_nuclear_de_Civaux

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	Página			5

- La inversión inicial necesaria puede, en determinados casos, hacer que el sistema no sea rentable o que sean necesarios largos períodos de amortización.

1.3 FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES VENTAJAS E INCONVENIENTES

- Energía mareomotriz (mareas).
- Energía hidráulica (embalses).
- Energía eólica (viento).
- Energía de la biomasa (vegetación).
- Energía solar (Sol).

1.3.1 Energía mareomotriz



Fig. 1.6 Energía mareomotriz.⁶

dependen de la amplitud de las mareas y las instalaciones son grandes y costosas.

Es la producida por el movimiento del agua el cual es provocado por las subidas y bajadas de las mareas, así como por las olas que se crean en la superficie del mar por la acción del viento.

Ventajas: Es una fuente de energía limpia y sin residuos.

Inconvenientes: Sólo pueden estar en zonas marítimas, pueden verse afectadas por desastres climatológicos,

1.3.2 Energía hidráulica

Es la producida por el agua estancada en presas, ríos o pantanos a gran altura (que posee energía potencial gravitatoria). Si en un momento dado se deja caer hasta un nivel inferior, esta energía se convierte en energía cinética y, posteriormente, en energía eléctrica en la central hidroeléctrica.



Ventajas: Es una fuente de energía limpia, sin residuos y fácil de almacenar. Además, el agua almacenada en embalses situados en lugares altos permite regular el caudal del río.

Inconvenientes: La construcción de centrales hidroeléctricas es costosa y se necesitan grandes tendidos eléctricos. Además, los embalses producen pérdidas de suelo productivo y fauna terrestre



Fig. 1.7 Energía hidráulica.

⁶ Fig. 1.6, 1.7, 1.8 y 1.10 Recuperado de <http://energiasmundo.galeon.com/energiar.html>

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	Página	6		

debido a la inundación del terreno destinado a ellos. También provocan la disminución del caudal de los ríos y arroyos bajo la presa y alteran la calidad de las aguas.

1.3.3 Energía eólica



Fig. 1.8 Energía eólica.

Es la energía cinética producida por el viento. Se transforma en electricidad en unos aparatos llamados aerogeneradores (molinos de viento especiales).

Ventajas: Es una fuente de energía inagotable y no contamina: al no existir combustión.

Inconvenientes: Es una fuente de energía intermitente, ya que depende de la regularidad de los vientos. Además, los aerogeneradores son grandes y costosos.

1.3.4 Energía de biomasa

Es la que se obtiene de los compuestos orgánicos mediante procesos naturales.

Con el término *biomasa* se alude a la energía solar, convertida en materia orgánica por la vegetación, que se puede recuperar por combustión directa o transformando esa materia en otros combustibles, como alcohol, metanol o aceite. También se puede obtener biogás, de composición parecida al gas natural, a partir de desechos orgánicos.

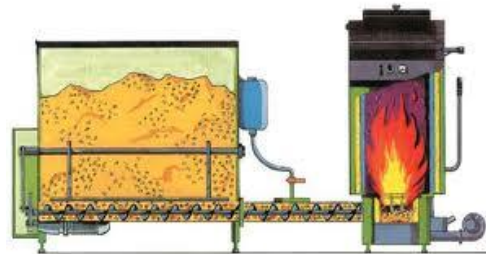


Fig. 1.9 Energía de biomasa.⁷



Ventajas: Es una fuente de energía limpia y con pocos residuos que, además son biodegradables. También, se produce de forma continua como consecuencia de la actividad humana.

Inconvenientes: Se necesitan grandes cantidades de desechos orgánicos y, por tanto, de terreno. Su rendimiento es menor que el de los combustibles fósiles y produce gases, como el dióxido de carbono, que aumentan el efecto invernadero

1.3.5 Energía solar

Es la que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El

⁷ Fig. 1.9 Recuperado de <http://www.enrenovables.com/instalacion-de-una-caldera-de-biomasa-para-una-comunidad-de-vecinos/>

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	Página			7

aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema foto térmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico).

La conversión térmica de alta temperatura consiste en transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido. Para calentar el líquido se emplean unos dispositivos llamados colectores.



Fig. 1.10 Energía solar.

suministros de combustible fósiles.

La energía solar puede ser muy eficiente en una amplia zona del globo, y las nuevas tecnologías permiten que se pueda trabajar con paneles solares incluso en días de en que el cielo se encuentra totalmente nublado. Es mucho más económico colocar paneles solares en algunos sitios, que la inversión por cables de tensión.

Inconvenientes: El rendimiento de los módulos depende del número de horas de Sol al año según la región donde se instalen los paneles.

El mayor inconveniente que se conoce es que al principio es un gran desembolso, pero a mediano y largo plazo es un gran ahorro.

1.4 CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD

La definición del concepto de energía está relacionada con otras cantidades que se usan en electricidad como son: La diferencia de potencial (o tensión en el lenguaje corriente), es en electricidad la cantidad de energía movilizada por los electrones para ir de un punto *A* a un punto *B* de un circuito.

A La diferencia de potencial en las terminales de un generador se le llama "Tensión Nominal", es la tensión de utilización en las condiciones de funcionamiento normal.

El valor de medida es el volt (*V*) y se mide con un voltímetro.

Se puede establecer una analogía con un tanque de agua dentro del cual se hace una perforación a una cierta altura.

La diferencia de potencial corresponderá a la altura de la caída de agua, como se muestra en la siguiente figura:

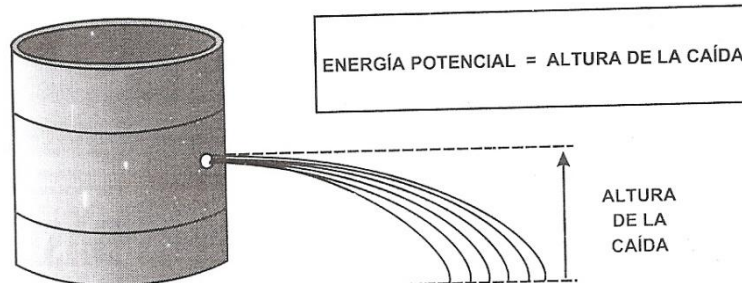


Fig.1.11 Diferencia de potencial.

1.4.1 Corriente eléctrica

En electricidad, es la cantidad de electrones que circula por la unidad de tiempo. La corriente que circula normalmente en un circuito dado se le llama: "Corriente Nominal".

El valor de medida es el ampere (A) y la intensidad de la corriente eléctrica se mide con un amperímetro y el símbolo es (I).

Por analogía, la corriente eléctrica corresponderá a la cantidad de agua que se escurre por la perforación durante un intervalo de tiempo t (esto es un gasto de agua).

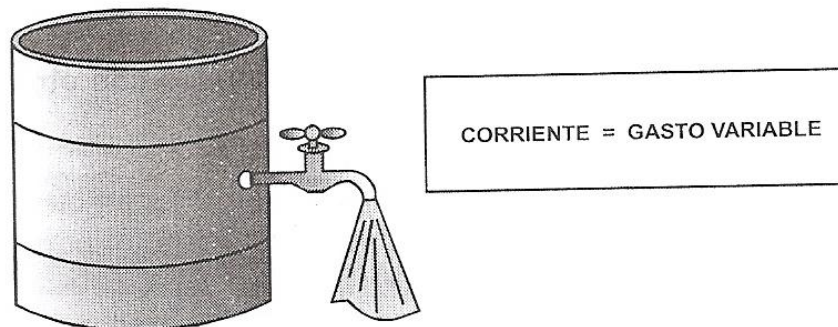




Fig. 1.12 Gasto variable.

1.4.2 Resistencia (o Resistor)

La resistencia mide la "dificultad" del paso de una corriente, su unidad de medida es el ohm (Ω). Para un conductor perfecto se relaciona a la corriente y a la tensión por la relación:

$$v = RI$$

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	Página			9

1.4.3 Potencia

Es el producto de la cantidad de electrones (corriente) por la energía movilizada por los electrones (tensión). El valor de la medida es el watt (W).

El símbolo de la expresión es la letra P

Por analogía, la potencia corresponderá a la fuerza del agua que recorre la altura de la caída con un cierto gasto.

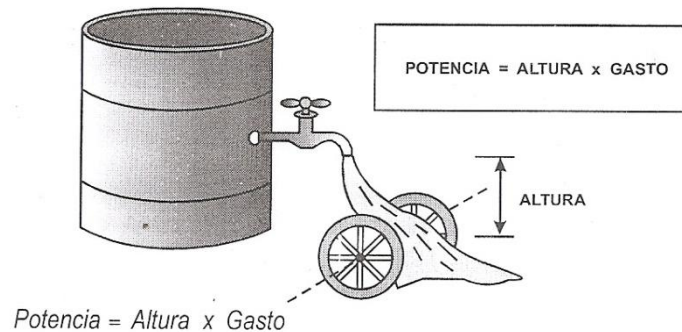


Fig. 1.13 La potencia.

La potencia está expresada por la fórmula:

$$P = VI$$

$$W = (V)(A)$$

P se expresa en watts (W) y W en volts por amperes.

1.4.4 Amperes-hora

Es una cantidad de electricidad o una capacidad igual al producto de la corriente por el tiempo que circula.

$$O = It$$



$$(C) = (A)(S)$$

Ó también:

$$Ah = (A)(h)$$

C se expresa en Coulombs o más cómodamente en amperes-hora, que es una unidad para expresar la capacidad de las baterías.

Como analogía, la cantidad de agua que circula por el orificio de un tanque durante una duración t en un volumen de agua.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	Página			10

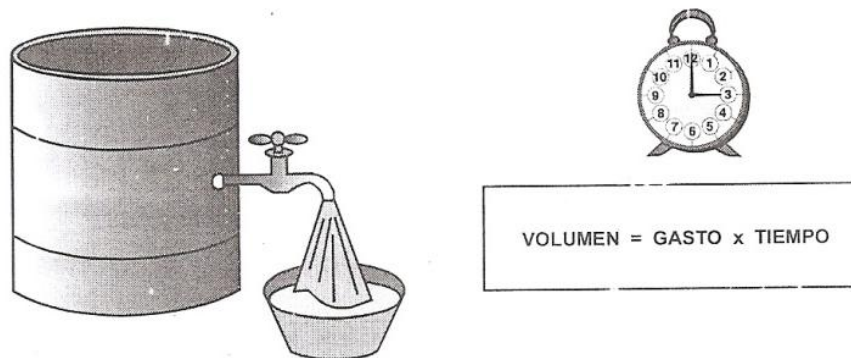


Fig. 1.14 Amperes-Hora.

1.5 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Es la energía eléctrica consumida o producida durante una unidad de tiempo. Esta unidad es familiar, ya que es la base de cálculo de las facturas eléctricas domésticas, generalmente el consumo se factura como $(Kw - h)$. Cuando una lámpara de $100W$ opera durante $10 h$ se consume:

$$(100W)(10h) = 1000wh = 1Kwh$$

El consumo eléctrico corresponde al producto de la potencia (en watts) por el tiempo (en horas).

$$E = (P)(t)$$

$$(Wh) = (W)(h)$$

Se puede expresar para algunas explicaciones también en joules, como se muestra:

$$1KWh = 3.6MJ^8$$



Es también la capacidad multiplicada por la tensión:

$$E = VIt = QV$$

$$Wh = (V)(A)(h) = (Ah)V$$

Por analogía, el consumo de energía eléctrica corresponde al trabajo o la cantidad de energía que está suministrada por la caída de agua durante el tiempo considerado.

⁸ MJ Millones de Joules

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	Página			11

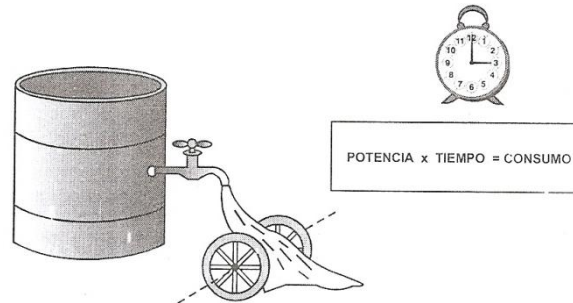


Fig. 1.15 Consumo de Energía Eléctrica.

1.6 RENDIMIENTO

Se llama rendimiento energético la relación entre la energía realmente utilizada E_U y la energía suministrada al usuario E_1 , (la diferencia entre estas dos cantidades se le llama pérdidas), es entonces la relación entre la energía que entra al sistema y aquella que se tiene en forma explotable.

Por analogía, un recipiente de 100 litros que está totalmente lleno, pero que tiene fugas y sólo se pueden usar 80 litros de agua, el rendimiento de esta instalación es:

$$\text{Rendimiento} = r = \frac{E_U}{E_1} \text{ con } r \leq 1$$

$$r = \frac{80}{100} = 0.80 \text{ o también } 80\%$$

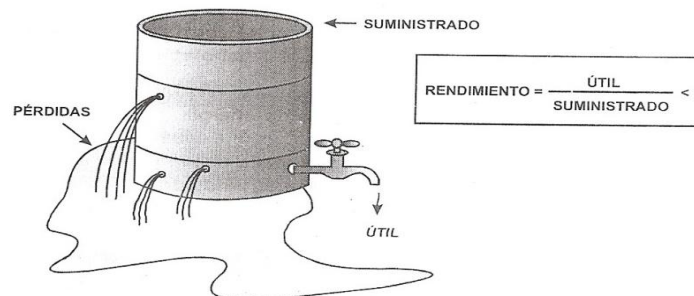




Fig. 1.16 Rendimiento.

De acuerdo con los conceptos básicos anteriores, la energía es la capacidad para desarrollar un trabajo, generando calor y emitiendo luz. La ecuación para el trabajo es la fuerza, la cual es la masa de la gravedad por la distancia. El calor es la capacidad para cambiar la temperatura de un objeto o fase de una sustancia. Por ejemplo, el calor cambia un sólido a líquido o un líquido en vapor.

El calor es parte de la definición de energía. Otra parte de la definición de energía es la radiación, la cual es la luz y energía emitida en la forma de ondas que viajan a la velocidad de la luz.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	Página	12		

La energía se mide en unidades de calorías y joules. Una kilocaloría es la cantidad de energía o calor requerido para elevar la temperatura de 1 Kg de agua de 14.5 °C a 15.5 °C, la medición final de energía es el Joule.

La electricidad es la forma de energía más conveniente y versátil, la demanda de la misma ha crecido a un ritmo más rápido que otras formas de energía, de aquí que la industria de los sistemas eléctricos de potencia está registrada con una tasa de crecimiento fenomenal en términos de su volumen y de la tecnología sofisticada usada.

En las últimas décadas la electricidad juega un papel crucial en los sectores industrial, agrícola, comercial y residencial, por lo tanto, el consumo de energía eléctrica en un país es un indicador de productividad y crecimiento.

1.7 CONDUCTORES, AISLAMIENTOS Y SEMICONDUCTORES

Desde el punto de vista de la electricidad, los materiales se pueden clasificar como los que conducen la electricidad fácilmente y que se les denomina conductores, los materiales que presentan una gran resistencia a la electricidad y que se conocen como aisladores o aislantes y los materiales que en ciertas condiciones conducen electricidad y en otras no lo hacen y que se conocen como semiconductores.

Los conductores (por ejemplo cobre, aluminio, etc.) conducen corriente muy fácilmente, mientras los aisladores (por ejemplo vidrio, mica, papel) prácticamente no conducen corriente, en otras palabras los conductores tienen baja resistividad en tanto que los aisladores la tienen alta.

La resistividad de los semiconductores (por ejemplo germanio, silicio, etc.) está entre los conductores y los aisladores.



1.7.1 Conductores

Los conductores están formados por cadenas metálicas, éstas cadenas están basadas sobre una estructura de metal de raíces positivas, rodeada por una nube de electrones.

Los conductores tienen coeficiente de temperatura positiva, es decir su resistencia se incrementa con elevación de temperatura y viceversa. Los conductores son los materiales usados convencionalmente para transportar energía eléctrica. Los más usados en este sentido son el cobre, la plata, el oro y el platino.

1.7.2 Semiconductores

Los semiconductores están formados de cadenas covalentes. Los semiconductores tienen un coeficiente de temperatura negativo para la resistencia, es decir su resistencia disminuye con la elevación de temperatura y viceversa. Los semiconductores se usan en la fabricación de dispositivos electrónicos (por ejemplo diodos de cristal, transistores, etc.) Los semiconductores son aquellos materiales que conducen mejor la electricidad que un aislante, pero peor que un conductor. A bajas temperaturas, se comportan como aislantes y a altas temperaturas su resistividad baja tanto que se acerca a la de los metales.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	Página	13		

1.7.3 Súper Conductores

Los súper conductores son los más raros de todos. Su característica principal es la ausencia total de resistividad eléctrica. Es por esto que son elementos perfectos para el transporte de energía eléctrica en tanto no producen pérdidas de calor. Su único problema es que, hasta el momento, todos los materiales encontrados funcionan a muy baja temperatura.

1.7.4 Aisladores

Los aisladores son predominantemente compuestos covalentes. Los electrones de valencia están fuertemente ligados con los átomos individuales o son compartidos por ellos, y por lo tanto, no están disponibles para el flujo de corriente.

Los semiconductores tienen coeficiente de temperatura negativo para la resistencia, es decir, la resistencia disminuye cuando aumenta la temperatura y viceversa. Los aisladores se usan para confinar la corriente a la trayectoria deseada:

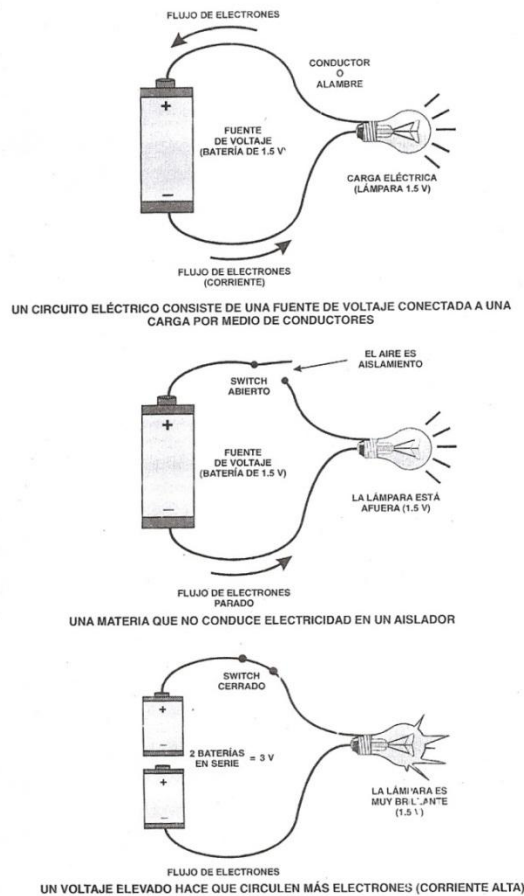




Fig. 1.17 Aisladores.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
		Página		14

1.8 CORRIENTE ELÉCTRICA

Toda la materia está constituida de pequeñas partículas llamadas átomos. Cada átomo tiene un núcleo central alrededor de los cuales los electrones tienen su órbita, que se parece mucho a la forma en como los planetas tienen su órbita alrededor del Sol, dependiendo del tipo de átomo y de su estructura, algunos electrones son libres de moverse a otros átomos vecinos, bajo condiciones normales esto ocurre al azar sin ninguna dirección específica o ganancia neta específica o pérdida dentro de la sustancia.

Si alguna fuerza electrónica se aplica a la sustancia, los electrones se pueden empujar en una dirección, a este movimiento direccional se le conoce como la corriente, es decir la corriente es a la electricidad como el flujo al agua,

Ciertas sustancias, particularmente metálicas, están compuestas de átomos que tienen electrones fácilmente movibles, tales como: la plata, cobre y aluminio, se les conoce como conductores. Otras sustancias, como: el hule, el plástico y la madera, están compuestas de átomos con unos pocos electrones móviles, estas sustancias resisten el flujo de electrones y se les denomina aisladores y no tienen capacidad para conducir una corriente.

La corriente es una cantidad medible. El número de electrones que fluyen a través de un conductor es una cantidad dada en el tiempo y se mide en unidades llamadas amperes.

Un ampere es equivalente a 6.25×10^{18} electrones, pasando por un punto dado en un segundo, el símbolo para representar la corriente es (I) y se abrevia como *Amp.* o *A*. La corriente eléctrica se mide con el auxilio de un aparato denominado Amperímetro y que se conecta en serie con el circuito a través del cual circula la corriente.



1.9 VOLTAJE

Para un flujo de corriente en un conductor, se debe aplicar una fuerza en el extremo, la fuerza de empuje se conoce como: "fuerza electromotriz (Fem)". Esta fuerza se puede producir en varias formas: químicamente, en forma mecánica o por otras formas de energía (por ejemplo: el Sol), como casos específicos se tienen en las baterías (químico), los generadores (mecánico) y las celdas fotovoltaicas, (energía del Sol). El voltaje es una medición de la fuerza electro motriz ($f.e.m.$) producida por una fuente. La unidad básica es el volt (V) y se define como: "La diferencia de potencial entre dos puntos en un circuito eléctrico cuando se requiere una energía requerida para mover un ampere es un joule".

1.10 RESISTENCIA ELÉCTRICA

Existe una fuerza de atracción entre los electrones y los respectivos núcleos atómicos y que resiste la liberación de los electrones para el establecimiento de la corriente eléctrica.

En forma breve, se dice que la oposición al flujo de corriente es la resistencia. En los materiales llamados conductores, la corriente eléctrica circula fácilmente porque la resistencia que tienen es pequeña, en cambio en los materiales aislantes ocurre lo contrario.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	Página			15

La unidad de resistencia eléctrica es el *ohm* (Ω), que corresponde a la resistencia de un conductor de mercurio a 0°C con una longitud de 1.063m . y una sección de 1mm^2 , equivale a la resistencia eléctrica de un elemento de circuito tal que una diferencia de potencial constante igual a 1volt aplicada entre sus terminales hace circular una corriente de 1ampere en este elemento.

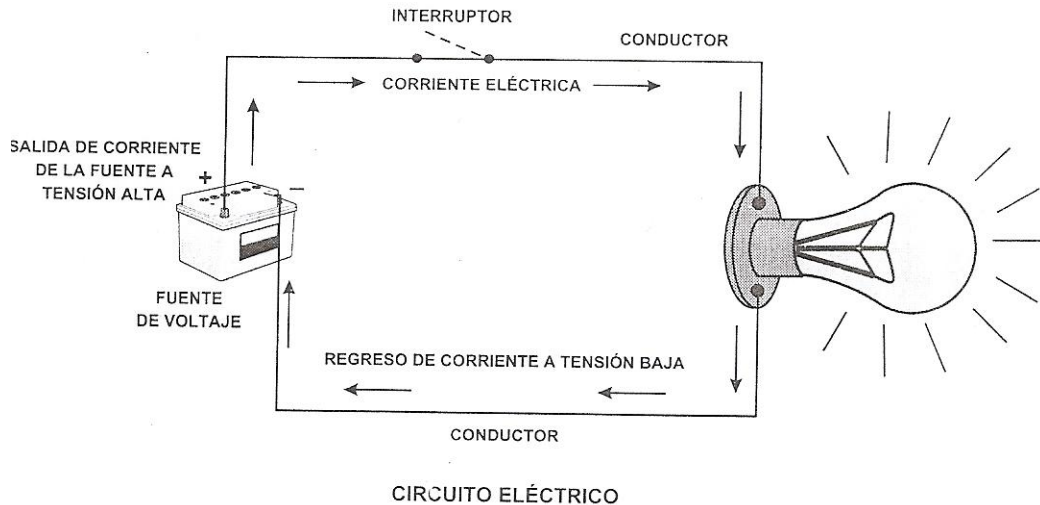


Fig. 1.18 Resistencia Eléctrica.

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

La resistencia de un conductor depende de cuatro factores: material, longitud, área de la sección y temperatura. La resistividad o resistencia específica da un material homogéneo e isotrópico es tal que un cubo de 1m de arista representa la resistencia eléctrica de 1ohm entre caras opuestas, su símbolo es *rho* (ρ). El óhmetro indica como unidad de resistividad *ohm* ($\Omega \times \text{m}$).

La resistencia de un conductor de sección uniforme se expresa en ohms y está dada por:



$$R = \rho \frac{l}{s}$$

Dónde:

l = Longitud del conductor (m).

s = Sección recta del conductor (m^2)

ρ = Resistividad del conductor ($\Omega \times \text{m}$).

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 1			CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	Página	16		

También se puede usar la fórmula con:

"s" en mm²

"ρ" en Ω, $\left[\frac{mm^2}{m} \right]$

A los elementos de un circuito eléctrico que se caracterizan por su resistencia se les conoce como "Resistores".

1.10.1 Variación de la resistencia con la temperatura

La resistencia de un conductor depende de la temperatura a la que se encuentra sometido. Se denomina coeficiente de temperatura (α) a la variación de la resistencia de un conductor, cuando la temperatura varía 1°C. Para el cobre: $\alpha = 0.0039^\circ C^{-1}$ a 0°C y $0.004^\circ C^{-1}$ a 20°C, para el aluminio: $\alpha = 0.0038^\circ C^{-1}$ a 20°C.

La variación de la resistencia con la temperatura se expresa por medio de la ecuación:

$$R_t = R_o(1 + \alpha t)$$

Dónde:

R_o = Resistencia a 0°C (Ω)

R_t = Resistencia a una temperatura de t° C (Ω)

Si la temperatura varía de t₂ a t₁ la resistencia varía del valor R_o al valor R_t según la expresión:

$$R_t = R_o[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

1.11 LEY DEL OHM

La intensidad de la corriente (I) que circula por un conductor es directamente proporcional a la fuerza electromotriz (f.e.m.) E que la produce e inversamente proporcional a la resistencia R del conductor, es decir:

$$I = \frac{E}{R}$$

Dónde:

I = Intensidad de la corriente (A).

E = Tensión o f.e.m. (V).

R = Resistencia (Ω).

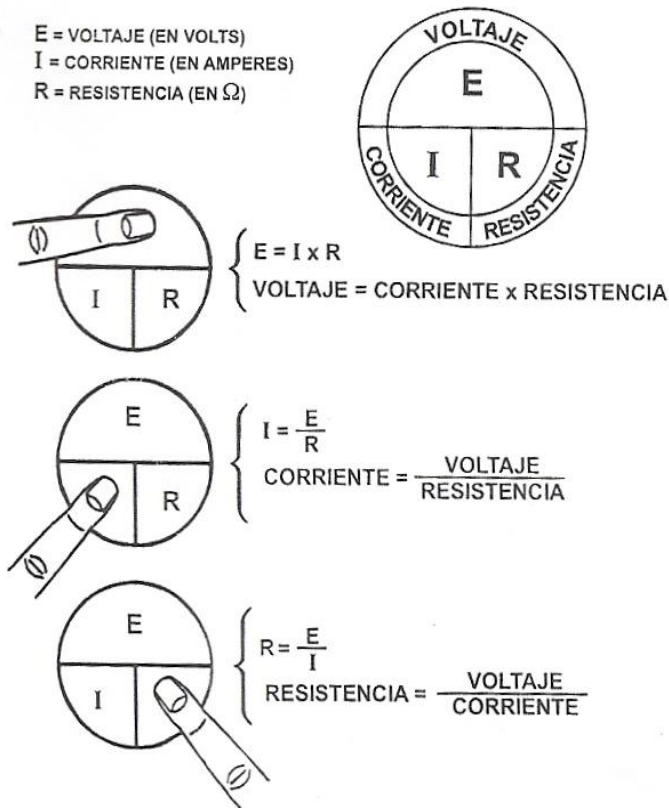


Fig. 1.19 Relación entre corriente resistencia y voltaje.

La ley de Ohm es aplicable bajo sus formas simples para:

- a) Circuitos de corriente continua que contienen una *f.e.m.*
- b) Conductores o resistencias de corriente continúa.
- e) Cualquier circuito que contenga resistencias.

1.12 POTENCIA ELÉCTRICA

La potencia se define como el trabajo efectuado en la unidad del tiempo, de la misma forma que la potencia hidráulica está dada por el producto del desnivel energético por el gasto, la potencia eléctrica para un circuito puramente resistivo se obtiene por el producto de la tensión V por la intensidad de la corriente I .

$$P = V \times I$$

La unidad de potencia es el watt (W) siendo $1 \text{ KW} = 1000 \text{ W}$ por la Ley de *ohm* se sabe que:

$$V = R \times I$$

De manera que se puede escribir:

$$P = R \times I^2$$

Y como:

$$R = \frac{V}{I}$$

Como:

$$P = V \times I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$R = \frac{V^2}{P}$$

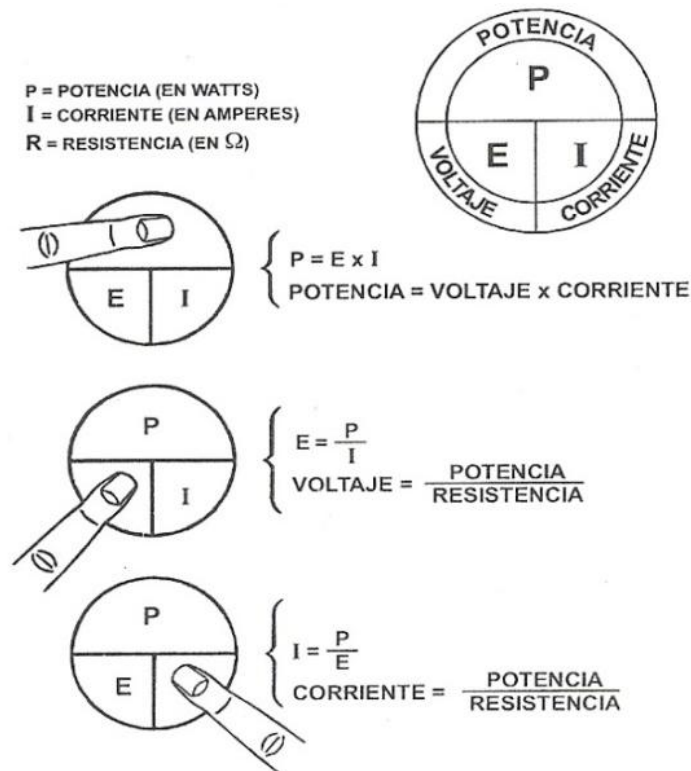


Fig. 1.20 Relación entre voltaje, potencia y corriente.

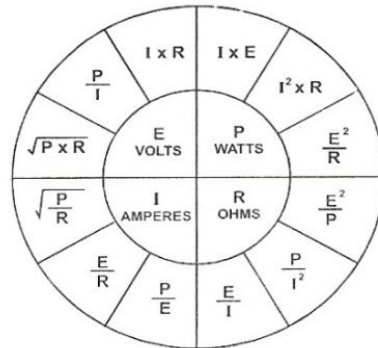


Fig. 1.21 Relación Matemática entre, Potencia, Voltaje y Corriente.

1.13 ENERGÍA Y TRABAJO

La energía consumida o el trabajo eléctrico T efectuado está dado por el producto de la potencia P por el tiempo t durante el cual el fenómeno eléctrico ocurre, las fórmulas que permiten calcular este valor son:

$$T = P \times t = \text{watt} \times \text{hora} (wh)$$

También:



$$T = V \times I \times t = \text{watt} \times \text{hora} (wh)$$

$$T = \frac{R \times I^2 \times t}{1000} = \text{kilowatt} (Kwh)$$

$$T = \frac{V \times I \times t}{1000} = \text{kilowatt} \times (Kwh)$$

CAPÍTULO 2. EL SOL



	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 2		EL SOL	
			Página	

2.1 EL SOL

Fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la Historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente proyecta sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia.

Es una masa de materia gaseosa caliente que irradia a una temperatura efectiva de unos 6 000°C. De la distribución espectral de la radiación de esta fuente de energía, medida fuera de la atmósfera terrestre, aproximadamente la mitad está en la región visible del espectro, cerca de la otra mitad está en la región infrarroja y un pequeño porcentaje de la región ultravioleta.

El sol esta a una distancia de 149, 598, 000 kilómetros de la Tierra, y la constante solar, esto es, la intensidad media de radiación medida fuera de la atmósfera en un plano normal a la radiación es aproximadamente 1.94 cal/min.cm².

No sería racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras o simplemente contaminantes.

Es preciso, no obstante, señalar que existen algunos problemas que debemos afrontar y superar, aparte de las dificultades que una política energética solar avanzada conllevaría por sí misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones más o menos bruscas. Así, por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, precisamente cuando más la necesitamos para las aplicaciones habituales actuales.

Es de vital importancia proseguir con el desarrollo de la incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva a escala planetaria.

2.2 LA GEOMETRÍA TIERRA-SOL

El Sol es una estrella casi esférica con un diámetro de 1, 391, 000 km. Está situado a una distancia media de 149, 598, 000 km de la tierra. Está compuesto de material gaseosa, esencialmente de hidrógeno y helio, con producción de reacciones de fusión nuclear permanentes y con una temperatura en su núcleo de 10, 000, 000 °K.

2.3 MOVIMIENTO DE LA TIERRA.

La tierra describe alrededor del sol una trayectoria ligeramente elíptica donde el sol ocupa el punto central. La distancia que les separa varía en 1.69%, en el curso del año, debido a la ligera excentricidad de la órbita terrestre.

2.4 TRAYECTORIA SOLAR.

Además de las condiciones atmosféricas hay otro parámetro que afecta radicalmente a la incidencia de la radiación sobre un captador solar, este es el movimiento aparente del sol a lo largo del día y a lo largo del año, Figura 2.1 Se dice "aparente" porque en realidad la Tierra es la que está girando y no el Sol. La Tierra tiene dos tipos de movimientos: uno alrededor de su propio eje (llamado movimiento rotacional) el cual da lugar al día y la noche y el otro; es alrededor del sol (llamado movimiento traslacional) siguiendo una trayectoria elíptica, el cual da lugar a las estaciones del año.

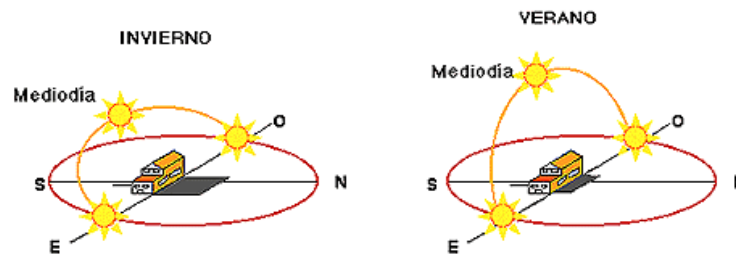


Fig.2.1 Trayectoria solar.¹

Siguiendo la trayectoria de una de elipse, siendo el Sol uno de los focos de esta trayectoria elíptica, esto forma un plano imaginario llamado elíptica.

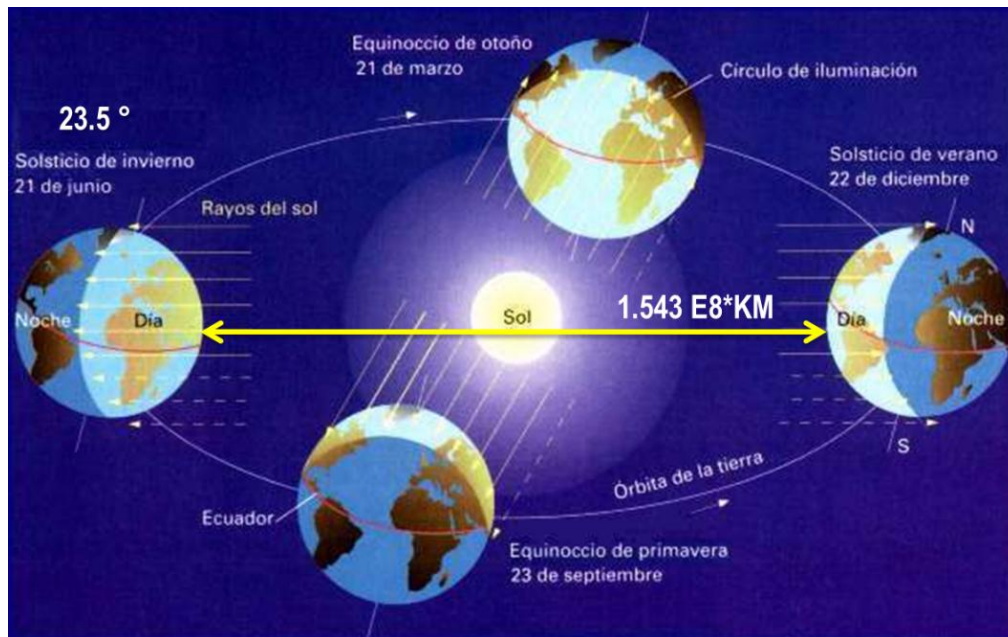




Fig.2.2 trayectoria solar².

Debido a que el eje de rotación de la tierra forma un ángulo de 23.5° con respecto al plano de la elíptica, un observador situado sobre la superficie de la tierra vea que el Sol se declina diariamente, un ángulo que varía entre -23.5° y $+23.5^\circ$ según la época del año. A este ángulo se le llama

¹ Fig. 2.1 Recuperado de http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

² Fig. 2.2 Elaborada por O.M. y R.I.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 2		EL SOL	
	Página	23		

“declinación solar”. Entonces al efectuar su movimiento de traslación, está inclinación produce las cuatro estaciones del año (fig. 2.2).

Debido a la inclinación del eje terrestre, que forma un ángulo, con el plano de la eclíptica, un observador situado en el hemisferio norte observa que el sol siempre se declina hacia el sur. El ángulo de elevación solar, simbolizado por (α) que sustenta el sol con el horizonte del observador será mayor cuanto más cerca esté el del Ecuador.

La posición de cualquier observador sobre la superficie terrestre puede ser localizada con dos coordenadas llamadas longitud y latitud. La latitud, L , es el ángulo sustentado por las líneas rectas que van desde el centro de la tierra hacia el Ecuador y el observador. Este varía de 0° para el observador situado en el Ecuador, hasta 90° para un observador situado en los polos. Como hay dos polos terrestres, sur y norte, habrá que referenciar como latitud norte cuando el observador está entre el Ecuador y el polo norte; y latitud sur, aquella medida hacia el polo sur. La fig.2.3 muestra las trayectorias solares aparentes para un observador situado a la latitud de 21° obtenidas para los días 21 de cada mes.

Un observador situado en un sitio con latitud norte vera el sol siempre declinado hacia el sur, por lo que para recibir la máxima irradiancia el captador debe estar orientado hacia el sur, y para que los rayos caigan lo más perpendicular el captador deberá de estar inclinado.

Llamemos β al ángulo que forma la superficie del captador con la horizontal, L , la latitud del lugar, y sea i , el ángulo de incidencia del rayo solar sobre el captador inclinado. Al mediodía solar, el valor del ángulo i está regido por la relación:

$$i = |(L - \beta) - \delta|$$

En el caso que se exija que los rayos solares incidan perpendicularmente sobre la superficie, se tendrá que el ángulo de incidencia a esta vale cero ($i=0^\circ$) y entonces:

$$\delta = L - \beta$$

Si el captador está inclinado a un ángulo igual al valor de la latitud del lugar, es decir, $L=\beta$, el ángulo de incidencia del rayo solar i variará cada día del año con un valor igual al del ángulo de declinación. El rayo caerá perpendicularmente al captador para el día en que $\beta=0^\circ$, es decir en el equinoccio de primavera y otoño. En el solsticio de verano estará a 23.5° arriba del cenit del captador, mientras que en el solsticio de invierno, estará a 23.5° abajo del cenit del captador. Un bosquejo de tales ángulos se muestra en la fig. 2.3.

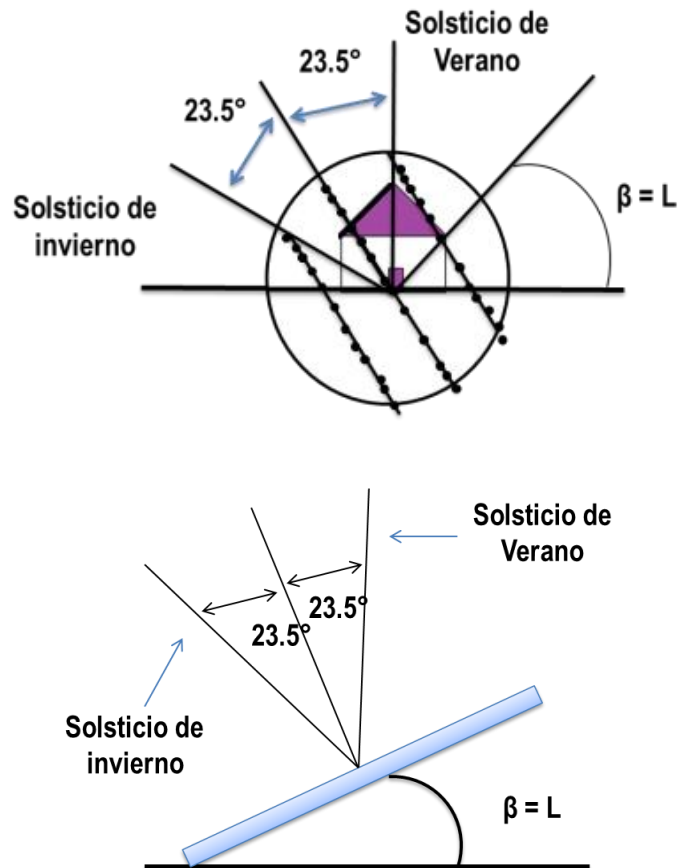




Fig. 2.3 Posición que adquieren los rayos solares y un captador cuando su ángulo de inclinación es igual al de la latitud del lugar.³

Uno de los factores principales por los que las tecnologías solares no son aprovechadas al máximo es la proyección de sombras generándose por obstáculos que se interponen entre los rayos del Sol y los captadores. Para realizar un estudio del análisis de sombras es conveniente conocer las trayectorias solares las cuales dependen de la latitud del sitio en cuestión, del día y del año. Para sitios localizados en el hemisferio norte, el día más desfavorable corresponde al 21 de diciembre, ya que para este día el sol presenta la declinación menor, a la altura solar angular (ángulo α) es mínima, y las sombras generadas por los objetos serán de mayor longitud.

La determinación de sombras proyectadas sobre los captadores debido a obstáculos próximos a estos se efectúa en el sitio de instalación, observando el entorno desde el punto más bajo del captador tomando como referencia la línea norte-sur. Si la altura solar para el sitio es, al hacer un barrido visual de este a oeste, un ángulo alrededor de la línea de la referencia, no deberán verse obstáculos frente a los colectores.

³ Fig. 2.3 a 2.10 Elaborada por O.M. y R.I.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 2		EL SOL	
	Página	25		

Con respecto a la instalación de arreglos de captadores solares, la separación mínima entre ellos se establece de tal forma que la parte superior de un captador no de sombra a la fila de captadores situado atrás de él. Para determinar la distancia óptima de separación se tendrá que calcular las sombras que producen determinado captador, con un ángulo de inclinación β y cuya longitud sea L . En la fig. 2.4 se muestra un diagrama esquemático de la situación.

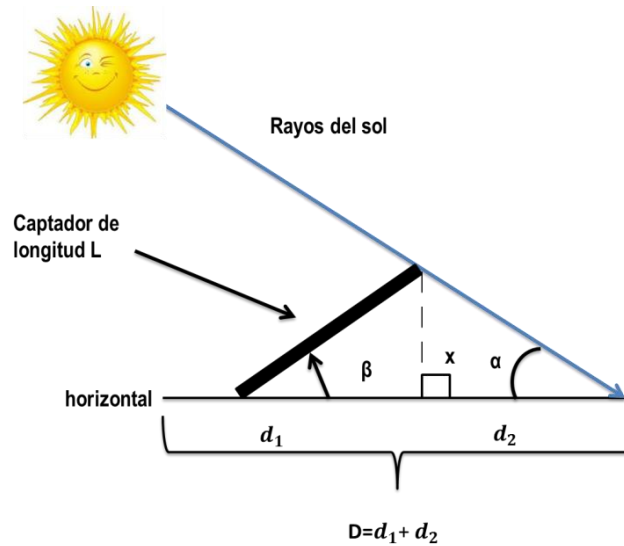


Fig.2.4 sombra proyectada por un colector sobre la superficie horizontal.

La altura solar mínima para el 21 de diciembre, al medio día solar está dada por la relación

$$\alpha = 90^\circ - |L - \delta|$$

De la figura se tiene que la sombra tiene una distancia $D = d_1 + d_2$. Sea x la altura del extremo superior del captador. Si se aplican funciones trigonométricas en los dos triángulos en la figura se obtiene que la sombra tendrá una longitud dada por:

$$D = L (\operatorname{sen}\beta / \operatorname{tan}\alpha + \operatorname{cos}\beta)$$

2.5 LUZ SOLAR.

Es la principal fuente de energía que recibe la Tierra. Por ella, el planeta puede tener la vida como la concebimos. De toda la energía solar que recibe la tierra, solo el 30% es reflejado por las nubes y partículas presentes en la atmósfera, volviendo al espacio exterior, un 14% es absorbido por la atmósfera y sólo un 56% llega a la superficie terrestre.

Los océanos y los continentes absorben parcialmente esa energía. Mientras que otra parte vuelve a la atmósfera como calor irradiado y reflejado. Algunos componentes de atmósfera, principalmente CO_2 y vapor de agua, y otros gases, retienen el calor.

2.6 ESPECTRO LUMINOSO.

Luz, sea esta de origen solar, o generada por un foco incandescente o fluorescente, está formada por un conjunto de radiaciones electromagnéticas de muy alta frecuencia, que están agrupadas dentro de un cierto rango llamado espectro luminoso. Las ondas de baja frecuencia del espectro solar (infrarrojo) proporcionan calor, las de alta frecuencia (ultravioleta) hacen posible el proceso de fotosíntesis o el bronceado de la piel. Entre esos dos extremos están las frecuencias que forman la parte visible de la luz solar. La intensidad de la radiación luminosa varía con las frecuencias. La fig. 2.5 muestra en forma detallada, la composición del espectro luminoso.

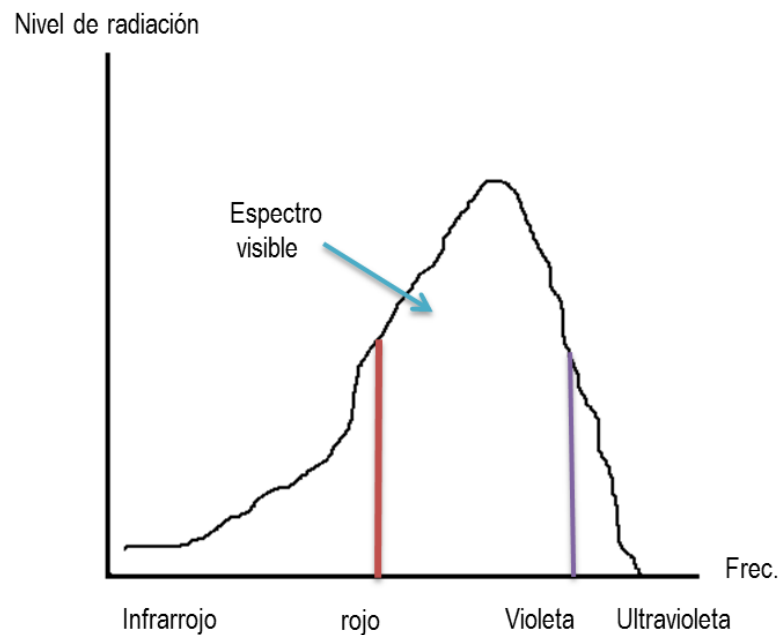




Fig. 2.5 Espectro luminoso de la luz solar.

El calor de luz solar depende de la composición del espectro de frecuencias. Los fabricantes de focos luminosos, conscientes de este fenómeno, tratan de dar a estos un espectro de radiación luminosa similar al de la luz solar que llega a la tierra cuando el sol alcanza la posición del zenit (luz blanca), la intensidad y frecuencias del espectro luminoso generado por el sol sufre alteraciones cuando la luz atraviesa la atmosfera. Ello se debe a la absorción, reflexión y dispersión que toma lugar dentro de esta, los gases presentes en la capa atmosférica actúan como filtros para ciertas frecuencias, las que ven disminuidas de intensidad o son absorbidas totalmente. El proceso fotovoltaico responde a un limitado rango de frecuencias dentro del espectro visible, de manera que es importante definir el espectro de radiación de la fuente luminosa que se utiliza para evaluar la celda fotovoltaica. Esto se hace especificando un parámetro denominado Masa de Aire.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 2		EL SOL	
	Página	27		

2.7 MASA DE AIRE.

La posición relativa del Sol respecto a la horizontal del lugar determina el valor de la masa de aire. Cuando los rayos solares caen formando un ángulo de 90° respecto a la horizontal, se dice que el Sol ha alcanzado su zenit. Para esta posición la radiación directa del Sol atraviesa una distancia mínima a través de la atmosfera. Cuando el Sol está más cercano al horizonte, estas distancias se incrementan, es decir, la masa del aire es mayor, la fig. 2.6 ilustra la situación.

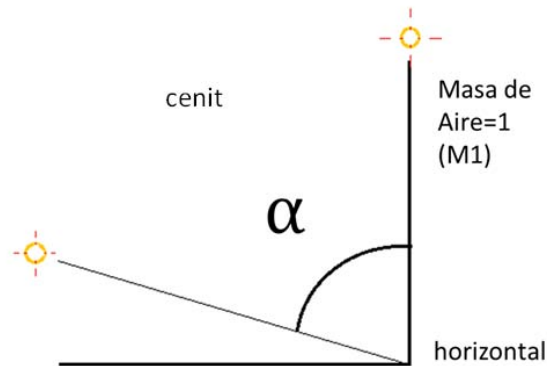


Figura 2.6 Masa de aire.



A la posición del zenit se le asigna una masa de aire igual a 1 (M1). Cualquier otra distancia tendría una masa de aire que puede calcularse usando la expresión:

$$\text{Masa de aire} = 1/\cos\alpha$$

Donde α es el ángulo formado entre la posición de zenit y la posición del Sol en ese momento, y $\cos\alpha$ es el valor del coseno de ese ángulo, el que puede calcularse usando 1 y 0 cuando el ángulo varía entre 0 y 90°. Para valores de α mayores que cero, el valor del $\cos\alpha$ es simplemente menor que la unidad, de manera que el valor de la masa de aire se incrementa. Valores para la masa de aire mayores que la unidad indica que la radiación directa debe atravesar una distancia mayor dentro de la atmosfera. Al ángulo de inclinación respecto a la posición del zenit (vertical) puede ser calculado de la expresión anterior. Se deduce así que una masa de aire de valor 1,5 corresponde a un ángulo α de unos 48°. Algunos autores asignan, arbitrariamente, el valor $M=0$ para el espectro luminoso fuera de la atmosfera. (Este valor carece de sentido matemático.)

2.8 VARIACIÓN DE ESPECTRO LUMINOSO.

Al incrementarse la distancia, la adsorción, reflexión y dispersión de la luz solar también se incrementa, cambiando el rango de frecuencias que integran el espectro luminoso, así como la intensidad del mismo. Esto explica las variaciones de intensidad y color de la luz solar durante la salida y puesta del Sol. La fuente luminosa usada para medir la potencia de salida de un panel FV

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 2		EL SOL	
	Página	28		

tiene un espectro luminoso correspondiente a una masa de 1,5 (M 1,5), el que ha sido adoptado como estándar. La intensidad es muy cercana a $1\text{kw}/\text{m}^2$.

2.9 INSOLACIÓN.

La cantidad total de radiación solar (directa y reflejada) que se recibe en un punto determinado del planeta, sobre una superficie de 1m^2 , para un determinado ángulo de inclinación entre la superficie colectora y la horizontal del lugar, recibe el nombre de insolación. El termino deriva de la palabra inglesa insolación, la que a su vez representa un acrónimo derivado de otras tres palabras del mismo idioma: incident solar radiation (radiación solar incidente).

El valor de la insolación en una dada locación debe reflejar el valor promedio de la misma. Para obtenerlo, se necesita tener las variaciones climáticas estacionales, conduciendo mediciones de la radiación solar diaria durante 10 años o más. En los Estados Unidos de Norteamérica, esta tarea es llevada a cabo por el National Renewable Energy Laboratory (NREL) con sede en Golden Colorado, desde 1961. Las mediciones de insolación diaria se toman usando colectores fijos, con distintos ángulos de inclinación con respecto a la horizontal, así como colectores móviles (los que siguen la trayectoria del Sol automáticamente). El centro de estudios para la energía solar (Censora) publica datos para la insolación media, en un plano horizontal, para una multitud de paisajes en el mundo.

2.10 UNIDADES DE MEDIDA.



Se usan diferentes unidades para expresar el valor de la insolación de un lugar. La más conveniente para nuestra aplicación es el Kilowatt hora por metro cuadrado (kWh/m^2). Si la energía del Sol se utilizara para calentar agua, resulta más conveniente usar como unidad de calorías por metro cuadrado (cal/m^2) o los Btu/ft^2 (British Thermal Units por pie cuadrado). La reducción de una cantidad a la otra puede hacerse recordando que $1\text{KWh}/\text{m}^2=860\text{ Cal}/\text{m}^2=317\text{Btu}/\text{ft}^2$.

2.11 VARIACIÓN DE LA INSOLACIÓN.

Si la superficie colectora mantiene un ángulo de inclinación fijo el valor de la insolación en una dada locación depende de las condiciones atmosféricas y la posición del sol respecto del horizonte. La presencia de nubes incrementa la adsorción, reflexión y dispersión de la radiación solar: Las zonas desérticas, dada la carencia de nubes, tiene los mayores valores de insolación en el planeta. La posición del sol respecto a la horizontal cambia durante el día y con las estaciones. El valor de la insolación al amanecer y al atardecer, así como el invierno, es menor que el del mediodía o el verano.

2.12 IRRADIANCIA E IRRADIACIÓN.

Irradiancia: Es la densidad de la potencia de la radiación solar que se recibe instantáneamente en un captador de área unitaria, se mide en unidad de potencia entre unidades de área, es decir $\text{W h}/\text{m}^2$. El símbolo usado para su representación es "G".

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 2		EL SOL	
			Página 29	

Irradiación: Es la magnitud de la irradiancia recibida en captador durante la unidad de tiempo, es decir es la energía capturada por el captador. La irradiancia se cuantifica en el producto de la irradiación por el tiempo. Si para la irradiación es H, entonces:

$$H = G_x t$$

El tiempo se mide en segundos, la irradiación tendrá unidades de:

$$\frac{ws}{m^2} = \frac{J}{m^2}$$

El tiempo se mide en horas, las unidades para irradiación serán:

$$Wh/m^2$$

En consecuencia:

$$1Wh/m^2 = 3600 J/m^2$$

Usando transformaciones de unidades, irradiación puede ser expresada en langley⁴ o BTU, estando relacionadas unas con otras por las igualdades siguientes:

$$1000 kW-h/m^2 = \text{langley}/85.9 = 316.96 BTU/ft^2 = 3.6 MJ/m^2$$

Generalmente, el valor de la insolación se reporta como una acumulación de energía promedio durante un periodo de tiempo (día, mes, estacional o anual).

2.13 IRRADIACIÓN DEL SOL.

Irradiación es el valor de la potencia luminosa. Los fabricantes de paneles fotovoltaicos determinan la máxima potencia eléctrica de salida usando una fuente con una potencia luminosa de 1KW/m². Este valor, conocido con el nombre del Sol, se ha convertido en un estándar para la industria, facilitando la comparación de paneles de distintos orígenes. Recordando que 1m²=10.000cm², y que 1KW=1.000W, se tiene que:

$$1sol = 1KW/m^2 = 100 \text{milliwatts}/cm^2$$

Las dos cantidades son usadas indistintamente en las especificaciones de paneles FV.

⁴ El **langley**: es una unidad utilizada para medir la radiación solar o insolación que llega a la parte superior de la atmósfera de la Tierra o a la superficie de la Tierra en un día o en un mes.

2.14 DÍA SOLAR PROMEDIO

El valor de la irradiación varía al variar la masa de aire, la que cambia constantemente desde el amanecer al anochecer. Para simplificar al cálculo de la energía eléctrica generada diariamente por un panel FV, se acostumbra a definir el día solar promedio. Este valor es el número de horas, del total de horas entre el amanecer y el anochecer; durante el cual el Sol irradia con una potencia luminosa de 1 sol. Supongamos, como ejemplo, que el promedio de insolación diaria en una locación es de 5KWh/m². Si este valor es dividido por un sol, se obtiene el valor (en horas) del día solar promedio para esa locación y esa inclinación.

En nuestro ejemplo:

$$\text{Día solar} = \frac{5\text{KW/hm}^2}{1\text{KW/m}^2} = 5 \text{ horas}$$

Recordando que los paneles son evaluados usando una intensidad luminosa de un Sol, la duración del día solar promedio representa la cantidad de horas, del total de horas de luz, en que el panel es capaz de generar la potencia máxima de salida especificada por el fabricante.

2.15 LATITUD, LATITUD +15 Y LATITUD -15

Una forma universal de presentar los valores de insolación es usar, como referencia un ángulo de inclinación para la superficie colectora que es igual al de la latitud del lugar: los valores así obtenidos son completados con mediciones hechas con ángulos de inclinación que varían +/-15° respecto al valor de referencia.

2.16 CONSTANTE SOLAR

Es la radiación que pasa sobre una superficie orientada normalmente a la dirección de los rayos solares y situada fuera de la atmósfera terrestre a la distancia astronómica igual a 1.495x10¹¹m que es la distancia media del sol-tierra. La constante solar, la magnitud aceptada internacionalmente es de G=1370W/m² no es una verdadera constante pues varía ligeramente, 0.1% a 0.2%, respecto a su valor central.

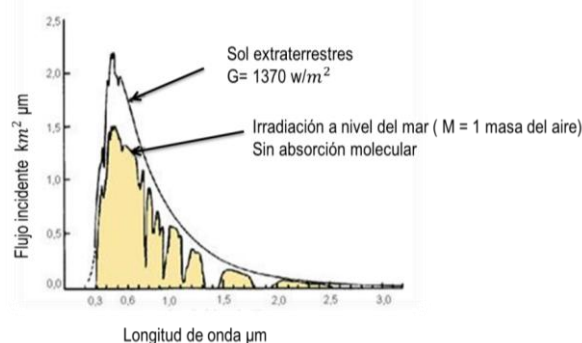


Figura. 2.7 Constante solar muestra el espectro de la radiación solar.

2.17 TIPOS DE RADIACIÓN

La radiación solar: proviene del sol en todas las direcciones, viaja en línea recta a la velocidad de la luz y su intensidad disminuye de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al foco emisor. Debido a esto, se dice que la radiación solar fuera de la atmosfera está compuesta de rayos por lo que se le asigna un carácter directo, es decir viaja directamente del foco emisor al captor, recibiendo el nombre de radiación directa.

La radiación solar al entrar a la atmosfera se dispersa en muchas direcciones y llega a la superficie de la tierra en donde se puede aprovechar con captor solar. Un captor solar puede recibir la radiación solar de la siguiente manera.

2.17.1 Radiación directa

Es aquella que llega al captor sin sufrir algún cambio de dirección en su trayectoria, desde el foco emisor hacia este.

2.17.2 Radiación difusiva

Es la que recibe el captor que atraviesa la atmosfera.

Es reflejada por las nubes y absorbida por la radiación y va en todas direcciones no solo de las nubes si no de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc.

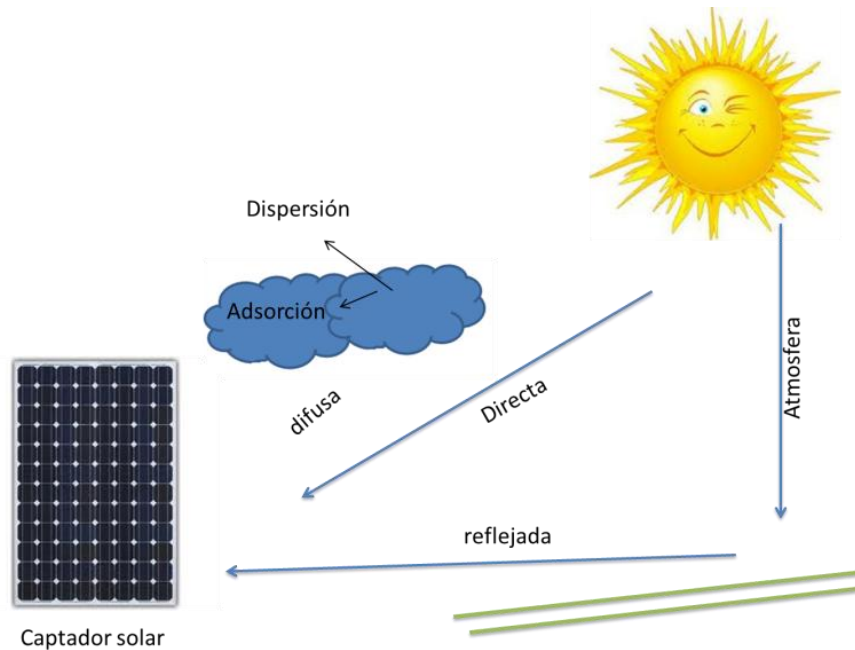


Fig. 2.8 Diferentes componentes de la radiación solar.

2.18 HORA SOLAR PICO

Para la aplicación de recurso solar en los sistemas fotovoltaicos, es conveniente usar otra unidad de medición para especificar la irradiación.

Se considera que un captor horizontal puede recibir una irradiancia directa aproximadamente de 1000W/m^2 bajo condiciones de día claro, nivel del mar y estado del sol en el cenit del captador a esta magnitud se le llama pico de la radiación.

En consecuencia a la magnitud de radiación recibida en un captador solar en una hora cuando sobre él se mide un pico de irradiación 100W/m^2 será llamado pico solar así la transformación de unidades es:

$$1\text{hora pico} = 100\text{W-h/m}^2$$

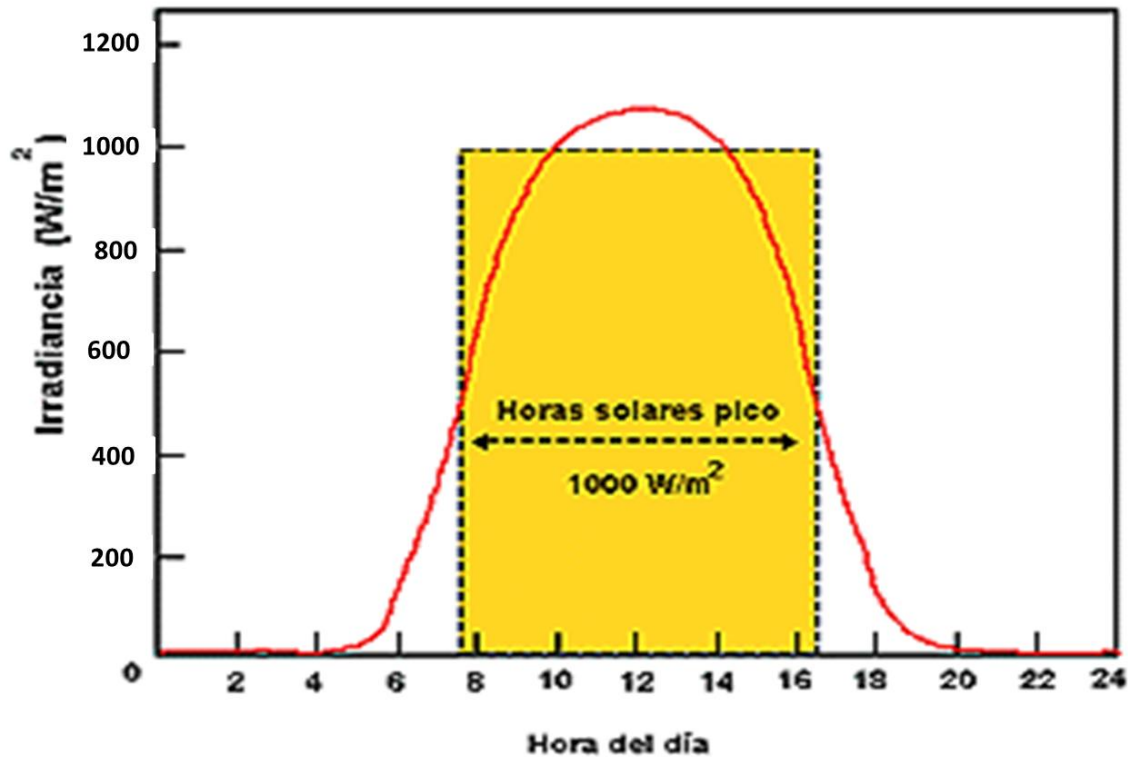




Figura 2.9 concepto solar hora pico.

Dado que el área bajo la curva de irradiación contra tiempo es la irradiación entonces desde el punto de vista geométrico, el recurso solar expresado en horas pico corresponde al área de rectángulo

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 2		EL SOL	
	Página	33		

cuya base es el número de horas en que supuestamente el sol ha estado con una intensidad pico de 1000W/m^2 .

Tenemos una cantidad de irradiación:

$$800\text{W/m}^2 = \frac{1000\text{W/m}^2}{1\text{h pico}} = 8\text{ h pico}$$

Entonces como resultado tenemos 8 horas pico de irradiancia del lugar.

2.19 LA ABSORCIÓN DE LA LUZ

Como hemos visto, la Luz se compone de fotones (“partículas de luz”), y cada uno de ellos es portador de una energía que depende de su longitud de onda (un color del rayo). Estos fotones pueden penetrar en ciertos materiales, e incluso atravesarlos. Los efectos transparentes al ojo humano, dejan de pasar la luz visible. Generalmente, un rayo luminoso que incide sobre un sólido, puede sufrir tres fenómenos ópticos.

La reflexión: la luz es enviada en otra dirección por la superficie del objeto.

La transmisión: la luz atraviesa el objeto.

La absorción: la luz penetra al objeto y no sale. La energía se transforma.

Según las propiedades ópticas del material en cuestión, las que condicionan el reparto de las tres contribuciones mencionadas se observan en la fig. 2.10

$$I (\text{flujo incidente}) = R (\text{reflejado}) + A (\text{absorbido}) + T (\text{transmitido})$$

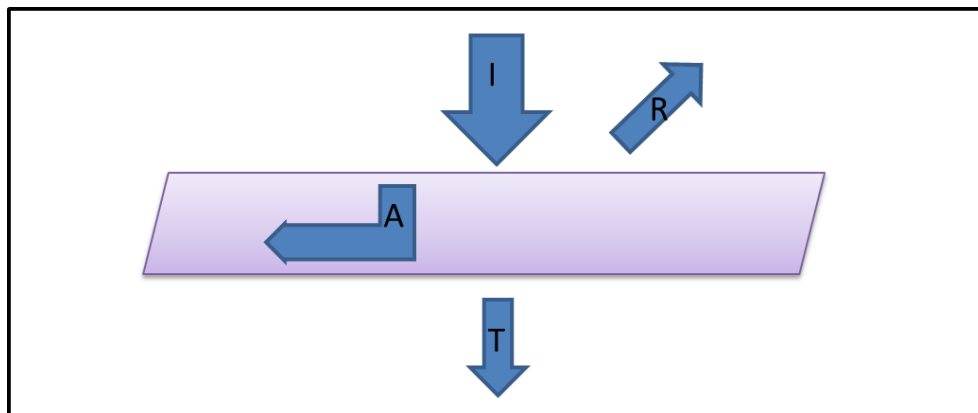




Figura 2.10 Reflexión, transmisión y absorción de la luz, en un objeto sólido.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 2		EL SOL	
	Página	34		

La parte absorbida de la luz en la mayoría de los materiales se convierte en calor, es decir, en radiación infrarroja (de longitud de onda comprendida entre $1\mu\text{m}^5$, límite rojo del espectro visible, y 1mm , comienzo de las ondas de radio).

En un material fotovoltaico, una parte del flujo luminoso absorbido será restituído bajo forma de energía eléctrica. Por ello, debemos partir de un material tenga la capacidad de absorber luz visible, que es la que tratamos de convertir. Hay que tener cuidado de minimizar las pérdidas puramente ópticas por flexión o por transmisión.

Cuando un material absorbe la luz, la energía sigue una ley exponencial decreciente, porque la parte que queda por absorber disminuye a medida que se penetra en la materia. Si E_{inc} es la energía incidente, la energía restante a la profundidad, d , será:

$$E = E_{\text{inc}} e^{-ad}$$

Por lo tanto, la energía absorbida en el espesor d es igual a:

$$E_{\text{abs}} = E_{\text{inc}} - E_{\text{inc}} \cdot e^{-ad} = E_{\text{inc}} (1 - e^{-ad})$$

El coeficiente de absorción a depende del material y de la longitud de onda de la energía incidente. Se expresara en cm^{-1} , cuando el espesor es expresado en cm .

2.20 LA MEDICIÓN DE LA ENERGÍA DEL SOL: LA CONSTANTE SOLAR



La combinación de tres factores: la distancia Tierra-Sol, el diámetro solar y la temperatura del Sol, determinan un flujo luminoso, i.e., un flujo de energía que incide sobre la superficie de la Tierra. En esta y las próximas secciones, veremos cómo se calcula ese flujo de energía bajo diversas condiciones.

Se llama flujo de "algo" (materia, energía), la cantidad de ese "algo" que pasa a través de una superficie, por unidad de área y por unidad de tiempo. Por tanto, el flujo luminoso, que es en realidad un flujo de energía, tiene unidades de energía por unidad de área y por unidad de tiempo, por ejemplo, $\text{Js}^{-1}\text{m}^{-2}$, equivalentes a Wm^{-2} .

Mucho se ha discutido acerca de si el Sol emite un flujo de energía constante, o se trata de una estrella variable. Algunos estudios parecen indicar que la variación de la emisión de energía, por parte del Sol; es menor al 1 % a lo largo de un ciclo solar, que dura 22 años. No se conoce a ciencia cierta la causa de estas variaciones. Sin embargo para su aplicación en el campo de la ingeniería, la emisión de energía en el Sol puede considerarse constante. El recurso energético solar está mucho más ligado, en la superficie terrestre, a las variaciones meteorológicas, que a las solares.

La radiación emitida por el Sol, junto con sus; condiciones geométricas respecto de la Tierra, dan por resultado que, sobre la atmósfera terrestre, incide una cantidad de radiación solar casi constante. Esto ha dado lugar a la definición de la llamada constante solar.

⁵ μm (micrometer)

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 2		EL SOL	
	Página	35		

La constante solar, G_{sc} , es el flujo de energía proveniente del Sol, que incide sobre una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar, ubicada a la distancia media de la Tierra al Sol, fuera de toda atmósfera.

Aclaremos algunos puntos de esta definición:

Primero, es un flujo de energía, es decir, la constante solar se refiere a una cantidad de energía que incide, instantáneamente, sobre una superficie de área unitaria.

Segundo, esta superficie hipotética es perpendicular o normal a la dirección de propagación de la luz, lo cual en lenguaje no técnico equivale a decir que "ve al Sol". Es obvio que una superficie en posición oblicua respecto de la dirección del Sol, recibiría un menor flujo de energía.

Tercero, nuestra superficie hipotética se encuentra situada a la distancia media de la Tierra al Sol. Aunque lo demostraremos hasta más adelante, es claro que la distancia desde la fuente de radiación hasta el plano en cuestión, influye fuertemente en el flujo de energía. Todos sabemos que la intensidad de la radiación solar es mucho mayor en Mercurio que en la Tierra, y que en nuestro planeta es mucho mayor que en Plutón. Como la órbita que describe la Tierra alrededor del Sol no es circular, por lo tanto, la distancia Tierra-Sol no es constante, debe considerarse un valor promedio, para poder hablar de una constante.

Por último, nuestra ya famosa superficie hipotética, debe estar colocada fuera de la atmósfera, para evitar la atenuación de la radiación causada por la diversidad de fenómenos físicos y químicos que se verifican en la atmósfera.

El valor comúnmente aceptado para G_{sc} ha variado en los últimos años según las técnicas de medición que se han empleado, lo cual no indica que haya variado en sí la magnitud de la energía que se recibe del Sol.

$$G_{sc} = 1.353 \text{ Wm}^{-2} = 1.940 \text{ cal/cm}^2\text{min} = 428 \text{ Btu/ft}^2\text{hr} = 4.872 \text{ kJ/m}^2\text{hr}$$

Estos valores fueron aceptados por la NASA (1971) y por la ASTM.



2.21 LA CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA

Es la absorción de la luz de los materiales, los cuales deben tener propiedades ópticas y eléctricas específicas para permitir la conversión fotovoltaica que se basa en el efecto fotoeléctrico, es decir, en la conversión de la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica,

2.22 CONVERSIÓN DE LUZ SOLAR EN ENERGÍA ELÉCTRICA

Existen varias formas de convertir la energía que proviene del Sol en electricidad, y casi todas se caracterizan por aprovechar ciclos naturales.

Hay tres tipos de materiales capaces de conducir la energía eléctrica: conductores, semiconductores y superconductores.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 2		EL SOL	
	Página	36		

También hay diferentes tipos de dispositivos de conversión directa de energía solar en energía eléctrica. Por ejemplo, convertidores termoeléctricos, termoiónicos y los fotovoltaicos.

2.23 RADIACIÓN SOLAR EN AMÉRICA

La figura 2.11 muestra la radiación solar en el continente americano, durante un año, para tres ángulos de inclinación de los paneles respecto a la horizontal del lugar: latitud más 15° menos 15°. Esta cantidad representan, así mismo la duración 8 en horas del día solar promedio.



Fig. 2.11 Radiación solar en el continente Americano.⁶

⁶ Fig. 2.11 Recuperado de <http://www.energiasolar.mx/mexico/mexico-esta-obligado-usar-energia-solar-senala-experto.html>

2.24 DATOS DE RADIACIÓN SOLAR EN MÉXICO

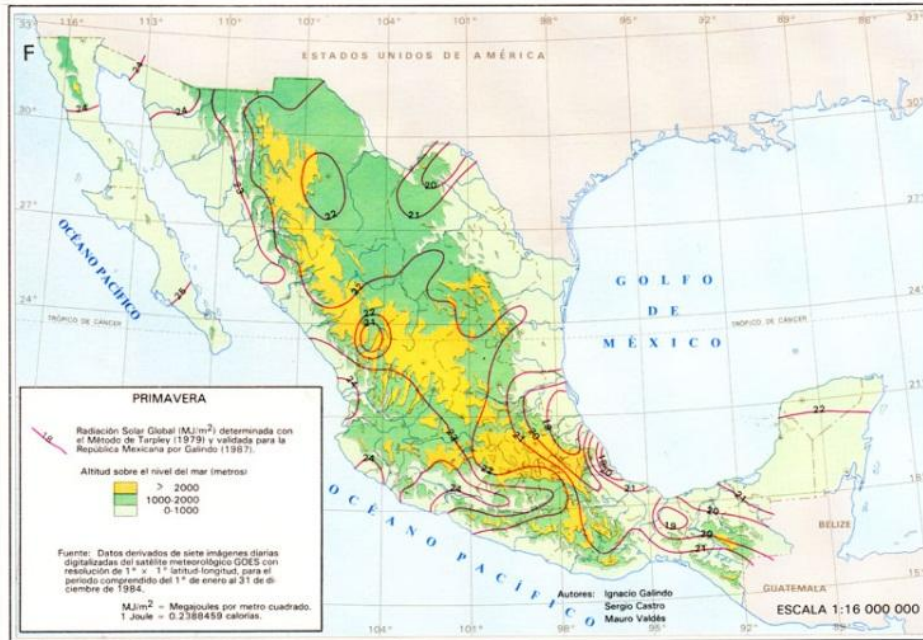


Fig.2.12 Datos de radiación solar en México en primavera obtenidos del Instituto de Geofísica UNAM.

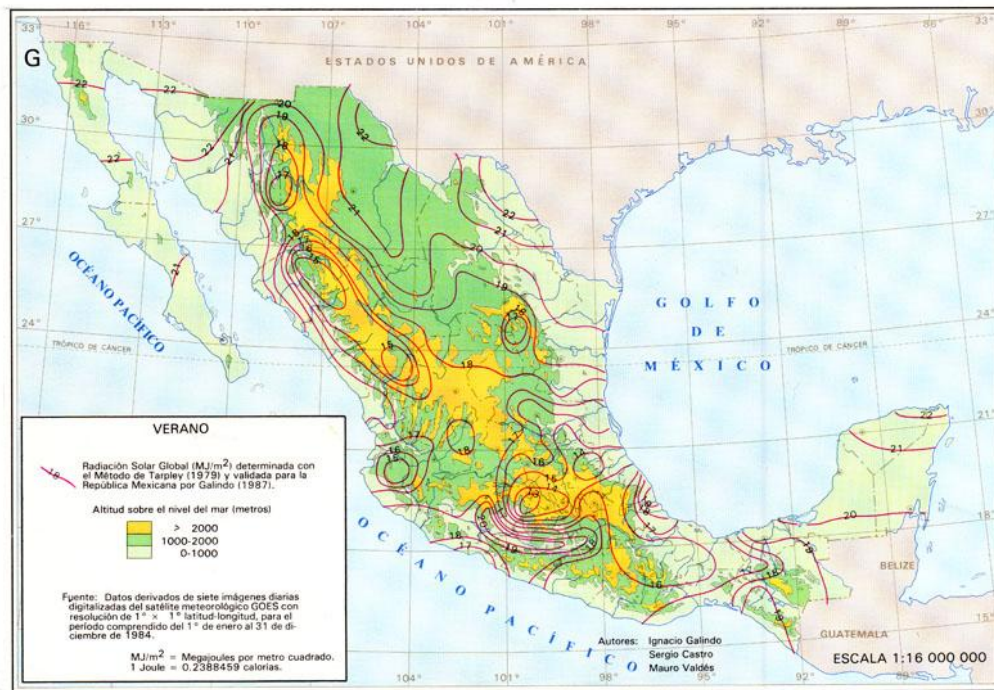


Fig. 2.13 Datos de radiación solar en México en verano obtenidos del Instituto de Geofísica UNAM.

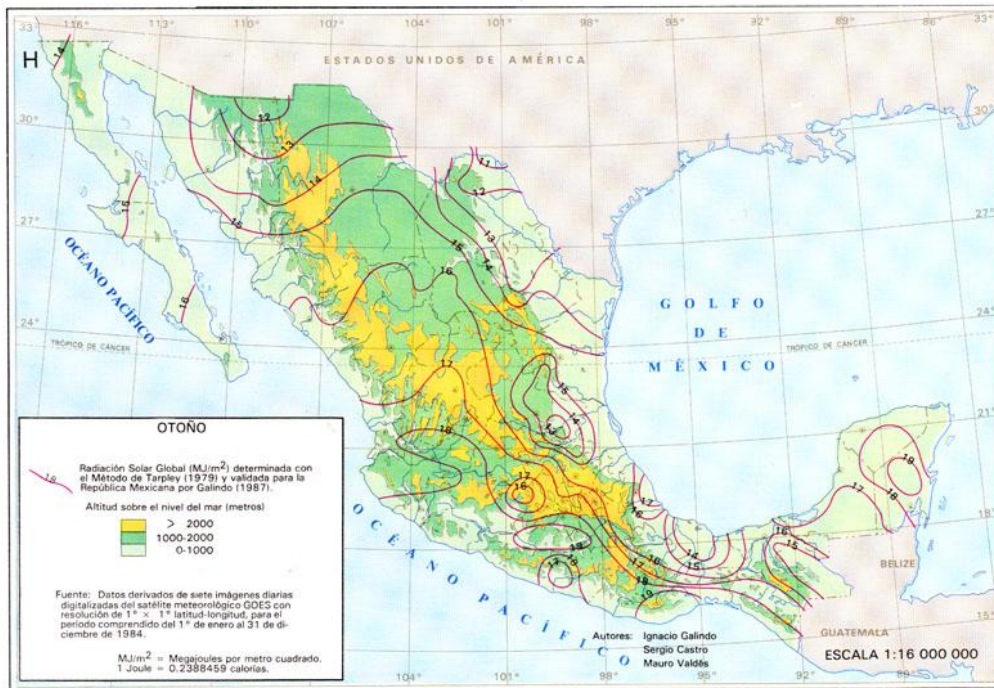


Fig. 2.14 Datos de radiación solar en México en otoño obtenidos del Instituto de Geofísica UNAM.

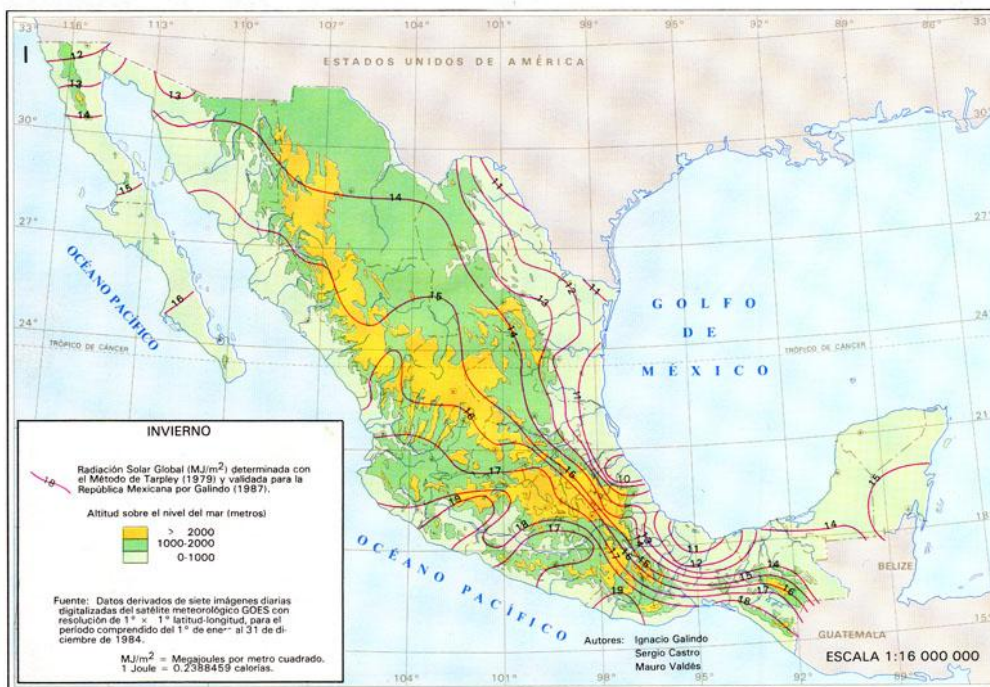




Figura 2.15 Datos de radiación solar en México en invierno obtenidos del Instituto de Geofísica UNAM.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 2		EL SOL	
	Página	39		

2.25 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La generación de electricidad por medio de sistema fotovoltaico depende de la insolación del lugar, es importante conocer el recurso solar de los sitios en donde se piense instalar dichos sistemas.

Independientemente de la forma en que se mide o estima el recurso solar, todos los valores de irradiación son expresados como promedio diarios mensuales, por estación o anualmente y corresponden a valores globales o totales obtenidos con los módulos. Estos valores se simbolizan por E_H . Los valores son condensados en mapas de radiación solar, en donde a través de las líneas de igual valor se proporciona el valor del recurso solar disponible.

La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos.

La conversión fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico, es decir, en la conversión de la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica.

Para llevar a cabo esta conversión se utiliza unos dispositivos denominados celdas solares, contruidos por materiales semiconductores en los que artificialmente se ha creado un campo eléctrico constante.

El material más utilizado es el Silicio, estas celdas conectadas en serie o paralelo forman un panel solar encargado de suministrar la tensión y la corriente que se ajuste a la demanda. Estas celdas son las más avanzadas en la conversión de energía cuántica.



Fig.2.16 Energía fotovoltaica.⁷

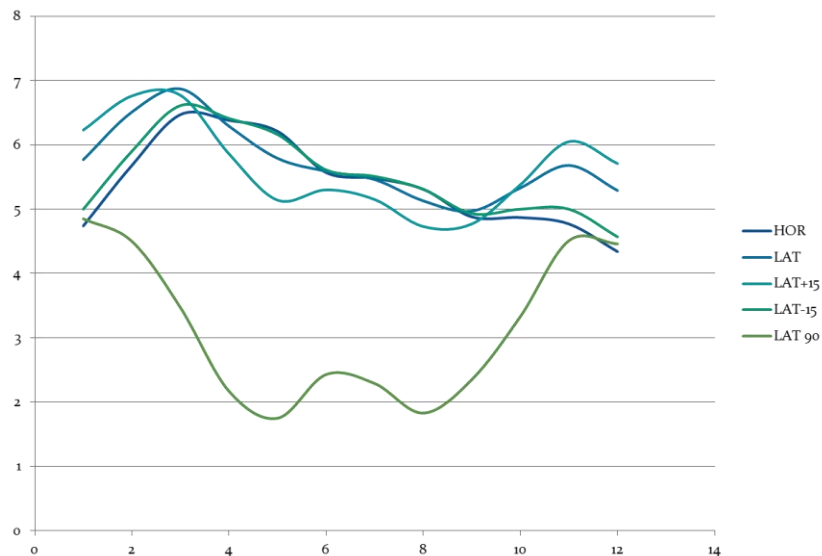
⁷ Fig. 2.16 Recuperado de <http://www.uan.edu.mx/es/comunicados/se-hablo-del-uso-de-tecnologia-fotovoltaica-en-mexico>

2.26 DATOS DE RADIACIÓN SOLAR EN IZTAPALAPA (FES ZARAGOZA)

MES	HOR.	LAT	LAT+15	LAT-15	90
ENERO	4.74	5.77	6.23	5	4.85
FEBRERO	5.68	6.51	6.76	5.9	4.5
MARZO	6.47	6.87	6.77	6.61	3.47
ABRIL	6.38	6.29	5.86	6.41	2.17
MAYO	6.21	5.79	5.14	6.16	1.75
JUNIO	5.57	5.59	5.3	5.61	2.43
JULIO	5.48	5.46	5.15	5.51	2.29
AGOSTO	5.31	5.13	4.73	5.31	1.83
SEPTIEMBRE	4.88	4.97	4.77	4.93	2.35
OCTUBRE	4.87	5.33	5.38	5	3.33
NOVIEMBRE	4.77	5.68	6.05	5	4.51
DICIEMBRE	4.34	5.29	5.71	4.57	4.46
PROMEDIO	5.39	5.72	5.65	5.5	3.15

Tabla 2.1 Datos de Radiación solar en Iztapalapa (FES Zaragoza)⁸.

2.27 GRAFICO DE IRRADIACIÓN SOLAR EN IZTAPALAPA (FES ZARAGOZA)





Gráfica 2.1 Irradiación Solar en Iztapalapa (FES Zaragoza). Elaborada con datos de NASA Surface meteorology and Solar Energy.

⁸ Parámetros de radiación obtenidos de NASA Surface meteorology and Solar Energy.

CAPÍTULO 3. TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA



	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
			Página		42

3.1 HISTORIA DE LAS CELDAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

El efecto fotovoltaico fue descubierto por el francés Alexandre Edmund Bequerel en 1839 cuando tenía sólo 19 años. Estaba experimentando con una pila electrolítica de dos electrodos de platino sumergidos en una sustancia electrolítica cuando comprobó que la corriente subía en uno de los electrodos cuando este se exponía al sol.

Este fenómeno se llamó fotovoltaico, sin embargo, no fue sino hasta 1883 cuando se construyó la primera celda solar, por Charles Fritts.

Este último produjo una celda solar de selenio con el 1% eficiencia (es decir, sólo podía aprovechar el 1% de la energía, el otro 99% era desperdiciado).

Fue hasta 1954 cuando los laboratorios Bell, descubrieron que ciertos semiconductores especialmente el silicio, cuando eran contaminados a propósito, se volvían extremadamente sensibles a la luz.



Este último descubrimiento llevó a la creación de celdas solares que eran eficientes en un 6%, lo cual ya las hacía viables para ciertas aplicaciones. Este avance hizo posible que se lanzará al espacio en 1958 el satélite con celdas solares, el Sputnik 3.

En la actualidad, y debido a constantes avances en el área, se ha logrado obtener hasta un 44.7% de eficiencia en conversión de energía.

Si bien en todos estos descubrimientos la cantidad de electricidad que se obtenía era muy reducida y quedaba descartada a cualquier aplicación práctica, se demostraba la posibilidad de transformar la luz solar en electricidad por medio de elementos sólidos sin partes por móviles.

A continuación se muestra el desarrollo tecnológico del efecto fotovoltaico y la elaboración de celdas solares:

- 1839 el punto de partida se considera que fue Alexandre Edmund Bequerel (París 1820 – 1891), físico francés descubrió el efecto FV cuando experimentaba con una pila electrolítica, apreció un aumento de generación eléctrica al exponerla a la luz.
- 1837 Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico en solidos, en el selenio.
- 1877 W.G. Adams y R.E. Day producen la primera celda fotovoltaica de selenio.
- 1904 Albert Einstein publica su artículo sobre el efecto fotoeléctrico, que es la base para explicar el efecto fotovoltaico.
- 1921 Einstein gana el premio Nobel de 1921 por sus teorías de 1904 explicando el efecto fotoeléctrico (“for his services to Theoretical Physics, and especially for his discovery of the law of the photoelectric effect”). Recibe el premio y lee el discurso en Gotemburgo – Suecia, en 1923).
- 1954 los investigadores D.M. Chaplin, C.S. Fuller y G.L. Pearson de los laboratorios Bell en Murray Hill, New Jersey, producen la primera célula de silicón, publican en el artículo “A New Silicón p-n Junction Photocell for convertinh solar Radiation into Electrical Power”, y hacen su presentación oficial en Washington (26 de abril).

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	43		

Producción para aplicaciones especiales en fabricación industrial



- 1955 se le asigna a la industria americana la tarea de producir elementos solares fotovoltaicos para aplicaciones especiales. Hoffman Electronic, empresa de Illinois (EE.UU.) ofrece celdas de 3% de 14 mW a 1,500 \$/Wp¹).
- 1957 Hoffman Electronic alcanza el 8% de rendimiento en sus celdas.
- 1958 el 17 de marzo se lanza el Vanguard I, primer satélite alimentado con energía solar.
- El satélite lleva 0,1W superficie aproximada de 100cm² para alimentar un transmisor de respaldo de 5 mw, que estuvo operando 8 años.
- La Unión Soviética, muestra en Exposición Universal de Brúcelas sus celdas con tecnología de silicio.
- 1959 Holffman Electronic alcanza el 10% de rendimiento en sus celdas comerciales.
- 1962 se lanza el primer satélite comercial de telecomunicaciones, el Telstar, con una potencia fotovoltaica de 14W.
- 1963 Sharp consigue una forma práctica de producir módulos de silicio; en Japón se instala un sistema de 242W en un faro, el más grande en aquellos tiempos.
- 1966 la producción mundial de celdas es 100 kW. El Skylab lleva 20kW de paneles.
- 1957 las aplicaciones terrestres superan a las aplicaciones espaciales.
- 1977 la producción de paneles solares FV en el mundo es de 500kW.
- 1980 ARCO Solar es la primera empresa que alcanza una fabricación industrial de 1MW, de módulos al año.
- Actualmente es la empresa china Suntech Power es la mayor fabricante de celdas solares produciendo más de 2000 MW al año.

Los últimos años de desarrollo sostenido

- 1983 la producción mundial excede los 20 MW al año.
- 1994 se celebra la primera Conferencia Mundial Fotovoltaica.
- 1998 se alcanza un total de 1.000 MW de sistemas FV instalados.
- 2004 se producen más de 1.000 MW de módulos fotovoltaicos.
- 2007 se producen más de 10.000 MW de módulos fotovoltaicos.
- 2008 se producen más de 16.000 MW de módulos fotovoltaicos.
- 2010 se produjeron más de 40.000 MW de módulos fotovoltaicos.
- 2012 se produjeron más de 103.000 MW de módulos fotovoltaicos.
- 2013 se produjeron más de 140.000 MW de módulos fotovoltaicos.

A continuación una gráfica donde se muestra el crecimiento de potencia instalada hasta el 2013.

¹ Wp: watios pico, unidad de potencia de los paneles fotovoltaicos.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	44		

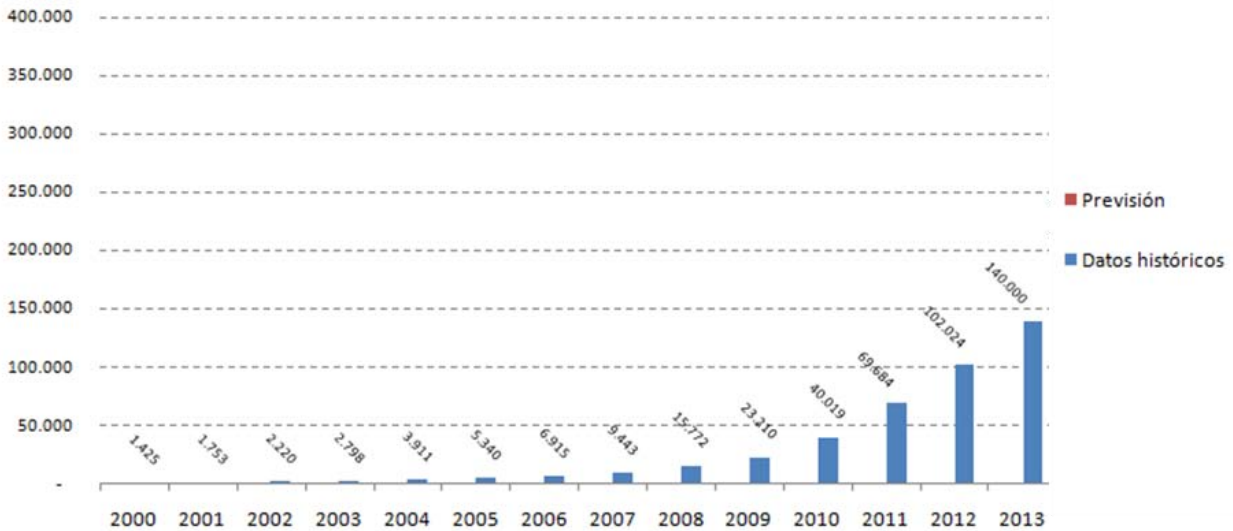


Fig. 3.1 Potencia fotovoltaica instalada en el mundo hasta 2013 (MW).²

3.2 LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA

Como hemos visto, el mercado fotovoltaico es muy dinámico. Su crecimiento fue de 35% anual, durante los últimos 10 años, y se ha acelerado a un más a partir del 2004, en 2007 creció en un promedio de 60.7 % al año y aumento un 74.7 % en 2011 y en 2012 las Instalaciones acumuladas netas aumentaron un 43.8 %.



La producción mundial de celdas presenta un crecimiento impresionante (PC News, por Paul Maycock). En consecuencia la industria de este sector esta en continua evolución, con aumentos importantes de capacidad, nuevas inversiones, compras, etc., pero también con problemas de suministro de materias primas.

3.3 PRINCIPALES PRODUCTORES

En el año 2004 Japón era el principal productor con más de la mitad de la producción mundial con 51,8% de las celdas fabricadas en todo el mundo y En Europa se fabrico el 25.8% y el 11.5% en América.

En el 2009 China produjo 3.800 megavatios de energía fotovoltaica, siendo el país líder hasta ahora. China junto con Taiwán (el tercer productor mundial) acapararon el 49% de todos los módulos fotovoltaicos fabricados en el mundo, una situación que se incrementará, pues las empresas productoras allí son cada vez más grandes y crecen más rápidamente que sus competidores instalados en países donde los costos de operación son más altos, logrando precios incomparablemente más bajos que el resto. Alternándose entre los cinco mayores productores

² Fig. 3.1 Recuperado de "Produccion mundial de células". Photon. La revista de fotovoltaica, Abril 2013.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
			Página		45

mundiales de tecnología fotovoltaica, están Japón (segundo puesto), Alemania (cuarto) y Estados Unidos (quinto). Estos países, antaño líderes industriales, han visto perder cuota de mercado frente al ascenso de China y Taiwán. De hecho, Japón, que dominó el mercado mundial en 2004, en la actualidad sólo controla el 14%. Y es que China ahora fabrica más de un tercio de las celdas fotovoltaicas del mundo, que exportan en un 95% pues la mayoría de chinos no pueden darse todavía el lujo de emplear esta tecnología. Uno de los principales destinos de los paneles fotovoltaicos chinos es Alemania, líder mundial en usar esta modalidad de energía renovable. Sólo en el 2009 se instalaron en este país 3.800 megavatios de energía fotovoltaica lo que representa más de la mitad de los 7.200 megavatios de la producción mundial. Esta fabulosa inversión ha llevado a que en Alemania la capacidad de generación fotovoltaica ya sea de 9.800 megavatios, casi tres veces más que el país más próximo, en este caso, España. Sólo en el primer semestre de 2010, Alemania añadió otros 3.800 megavatios.

Actualmente registrado hasta el 2013 Suntech Power es la empresa China con mayor producción ya que produce 22196 MW al año y pretende aumentar su producción un 24%.

Estas cifras y las que siguen se refieren al año 2013. Están sacadas en su mayoría del barómetro EuroObserver, PV News (Paul Maycock) y Photon la revista fotovoltaica. No hace falta decir que la evolución es muy rápida, por lo que siempre se puede recurrir a estas y otras fuentes para tener los datos al día.

3.3.1 Producción en Latinoamérica y México

Latinoamérica, en general, ha explotado poco el recurso solar en el pasado, comparado con el resto del mundo. Es inminente un crecimiento significativo en este sentido. Estamos a punto de ver una gran revolución solar en nuestro país, así como las que se han dado recientemente en países como Alemania y España. Hasta ahora, se han instalado en México una potencia total acumulada de aproximadamente 28MW de paneles solares fotovoltaicos. Esta potencia se ha instalado mayoritariamente en lugares remotos para abastecer de energía a bombas de agua y poblaciones retiradas de la red eléctrica de la CFE.

3.4 EL EFECTO FOTOELÉCTRICO (BASE DE LAS CELDAS FOTOVOLTAICAS).

Como hemos dicho anteriormente es en las celdas donde tiene lugar la transformación de la energía luminosa del sol en electricidad. En la Fig. 3.2 podemos apreciar el funcionamiento.

Entre ambos extremos hay unos materiales llamados semiconductores. Los más conocidos son el silicio, el germanio y el arseniuro de galio. Estos materiales si están a 0°K son aislantes, pero si reciben energía (luminosa por ejemplo), se encuentran más cerca de los conductores y pueden producir corrientes de electrones, eso es exactamente lo que ocurre en las celdas fotovoltaicas, que suelen estar hechas de silicio.

Como se ve en la Fig. 3.2, un material semiconductor (el silicio), expuesto a los rayos solares, que contienen energía luminosa (fotones), estos fotones aportan energía a los electrones de valencia de los átomos de silicio. Si la energía que aportan es suficiente para vencer la fuerza que mantiene los

electrones unidos al átomo, estos electrones se liberan y llegan a formar una corriente de electrones (electricidad), que en la Fig. 3.3 se representa por un circuito que es capaz de encender una lámpara.

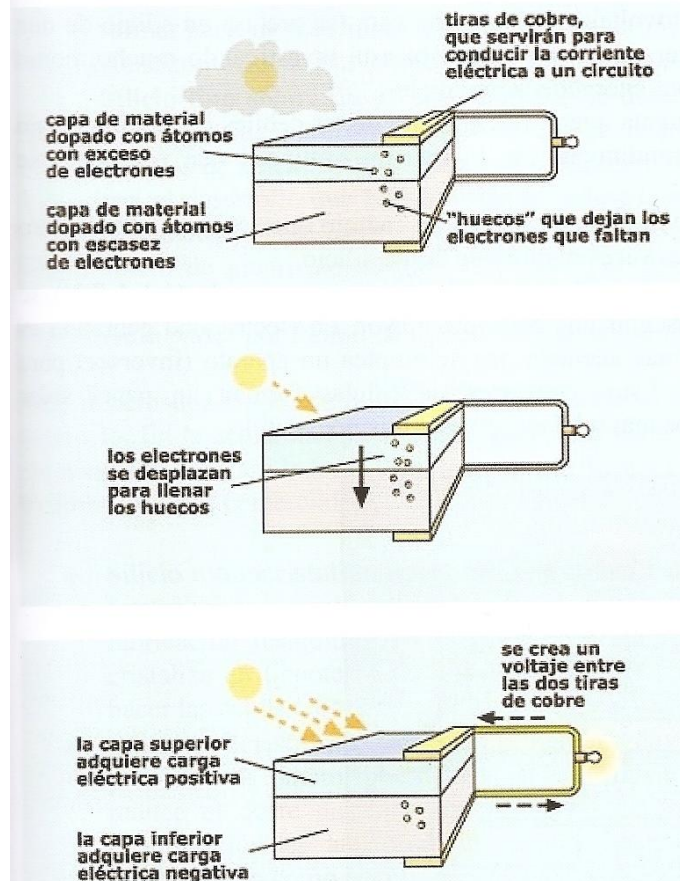


Fig. 3.2 Explicación de funcionamiento de una celda solar fotovoltaica, donde los fotones suministran la energía necesaria para liberar electrones que forman una corriente eléctrica continua. Fuente: Asociación española de la Industria eléctrica (UNESA).

Como en estado puro el silicio no es muy fotoconductor, se le “dopa” con átomos de fósforo, que tienen 5 electrones en su capa externa. Así tenemos un silicio dopado con fósforo, que tiene un excedente de cargas negativas.

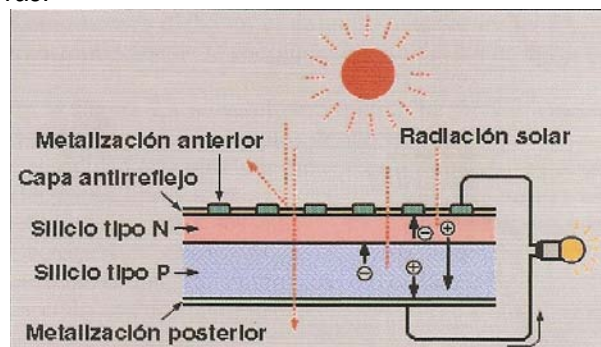




Fig. 3.3 estructura y funcionamiento de una celda fotovoltaica que transforma en electricidad la energía recibida del sol. Fuente: Asociación española de la Industria eléctrica (UNESA).

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
			Página		47

3.5 CORRIENTE CONTINÚA

Los módulos fotovoltaicos producen electricidad en forma de corriente continua (del inglés DC: Direct Current), (del Inglés AC: Alternative Current). En la actualidad en nuestros hogares solemos tener corriente alterna AC de 110-240 voltios, a una frecuencia de 60 Hertz.

Para alimentar aparatos que funcionan con corriente alterna, a partir de energía fotovoltaica, es preciso utilizar equipos DC/AC, que producen una corriente alterna a partir de la continua. Se les suele llamar convertidores de corrientes, también se les llama inversores.

Las tensiones habituales de los módulos fotovoltaicos existentes en el mercado son como las de las baterías (12V o 24V, por ejemplo), ya que la energía se suele almacenar antes de su utilización.

3.6 CELDAS SOLARES RESPUESTA A ESPECTRAL

Las propiedades ópticas de las celdas solares son importantes, ya que las celdas están expuestas a diversas fuentes luminosas. Se le llama respuesta espectral a la curva de una celda en acción del color de la radiación incidente. No existe una diferencia apreciable entre las respuestas del silicio mono y multicristalino.

La materia amorfa responde mejor al azul (longitudes de ondas cortas), pero el cristalino funciona mejor con el rojo y en la proximidad del infrarrojo (700-1.100nm). Esta propiedad explica rectamente el mejor comportamiento del silicio cristalino al sol y la preferencia del silicio amorfo con iluminación artificial (más rica de luces azules).

3.7 FUNCIONAMIENTO DE UNA CELDA SOLAR

Para que se genere el efecto fotovoltaico en un dispositivo electrónico se debe realizar un proceso de absorción de luz. En este proceso, la energía es transferida a los electrones de los átomos del material. Al ganar energía, los electrones (carga eléctrica negativa) rompen los enlaces que los mantenían ligados a sus átomos, y pueden moverse “libremente” por el material, dejando espacios vacíos en sus lugares (huecos). Por cada electrón que se libera, aparece un hueco.

Estos huecos se comportan como partículas con carga positiva (+). En consecuencia, debido a la absorción de luz, aparecen por parejas, portadores de cargas positivas y negativas (portadores de carga fotogenerados), que se pueden mover “libremente” dentro del material. Algunos de estos electrones se recombinaran, regresando la energía ganada al material, cosa que se pone de manifiesto por el aumento de temperatura que se detecta en el dispositivo.

Otros portadores fotogenerados son forzados a separarse por medio de un campo eléctrico interno, construido para ese fin, que obliga a los electrones a acumularse en una “superficie” del dispositivo, creando una zona con potencial negativo (-), y a los huecos, en la otra “superficie”, creando una zona eléctrica con potencial positivo (+). Estas dos zonas crean una diferencia de potencial que puede medirse con un voltímetro.

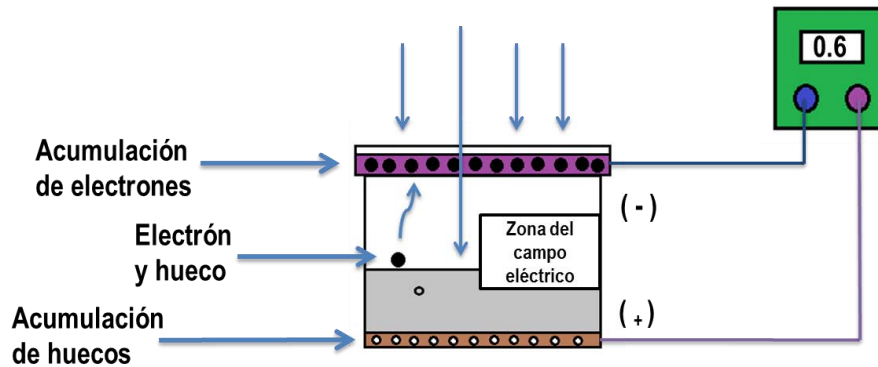


Fig. 3.4 Muestra una representación esquemática en donde se ha incluido un voltímetro como herramienta para identificar el voltaje foto generado.³

3.8 PARÁMETROS ELECTRÓNICOS DE UNA CELDA SOLAR

Una celda solar expuesta a la luz genera electricidad; es decir, en las terminales eléctricas externas del dispositivo aparece un voltaje que puede ser medido con un voltímetro. Si las terminales se cortocircuitan, una corriente eléctrica fluirá por el circuito que puede medirse con un amperímetro. A continuación se define cada uno de estos parámetros eléctricos de la celda solar.

Voltaje a circuito abierto (V_{ca}): Es el voltaje máximo que genera una celda solar. Su unidad de medición es el volt. Este voltaje se mide cuando no existe un circuito externo conectado a la celda.

Corriente a corto circuito (I_{cc}): La corriente a corto circuito es la máxima corriente generada por la celda y se mide cuando se conecta un circuito exterior a la celda con resistencia nula (su unidad es Amper).

La corriente generada por una celda solar es proporcional al área iluminada de estas. La densidad de corriente, δ , se define como la razón entre la magnitud de la corriente y el área transversal por donde pasa esa corriente, en la Fig.3.5 muestra la manera de medir estos parámetros.

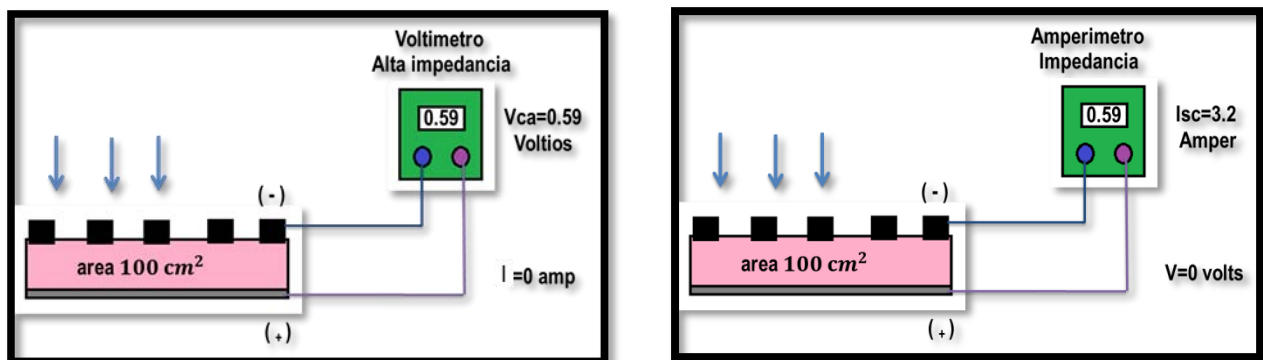




Fig.3.5 Muestra una representación esquemática de la manera en que se miden los parámetros voltaje de circuito abierto (V_{ca}) y corriente de corto circuito de una celda solar.

³ Fig. 3.4 y 3.5 elaborada por O.M Y R.I

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
			Página		49

Cualquier elemento resistivo R (cualquiera aparato eléctrico) conectado a la celda solar definirá un voltaje de operación V_{op} y una corriente de consumo o de operación lo que dependerá del valor de R. Es claro que para cada R existía un voltaje operación V y una corriente I, lo que significa parejas de valor (V, I). El producto nos proporciona una potencia en el elemento Resistivo (aparato eléctrico). Existe un Valor R para el cual el producto de V contra I es máximo. Este Valor define la máxima potencia eléctrica generada por la celda solar. La eficiencia de conversión η , de una celda solar se define como el cociente entre la máxima potencia generada por esta y la potencia de iluminación que incide sobre ella, y se acostumbra en presentarla como un porcentaje. De esta manera.

$$\eta = \frac{I_m V_m}{P_i} \times 100$$

$$P_i = G \times S$$

Donde:

η : es la eficiencia de conversión de potencia luminosa en electricidad en el cálculo de un módulo.

$I_m V_m$: Corriente y voltaje para la máxima potencia.

P_i : es la potencia de iluminación. Dada como el producto de la irradiación P_i en el área de la celda.

S: es el área activa de la celda solar que está expuesta a la radiación luminosa.

3.9 MÓDULO FOTOVOLTAICO O PANELE SOLAR FOTOVOLTAICO

Los módulos (o paneles, como también se les llama) son unidades básicas de los sistemas de generación de electricidad a partir de la energía solar.

Sabemos que una sola celda fotovoltaica genera una corriente muy baja, por lo que es necesario unir varias de ellas en serie para poder alcanzar un cierto voltaje.

Los módulos o paneles solares son la unión de celdas fotovoltaicas en serie, encapsuladas para protegerlas (en plástico transparente, por ejemplo), y con un marco metálico para su montaje. Resultando una estructura compacta, manejable y resistente. Suelen comercializarse como unidades de 12 ó 24 voltios y con potencias de hasta 100 voltios, o más, de modo que en determinadas aplicaciones será necesario asociar varias de estas unidades para satisfacer los requerimientos eléctricos de tensión, corriente y potencia.

Desde el punto de vista de la aplicación de los sistemas fotovoltaicos para la obtención de la electricidad, es necesaria la asociación de celdas fotovoltaico hasta obtener una potencia de generación deseada, que dependerá del tipo de instalación y adaptación de corriente. Esta asociación se materializa, en primer lugar, en el modulo fotovoltaico, que es el dispositivo comercial ya acabado consistente en una asociación de celdas fotovoltaicas siguiendo una configuración serie-paralelo determinada y preparada para su instalación exterior. De la misma manera que las celdas fotovoltaicas se asocian para formar el modulo fotovoltaico, los módulos se asocian entre si, en serie y en paralelo, hasta obtener la potencia deseada para el tipo de aplicación al que se vayan a destinar.



	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	50		



Fig. 3.6 Los módulos se comercializan habitualmente con un marco que permite su montaje sobre las superficies y estructuras más comunes (paredes, perfiles metálicos, etc.).⁴

3.9.1 Conexión en serie

Por ejemplo si tenemos un modulo de 12 V y 1.5 A y los conectamos en serie con otro modulo de las mismas características tendremos un conjunto de 2 módulos de 24 V y 1.5 A (se suman los “voltajes” y se mantienen las intensidades).

3.9.2 Conexión en paralelo

Si tenemos los dos módulos del ejemplo anterior y los conectamos en paralelo, tendremos un conjunto de 12 V y 3 A (se mantienen los voltajes y se suman las intensidades).

El armazón de los módulos debe ser a la vez resistente y ligero. Se suele hacer de aluminio con resinas para hacerlo hermético.

La cubierta del modulo suele ser de cristal templado, resistente a impactos, transparente dejando pasar las radiaciones solares (en más de un 92%).

En la Figura 3.7 se muestra el corte transversal de uno de estos módulos, en el que se observa el sistema de encapsulado y enmarcado final.

⁴ Fig. 3.6 Recuperado de <http://solarenergyfactsblog.com/interesting-facts-about-solar-energy/>

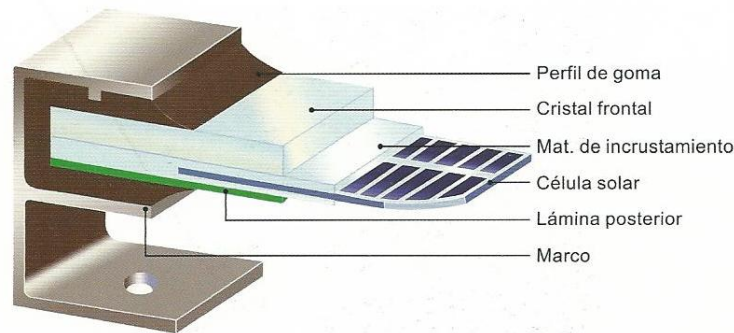


Fig. 3.7 Corte transversal de un módulo FV cristalino de propósito general.⁵

Los módulos solares fotovoltaicos se deben orientar al sol, según la hora del día, mes del año y lugar geográfico, si se dispone de sistemas de inclinación variable.

3.9.3 Cableado de las celdas en serie

Para conectar las celdas en serie, en el contacto delantero (-) de la primera celda debe unirse al contacto trasero (+) de las celdas siguientes, el contacto (-) de esta última al contacto (+) de la siguiente, y así sucesivamente. Estas uniones necesitan un contacto en las caras de las celdas que se pueda soldar, que suelen ser a base de estaño o de plata. Se hacen con bandas de cobre estañado, blandas, extraplanas y soldables.

Los módulos se deben instalar en zonas sin sombras (siempre que sea posible). Tampoco se deben hacer sombra entre ellos. Se deben mantener siempre limpios de hojas, ramas, polvo, suciedad, etc. Su fijación al suelo debe ser firme, ya que tienen que permanecer fijos en el sitio más de 25 años (su vida útil).

3.10 TIPOS DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Existen diferentes tipos de módulos solares en función de los materiales empleados, los métodos de fabricación que se empleen y la forma final. A continuación se describen los materiales que pueden formar las celdas solares:

3.10.1 Silicio monocristalino

La mayoría de las celdas fotovoltaicas actuales están hechas de este tipo, de silicio. El proceso de fabricación resumido es el siguiente: el silicio se purifica se funde y se cristaliza en lingotes, obtenidos se cortan muy finamente para hacer las celdas monocristalinas.



Fig.3.8 Módulo monocristalino.⁶

⁵ Fig. 3.7 recuperado de "Curso de Experto Profesional en Energía Fotovoltaica." Primera edición, Ediciones: PREGRONSA Censolar (España) 2009.

⁶ Fig. 3.8, 3.9 y 3.10 recuperado de <http://solarpanels.dk/solceller>



Fig. 3.9 Policristalino.

3.10.2 Silicio Policristalino

Tiene menor rendimiento que el silicio monocristalino, pero es más barato, por lo que se está imponiendo su utilización. Ya que reduce el costo del kilovatio solar. Se le llama policristalino porque la cristalización es aleatoria en vez de seguir un patrón homogéneo de cristalización.

3.10.3 Silicio Amorfo

La palabra amorfo significa carencia de estructura geométrica. Los átomos de silicio que forman al sólido no tienen el patrón ordenado característico de los cristales como es el caso del silicio cristalino. La tecnología de los módulos de silicio amorfo ha estado cambiando aceleradamente en los últimos años. En la actualidad su eficiencia ha subido hasta establecerse en el rango de 5 a 10% y promete incrementarse. La garantía del producto puede ser hasta por 10 años dependiendo del fabricante.



Fig. 3.10 Amorfo

3.10.4 Silicio cristalino

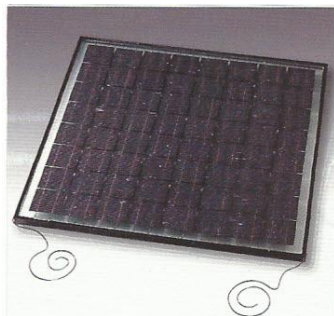




Fig. 3.11 Cristalino⁷

Fue especialmente diseñado para su integración en fachadas. Obsérvese el encapsulado de las celdas entre dos láminas de cristal que permiten el paso de la luz, resultando un módulo semitransparente.

El atractivo de esta tecnología y las buenas perspectivas de desarrollo e implantación en el mercado se deben en gran medida a la posibilidad de conseguir módulos flexibles, semitransparentes, ligeros y con tensiones del orden de 60 voltios en menos de $1m^2$ de superficie. Como desventaja, se debe señalar la degradación que sufren con la radiación solar y que provoca la disminución progresiva de su eficiencia, aspecto éste muy mejorado en los módulos de última generación.

⁷ Fig. 3.11, 3.12 y 3.13 Recuperado de "Curso de Experto Profesional en Energía Fotovoltaica." Primera edición, Ediciones: PREGRONSA Censolar (España) 2009.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	53		

3.10.5 Otros materiales.

Las actuales celdas, basadas en silicio, podrían ser reemplazadas en unos años por otros materiales y tecnologías muy diversas. Los investigadores persiguen aumentar la eficiencia energética de estos dispositivos, abaratar sus costos de producción y logra una gran variedad de aplicaciones que les permita competir con los combustibles fósiles o la energía nuclear.

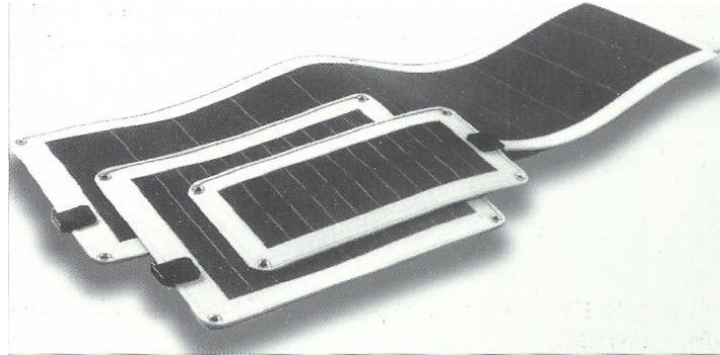


Fig. 3.12 Módulos flexibles de capa delgada de triple unión, diseñados para su uso en embarcaciones y automóviles.

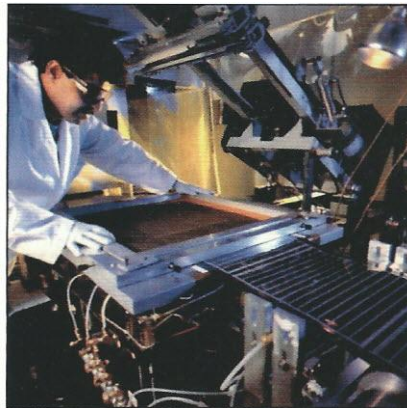




Fig. 3.13 Elaboración de un rollo de módulo flexible de capa delgada. Fácil de montar en cualquier superficie plana o curvada; es ligero (menos de 2 gramos por vatio) y puede suministrar tensiones desde 0,8 hasta 200 voltios.

3.11 CURVA CARACTERÍSTICA DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

3.11.1 Terminología

La representación estándar de un dispositivo fotovoltaico es la característica corriente-tensión (Figura 3.14). La curva representa las posibles combinaciones de corriente y voltaje para un dispositivo fotovoltaico bajo unas condiciones ambientales determinadas (radiación solar incidente y

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	54		

temperatura ambiente). El punto en concreto de corriente y voltaje en el que el dispositivo fotovoltaico trabajará vendrá determinado por la carga a la que esté conectado.

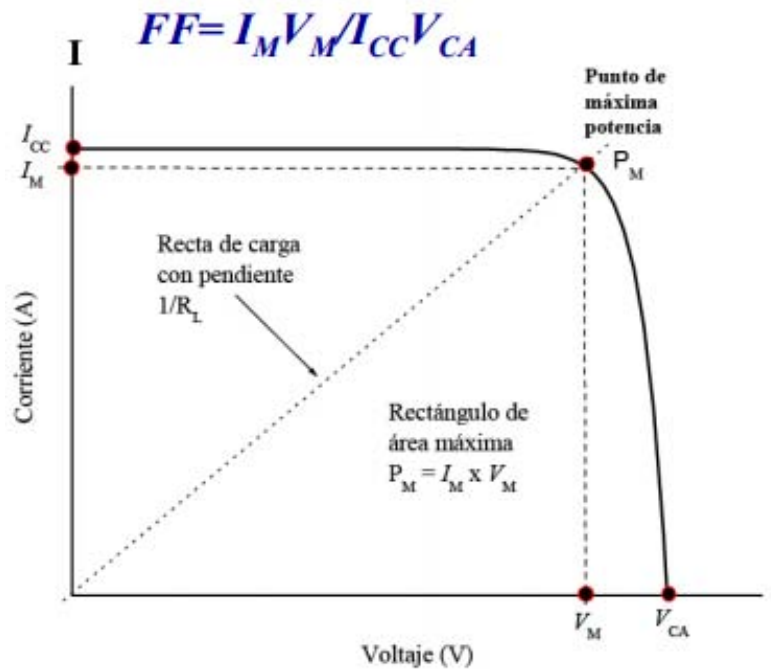


Figura 3.14 Curva característica, con sus principales elementos, de una celda fotovoltaica.

3.11.2 Principales parámetros de la curva característica I-V

Corriente de cortocircuito: (I_{cc}): es la máxima corriente que producirá el dispositivo bajo unas condiciones definidas de iluminación y temperatura, correspondientes a un voltaje igual a cero.



Voltaje de circuito abierto: (V_{ca}): Es el máximo voltaje del dispositivo bajo unas condiciones definidas de iluminación y temperatura, correspondientes a una corriente igual a cero.

Potencia máxima (P_{max}): Es la máxima potencia que producirá el dispositivo en unas condiciones determinadas de iluminación y temperatura, correspondiente al par máximo I-V.

Corriente en el punto de máxima potencia (I_{max}): Es el valor de la corriente para P_{max} en unas condiciones determinadas de iluminación y temperatura.

Voltaje en el punto de máxima potencia (V_{max}): Es el valor de voltaje para P_{max} en unas condiciones determinadas de iluminación y temperatura.

Factor de forma (FF): Es el valor correspondiente al cociente entre P_{max} y el producto de I_{cc} por V_{ca} . Puede venir expresado en tanto por ciento o tanto por 1, siendo el valor 100% el que corresponderá a un hipotético perfil de cuadrado, no real. Nos da una idea de la calidad del dispositivo fotovoltaico, siendo éste tanto mejor cuanto más alto sea su factor de forma.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	55		

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{ca} I_{cc}}$$

Generalmente las celdas dentro del módulo fotovoltaico se asocian en serie, con el fin de obtener unos valores de voltaje más apropiados para su conexión a distintas cargas o a una batería (el voltaje de una celda estándar suele ser de unos 0.6V). El voltaje total del módulo dependerá, por tanto, del número de celdas asociadas en serie. Por el contrario, la corriente que podemos obtener del módulo fotovoltaico va a depender básicamente del tipo y tamaño de celdas (suponiendo que no haya celdas conectadas en paralelo en el interior del módulo).

3.12 ECUACIÓN CARACTERÍSTICA

La curva característica corriente tensión de una celda fotovoltaica puede describirse con suficiente precisión por la ecuación:

$$I = I_l - I_0 \left(\exp \left(\frac{V + IR_s}{m v_t} \right) - \frac{V + IR_s}{R_p} \right)$$

Donde I es la corriente fotogenerada, I_0 es la corriente inversa de saturación del diodo, v_t es el voltaje térmico ($v_t = KT/e$, siendo K la constante de Boltzman, T la temperatura en grados Kelvin y e la carga del electrón), m es el factor de idealidad del diodo, R_s es la resistencia serie y R_p la resistencia paralelo. Para el caso de un módulo FV, su característica eléctrica dependerá del número de celdas en serie y paralelo que posea. Si suponemos que todas las celdas constituyentes de un módulo fueran iguales, la corriente generada por el módulo sería igual a la corriente de la celda multiplicada por el número de celdas en paralelo, y el voltaje sería igual al voltaje de la celda multiplicado por el número de celdas en serie:

$$I_{mod} = I_c * N_p$$

$$V_{mod} = V_c * N_s$$

Donde N_p y N_s son respectivamente el número de celdas en paralelo y en serie que contiene el módulo que empleamos como ejemplo en la siguiente figura.

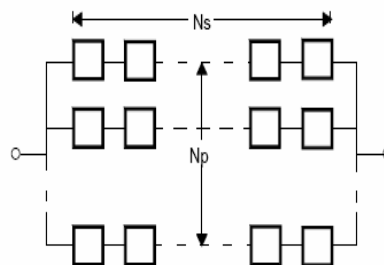


Fig. 3.15 Esquema de conexión eléctrica en un módulo fotovoltaico.

3.13 FACTORES QUE AFECTAN A LA CARACTERÍSTICA I-V DEL GENERADOR

La curva característica corriente tensión del generador fotovoltaico se ve afectada por factores ambientales tales como:

- ✓ La intensidad de iluminación (irradiancia).
- ✓ La temperatura.
- ✓ La distribución espectral de la luz.

3.13.1 Efecto de la intensidad de iluminación (irradiancia)

En general la irradiancia afecta principalmente a la corriente, de forma que se puede considerar que la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico es proporcional a la irradiancia:

$$I_{cc}(E_2) = I_{cc}(E_1) \frac{E_2}{E_1}$$

Donde:

$I_{cc}(E_2)$ es la corriente de cortocircuito para un nivel de irradiancia E_2

$I_{cc}(E_1)$ es la corriente de cortocircuito para un nivel de irradiancia E_1

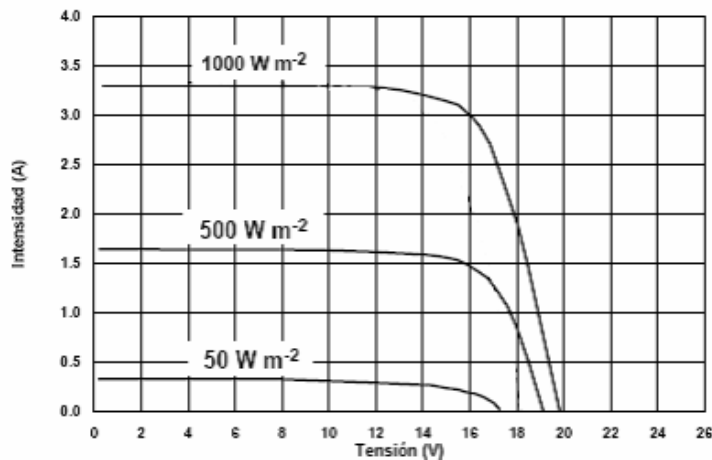


Fig. 3.16 Efecto de la irradiancia sobre la característica I-V de un generador fotovoltaico.

La ecuación anterior es válida para variaciones de irradiancia a temperatura constante, y resulta una aproximación cuando ésta varía, ya que supone despreciar los efectos que la temperatura tiene sobre la corriente de cortocircuito. Sin embargo podemos considerarlo como una expresión adecuada para tener una idea de cuáles serían los valores de la I_{cc} a diferentes irradiancias ya que el error que se comete es inferior al 0.5%.

3.13.2 Efecto de la temperatura

La temperatura afecta principalmente a los valores de voltaje de la característica I-V, y tiene su mayor influencia en el voltaje de circuito abierto (V_{ca}), aunque también modifica los valores del punto de máxima potencia y el valor de I_{cc} (éste muy ligeramente). En la siguiente figura podemos observar la variación de la curva característica I-V al variar la temperatura y con pequeñas variaciones de irradiancia.

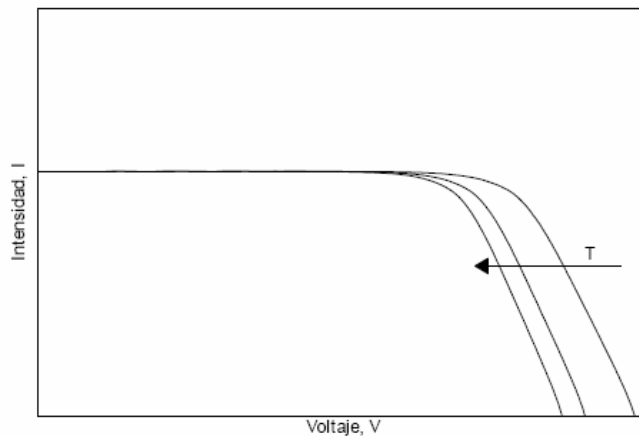


Fig. 3.17 Variación de la curva característica I-V del generador FV al variar la temperatura manteniendo la irradiancia constante.



Existen tres coeficientes α , β y γ que representan la variación de los parámetros fundamentales de la curva característica I-V del generador fotovoltaico con la temperatura. Así, α expresa la variación de la corriente de cortocircuito con la temperatura, β la variación del voltaje de circuito abierto y γ la variación de la potencia máxima. En general, los fabricantes de módulos FV incluyen en sus hojas de características técnicas los valores de estos tres coeficientes.

En caso de que se desconozcan los valores de los coeficientes, éstos se pueden calcular siguiendo los pasos indicados en la normatividad NOM-001 SEDE 2012⁸.

3.13.3 Efecto del contenido espectral de la luz

Dependiendo de la hora de medida y la época del año el espectro presenta pequeñas desviaciones respecto al espectro considerado estándar en la superficie terrestre. Si se realiza una medida del espectro en el momento de tomar la característica I-V puede realizarse una pequeña corrección multiplicando la corriente de cortocircuito por el “factor espectral”, obteniendo de la comparación del espectro estándar y el espectro en condiciones experimentales. Esta corrección suele ser muy pequeña y se utiliza cuando se requiere elevada precisión por tratarse de calibraciones de celdas o módulos fotovoltaicos.

⁸ NOM-001 SEDE 2012. Incluida en anexo E

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	58		

3.14 CONDICIONES DE REFERENCIA

Dado que la curva característica del módulo fotovoltaico cambia con las condiciones ambientales, es necesario definir una serie de condiciones de operación para poder contrastar los valores de distintos fabricantes y extrapolar a partir de ellas a otras condiciones deseadas.

3.14.1 Condiciones estándar de medida (CEM O STC)

Son de uso más generalizado y universal, y vienen definidas por:

Irradiancia = $1000\text{W}/\text{m}^2$

Irradiancia espectral de referencia para una masa de aire de 1.5 ($\text{am}^{\circ} 1.5$)

Incidencia Normal

Temperatura de la celda 25°C

Normalmente los parámetros característicos de los módulos o celdas incluidos en las hojas de especificaciones técnicas de los fabricantes vienen definidos en estas condiciones. Sin embargo la experiencia muestra que pocas veces los módulos fotovoltaicos alcanzan estas condiciones, ya que un nivel de irradiancia de $1000\text{W}/\text{m}^2$ que puede alcanzarse al mediodía, los módulos adquieren temperaturas de más de 25°C , a no ser que sea un día claro de invierno. Es por esto por lo que se definen además, otras condiciones que pretenden representar el comportamiento del módulo de manera más realista.

3.14.2 Extrapolación a condiciones estándar de medida (CEM)

El método consiste en corregir los valores de I_{cc} y V_{ca} a los niveles de irradiancia y temperatura de las celdas deseadas, y posteriormente trasladar toda la curva I-V hasta la I_{cc} y V_{ca} corregidas. Los valores de I_{cc} y V_{ca} en las condiciones deseadas se obtienen según las ecuaciones:

$$I_{cc,2} = I_{sc,1} \frac{E_2}{E_1} + \alpha (T_2 - T_1)$$

$$V_{ca,2} = V_{ca,1} m \frac{KT}{e} + \ln \left(\frac{E_2}{E_1} \right) + \beta (T_2 - T_1)$$



Donde $I_{cc,1}$, $V_{ca,1}$, T_1 y E_1 son la corriente de cortocircuito, voltaje de circuito abierto, temperatura e irradiancia respectivamente en las condiciones experimentales, $I_{cc,2}$, $V_{ca,2}$, T_2 y E_2 son estos mismos parámetros en las condiciones a las que se desea corregir la curva.

m es el factor de idealidad del diodo

α y β son los coeficientes de temperatura

k es la constante de Boltzman ($1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$) y la carga del electrón ($-1.602 \times 10^{-19} \text{C}$)

⁹ am (masa del aire)

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
			Página		59

Una vez corregidos los valores de I_{cc} y V_{ca} cada punto de la curva I-V se traslada la cantidad necesaria hasta alcanzar los valores corregidos de I_{cc} y V_{ca} , es decir:

$$I_2 = I_1 + \Delta I_{cc} \quad V_2 = V_1 + \Delta V_{ca}$$

$$\Delta I_2 = I_{cc.2} + I_{cc.1} \quad \Delta V_{ca} = V_{ca.2} + V_{ca.1}$$

Los coeficientes de temperatura α y β los proporcionan los fabricantes de los módulos. El valor de m se puede fijar entre 1 y 1.2 que es un valor típico para celdas de Silicio cristalino.

Las condiciones estándar de medida vienen definidas por los siguientes valores de irradiancia y temperatura:

$$E_2 = 1000 \text{ W/m}^2$$

$$T_2 = 25^\circ\text{C}$$

3.14.3 Condiciones nominales de operación (CON)

$$\text{Irradiancia} = 800 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Velocidad del viento} = 1 \text{ m/s}$$

$$\text{Temperatura de la celda} - \text{Temperatura de Operación Nominal de la Celda (NOCT)} - \text{Temperatura ambiente} = 20^\circ\text{C}$$

Donde NOCT es lo que se define como la temperatura nominal de operación de la celda, y representa la temperatura que alcanzarían las celdas solares para un nivel de irradiancia de 800 W/m^2 , temperatura ambiente de 20°C , velocidad del viento 1 m/s e incidencia normal. El valor de NOCT también viene incluido en las hojas de características técnicas de los módulos, y para un módulo de silicio monocristalino suele estar en torno a los 47°C .

Dado que las condiciones nominales de operación hacen referencia a la temperatura ambiente, y no a la temperatura del módulo, se hace necesaria una expresión que relacione ambas. Se puede considerar una buena aproximación:

$$T_c = T_a + C_1 G$$

Donde:

T_c : temperatura de la celda o módulo.



T_a : temperatura ambiente.

C_1 : constante de calibración.

G : irradiancia.

3.15 EFICIENCIA DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

La eficiencia de un dispositivo es la manera común de definir la calidad del mismo. Para el caso de un generador fotovoltaico, esta sería el cociente entre la energía producida por el dispositivo y la

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
			Página		60

energía incidente. Sin embargo, existen varias maneras de definir la eficiencia del generador fotovoltaico, dependiendo del área del mismo que se tenga en cuenta. Así, en los catálogos de fabricantes y en bibliografías de referencia podemos encontrar:

3.15.1 Eficiencia con respecto al área total

Esta definición implica la relación entre la máxima potencia generada por el dispositivo y la cantidad de radiación solar incidente en el dispositivo completo. Por dispositivo completo se entiende el área total del módulo, incluyendo celdas, espacio intercelular, contactos y marco del mismo.

$$\eta_{areatotal} = \frac{P_{max}}{A_T \cdot E_T}$$

Donde $\eta_{areatotal}$ es la eficiencia con respecto al área total, P_{max} es la potencia máxima que puede generar el dispositivo, A_T es el área total del mismo y E_T es la radiación solar incidente total.

3.15.2 Eficiencia con respecto al área de celda

Es una versión modificada de la anterior, en la que sólo se considera el área cubierta por las celdas dentro del módulo ignorando el espacio entre celdas y el marco del módulo. De esta manera se evita el efecto de marcos muy grandes, que en realidad no afectan a la calidad de la celda FV. La expresión sería la misma que la de la ecuación anterior, sustituyendo el área total por el área de celdas.



3.15.3 Eficiencia con respecto al área activa de celda

Esta definición implica el cálculo de la eficiencia basada solamente en el área del dispositivo que está expuesta a la luz solar incidente. Las áreas sombreadas por los contactos o las rejillas de las celdas no estarían incluidas. Esta es la eficiencia que nos ofrece siempre un valor mayor, aunque normalmente sólo se utiliza para celdas individuales y en resultados de laboratorio, y no en dispositivos comerciales acabados.

3.16 FACTORES DE PÉRDIDAS ENERGÉTICAS

Al igual que en otros procesos de generación de potencia eléctrica, las pérdidas son un factor determinante en todo momento para poder evaluar los rendimientos de los equipos.

Resulta muy fácil pensar que la energía producida por una instalación fotovoltaica es directamente proporcional a la irradiación incidente en el plano del generador fotovoltaico. Así por ejemplo un sistema con un generador fotovoltaico de potencia nominal 1 kWp instalado con unas condiciones meteorológicas tales que reciba una irradiación anual de 1800 kWh/m², dicho generador en ausencia de pérdidas produciría 1800 kWh. Ahora bien, la experiencia y distintos estudios muestran que la energía producida por un módulo fotovoltaico es sensiblemente inferior. Esta disminución de la

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	61		

energía entregada por el generador respecto de la energía solar incidente puede ser explicada mediante una serie de pérdidas energéticas, cuyas principales fuentes se presentan a continuación:

3.16.1 Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal

Los módulos fotovoltaicos obtenidos de un proceso de fabricación industrial no son todos idénticos, sino que su potencia nominal referida a las condiciones estándar de medida, CEM (en inglés, STC), presenta una determinada dispersión. En general los fabricantes garantizan que la potencia de un módulo fotovoltaico de potencia nominal, P^* , está dentro de una banda que oscila entre $P^* \pm 3\%$, $P^* \pm 5\%$ o $P^* \pm 10\%$. Lamentablemente en algunas ocasiones suele darse el caso de que la potencia de cada uno de los módulos fotovoltaicos se sitúa dentro de la banda inferior de potencias garantizadas por el fabricante.

Esto es, la potencia real suministrada por el fabricante, entendida como la suma de las potencias de cada uno de los módulos que componen el generador fotovoltaico, de una instalación de 1kWp nominal cuyo fabricante garantice el $\pm 10\%$ debería ser cualquier valor entre 0.9 kWp y 1.1 kWp sin embargo, en general, se sitúa entre 0.9 kWp y 1 kWp.

3.16.2 Pérdidas de mismatch o de conexionado



Son pérdidas energéticas originadas por la conexión de módulos fotovoltaicos de potencias ligeramente diferentes para formar un generador fotovoltaico. Esto tiene su origen en que si conectamos dos módulos en serie con diferentes corrientes, el módulo de menor corriente limitará la corriente de la serie. De modo semejante ocurre para la tensión de la conexión de módulos en paralelo. Resultando que la potencia de un generador fotovoltaico es inferior (o en un caso ideal, igual) a la suma de las potencias de cada uno de los módulos fotovoltaicos que lo componen. Las pérdidas de mismatch se pueden reducir mediante una instalación ordenada en potencias (o en corrientes en el punto de máxima potencia) de los módulos fotovoltaicos, así como la utilización de diodos de "bypass".

3.16.3 Pérdidas por polvo y suciedad

Tienen su origen en la disminución de la potencia de un generador fotovoltaico por la deposición de polvo y suciedad en la superficie de los módulos fotovoltaicos. Cabría destacar dos aspectos, por un lado la presencia de una suciedad uniforme da lugar a una disminución de la corriente y tensión entregada por el generador fotovoltaico y por otro lado la presencia de suciedades localizadas (como puede ser el caso de excrementos de aves) da lugar a un aumento de las pérdidas de mismatch y a las pérdidas por formación de puntos calientes.

3.16.4 Pérdidas angulares y espectrales

La potencia nominal de un módulo fotovoltaico suele estar referida a unas condiciones estándar de medida, que, además de 1000 W/m² de irradiancia y 25°C de temperatura de celda, implican una incidencia normal y un espectro estándar AM1.5G. No obstante en la operación habitual de un

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	62		

módulo fotovoltaico ni la incidencia de la radiación es normal, ni el espectro es estándar durante todo el tiempo de operación. El que la radiación solar incida sobre la superficie de un módulo FV con un ángulo diferente de 0° implica unas pérdidas adicionales (mayores pérdidas a mayores ángulos de incidencia). Las pérdidas angulares se incrementan con el grado de suciedad. Por otro lado los dispositivos fotovoltaicos son espectralmente selectivos. Esto es, la corriente generada es diferente para cada longitud de onda del espectro solar de la radiación incidente (respuesta espectral). La variación del espectro solar en cada momento respecto del espectro normalizado puede afectar la respuesta de las celdas.

3.16.5 Pérdidas por caídas ohmicas en el cableado

Tanto en la parte CD como en la parte CA (desde la salida de los inversores hasta los contadores de energía) de la instalación se producen unas pérdidas energéticas originadas por las caídas de tensión cuando una determinada corriente circula por un conductor de un material y sección determinados. Estas pérdidas se minimizan dimensionando adecuadamente la sección de los conductores en función de la corriente que por ellos circula. Fotovoltaicas dando lugar a ganancias o pérdidas energéticas.

3.16.6 Pérdidas por temperatura



Los módulos fotovoltaicos presentan unas pérdidas de potencia del orden de un 4% por cada 10 °C de aumento de su temperatura de operación (este porcentaje varía ligeramente en función de cada tecnología). La temperatura de operación de los módulos fotovoltaicos depende de los factores ambientales de irradiancia, temperatura ambiente y velocidad del viento y de la posición de los módulos o aireación por la parte posterior. Esto implica que por ejemplo a igualdad de irradiancia solar incidente un mismo sistema fotovoltaico producirá menos energía en un lugar cálido que en un clima frío.

3.16.7 Pérdidas por sombreado del generador fotovoltaico

Los sistemas FV de conexión a red se suelen instalar en entornos urbanos en los que en muchas ocasiones es inevitable la presencia de sombras en determinadas horas del día sobre el generador FV que conducen a unas determinadas pérdidas energéticas causadas en primer lugar por la disminución de captación de irradiancia solar y por los posibles efectos de mismatch a las que puedan dar lugar. También pueden producirse sombras importantes de unos campos fotovoltaicos sobre otros. Además de las pérdidas consideradas anteriormente puede haber otras específicas para cada instalación, como pueden ser: averías o mal funcionamiento, los efectos de la disminución del rendimiento de los módulos FV a bajas irradiancias, etc.

3.16.8 Pérdidas por rendimiento CA/CD del inversor

El inversor fotovoltaico se puede caracterizar por la curva de rendimiento en función de la potencia de operación.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	63		

Es importante seleccionar un inversor de alto rendimiento en condiciones nominales de operación y también es importante una selección adecuada de la potencia del inversor en función de la potencia del generador fotovoltaico (por ejemplo, la utilización de un inversor de una potencia excesiva en función de la potencia del generador fotovoltaico dará lugar a que el sistema opera una gran parte del tiempo en valores de rendimiento muy bajos, con las consecuentes pérdidas de generación).

3.17 CERTIFICADO DE MÓDULOS

Los valores de los parámetros eléctricos de un modulo fotovoltaico los debe proporcionar el fabricante mediante una etiqueta de identificación colocada en la parte posterior del modulo. A la información vertida en dicha etiqueta se le conoce con el nombre de valores de placa. Ahí mismo deberá de incluirse la información del laboratorio de prueba que ha certificado a este como una unidad que ha pasado las pruebas de seguridad y de uso.

Ejemplos de Certificación de paneles y módulos solares:

- Conformidad Europea (CE)
- Underwriters Laboratories Inc. (UL)
- Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)
- Building Integrated Solar Panels – BIPV

Conformidad Europea (CE) Se encuentra en los productos que cumplen las regulaciones europeas. Es un certificado de autenticación. CE es una marca de conformidad obligatoria en muchos productos que se adquieren en el Espacio Económico Europeo (EEE): los 27 países de la UE más Islandia, Liechtenstein, Noruega, Suiza y Turquía. Significa que el producto cumple con las normas de la UE sobre seguridad, salud y medio ambiente.





Underwriters Laboratories Inc. (UL) Es una organización independiente, que desarrolla pruebas de seguridad privadas y realiza certificación de productos. La marca UL no es requerida por la ley, sin embargo, puede ser extremadamente difícil de vender paneles solares sin la marca UL. ¿Por qué? porque en los **Estados Unidos** sin la UL:

- No se permite conectar los paneles solares a la red.
- No se reciben bonificaciones del gobierno y los incentivos fiscales de cada estado.
- Anula o penaliza la cobertura del seguro de la instalación.

(Con la excepción de los sistemas aislados de red o autónomos, para los que las bonificaciones no son aplicables ni los incentivos fiscales).

UL 1703 incluye los paneles fotovoltaicos que cumplen con el Código Eléctrico Nacional en USA (NEC), OSHA, National Fire Prevention Association, y que será fácilmente aceptado por los

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3			TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA
	Página	64		

inspectores locales en Estados Unidos. La norma UL 1703 significa también que la eficiencia de los paneles ha sido probada y se ha confirmado que llega al 90% o más de la potencia indicada por el fabricante. La UL 1703 se cree que finalmente se sustituirá por la UL/IEC 61730

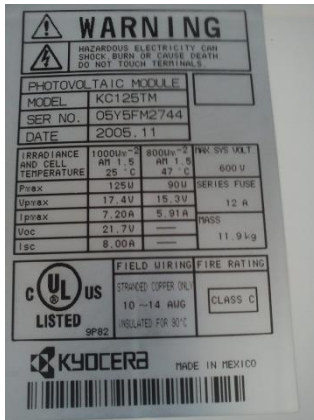




Fig 3.18 Etiquetas de identificación de varios módulos comerciales. (Fotos tomadas por O.M Y.R.I.)

3.18 ORIENTACIÓN DE LOS PANELES

La orientación óptima sería que los módulos fotovoltaicos estuvieran en todo momento perpendiculares a la "línea imaginaria" que una el sol con la instalación fotovoltaica. Eso es lo que sucede en las instalaciones con seguidor de dos ejes, en ese caso la instalación se mueve siguiendo el movimiento del sol a lo largo del día. Pero las instalaciones fijas deben orientarse para tratar de aprovechar al máximo la energía recibida del sol.

La dirección de los rayos solares y posición de un panel solar para una máxima captación, es si un panel solar instalado en el hemisferio norte del planeta se deberá colocar mirando hacia el sur y un panel instalado en el hemisferio sur se deberá colocar mirando al norte y deberá ser colocado con un ángulo de inclinación respecto de la horizontal en el terreno, igual al valor de la latitud en ese mismo lugar. El objetivo es que los rayos solares incidan verticalmente sobre el panel solar con un ángulo de mayor aprovechamiento de energía solar.

La gran ventaja de las instalaciones fotovoltaicas respecto a otros sistemas de generación eléctrica es que pueden formar parte de los edificios u otro tipo de construcciones, lo que significa que no ocupan necesariamente espacio adicional al ya ocupado por los edificios u otras construcciones. No tienen por qué contribuir, por tanto, a la "humanización" de espacios naturales, agrícolas o

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	65		

forestales. El campo fotovoltaico puede integrarse encima de superficies construidas o incluso ejercer la función de elemento de construcción.

Los módulos fotovoltaicos en particular, han pasado de ser unos simples equipos de producción de energía a ser al mismo tiempo un elemento constructivo capaz de sustituir a elementos constructivos tradicionales, o bien ofrecer otras prestaciones adicionales a la de generación eléctrica. Los mismos fabricantes de módulos fotovoltaicos han empezado a diseñar modelos que facilitan su integración o su función constructiva en fachadas o tejados.

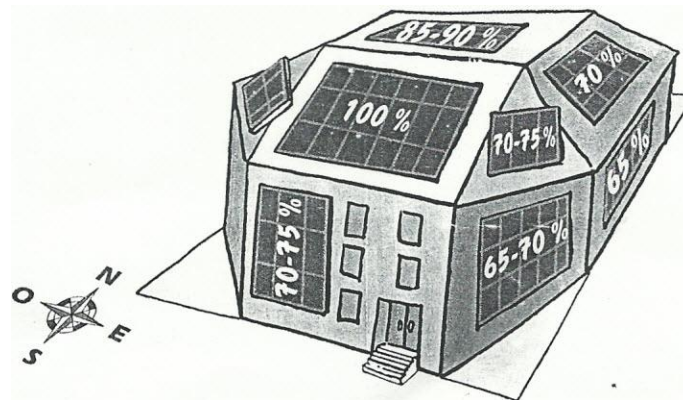


Fig. 3.19 Porcentajes de captación sobre el máximo posible en función de la situación del campo fotovoltaico integrado en alguna parte del edificio (inclinación y orientación).

3.19 SEGUIMIENTO SOLAR



Es claro que la irradiancia sobre la superficie de un panel será máxima si los rayos inciden perpendicularmente sobre su superficie.

A cada día del año le corresponde un determinado valor de la declinación solar. Para poder conseguir que dicho ángulo sea siempre igual, se han diseñado diversos sistemas para el movimiento periódico o continuo del panel, y así lograr disminuir el promedio de los valores de pérdida a lo largo del día y a lo largo del año, y especialmente durante las horas donde, en teoría, es mayor el potencial de aprovechamiento solar.

Frente a las indudables ventajas de simplicidad y estabilidad propias de los sistemas estáticos, se ha valorado el aumento de la rentabilidad económica de los sistemas móviles, sobre todo en las instalaciones fotovoltaicas cuyo objetivo es vender la energía a la red, beneficiándose los propietarios de las tarifas o primas especiales establecidas al efecto.

Los sistemas móviles se pueden clasificar en función de las características de sus movimientos, que determinarán la ganancia energética con respecto a los sistemas estáticos.

Mediante un pequeño motor eléctrico los paneles logran un movimiento de rotación que tiene por finalidad buscar la mejor orientación posible hacia el Sol. Excepto en el caso de sistemas cuasi estáticos o semimóviles.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	66		

3.19.1 Sistemas empleados, para el seguimiento solar

Sistemas cuasi estáticos o semimóviles.

Son los más sencillos, puesto que no requieren ningún motor ni mecanismo complejo para regular su movimiento. Es un sistema estático en el que la estructura está diseñada para que la inclinación pueda ser fácilmente alterada de forma manual, entre una y cuatro veces al año, con el fin de ir ajustándola según la época.

En invierno se aumenta la inclinación respecto a la óptima recomendada en el caso de paneles estáticos, mientras que en verano, por el contrario, se disminuirá.

La operación, aunque sencilla, implica una cierta manipulación, ya que siempre hay que quitar y volver a poner algunos tornillos, tuercas o pasadores. Esto supone una ligera incomodidad, y más si los paneles están situados en un lugar al que no se accede fácilmente.

La ganancia media obtenida con respecto a un sistema estático con inclinación fija es de escasamente un 5%.

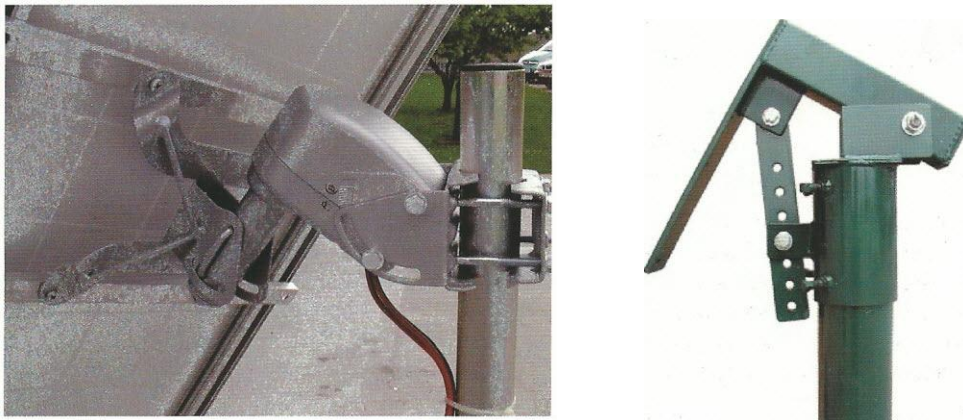




Fig. 3.20 Detalle de dos sencillos sistemas de ajuste manual de la inclinación.¹⁰

Rotación de paneles alrededor de un eje horizontal orientado en la dirección este-oeste.

Cada día el panel varía automáticamente una fracción de grado su inclinación con el fin de conseguir el valor óptimo para dicho día, es decir, hace que al mediodía solar el rayo incida perpendicularmente a su superficie.

Representa una automatización del sistema manual anteriormente explicado, y aunque la ganancia sigue siendo prácticamente la misma (5%), tiene la ventaja de la comodidad, al no requerir intervención manual alguna.

¹⁰ Fig 3.20, 3.21, 3.22, 3.23 Recuperado de Serrasolses, Jaume. "Tejados Fotovoltaicos Energía Solar conectados a la red eléctrica." PROCENSA 2ª Edición ESPAÑA, 2009.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	67		

Rotación de paneles alrededor de un eje horizontal orientado en la dirección norte-sur.

La ganancia obtenida puede pasar del 20% con respecto a un sistema estático, aunque, si los paneles se montan paralelos al eje de disposición habitual por ser la más sencilla y económica en las horas centrales del día también estarán en posición casi horizontal. Esto hace que en invierno incluso pierdan captación con respecto a un sistema estático inclinado.



Puede aumentarse la ganancia (hasta cerca del 30%) utilizando un eje inclinado unos 15°, en vez de horizontal.



Fig. 3.21 En este seguidor el eje transversal está orientado en la dirección norte-sur, y por tanto, los paneles giran de este a oeste.



Fig. 3.22 Rotación de paneles alrededor de un eje inclinado con un ángulo igual a la latitud y orientado paralelamente al eje terrestre (eje polar).

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	68		

Con este sistema, bastante utilizado, se consiguen ganancias de aproximadamente un 30%. También se emplean inclinaciones con un ángulo algo menor que la latitud.

Rotación de paneles alrededor de un eje vertical (rotación azimutal).

Las estructuras con eje vertical son más sencillas y económicas que las de eje inclinado, teniendo por ello una buena aceptación, ya que la ganancia obtenida se acerca a la del sistema con eje polar.

Rotación de paneles alrededor de dos ejes simultáneamente.

Es el único sistema que permite conseguir un ángulo adecuado de forma continua y permanente, es decir, el panel está siempre mirando exactamente hacia el Sol. Por ello, también recibe el nombre de "sistema de seguimiento total" y cada estructura de seguimiento individual se denomina heliostato. La ganancia puede ser (dependiendo de la latitud) del orden del 40%.

Generalmente, uno de los ejes está inclinado (eje polar) y, al rotar en torno a él, el panel adopta una posición tal que su azimut sea en todo momento igual al del Sol. El otro eje está contenido en el plano horizontal, en la dirección este-oeste, y permite al panel variar continuamente su inclinación para recibir los rayos perpendicularmente sobre su superficie.



La elección de un sistema de seguimiento correcto depende, además de los factores económicos, de las características del terreno en donde se vaya a ubicar la planta fotovoltaica, así como del tamaño de ésta, pero, sobre todo, de la latitud del lugar y de las condiciones climatológicas dominantes en la zona.

Conviene advertir que las ganancias mencionadas anteriormente al describir los seis sistemas de seguimiento más utilizados, son orientativas, aproximadamente válidas para latitudes medias. Dichas ganancias, como se ha dicho, serán algo distintas para otras latitudes.

El movimiento de los distintos tipos de seguidores solares se realiza mediante motores eléctricos o dispositivos de accionamiento hidráulico. En los sistemas de dos ejes, a partir de un algoritmo que calcula con gran precisión la posición del Sol en cada momento, un autómata programable controla los mecanismos de accionamiento para orientar el seguidor de acuerdo con los datos calculados. También se utilizan controles de seguimiento basados en un sensor de luminosidad, a fin de conseguir que en todo momento los paneles estén "mirando al Sol".

El dispositivo para producir el movimiento de orientación azimutal (de este a oeste) del seguidor es un motor eléctrico de reducida potencia, que acciona un engranaje a través de un reductor planetario reversible, consiguiéndose una alta relación de transmisión y permitiendo realizar movimientos lentos de gran precisión.

El movimiento para la variación de la inclinación se efectúa, según los modelos comerciales de seguidores, mediante motor eléctrico o bien mediante un grupo hidráulico con electro-válvulas pilotados electrónicamente, que accionan unos pistones o actuadores hidráulicos, que son los encargados de modificar la inclinación de la estructura.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	69		

El sistema de control suele incluir un anemómetro, a fin de proteger al seguidor de posibles vientos muy fuertes, orientándolos en ese caso de forma que sus efectos sean mínimos. Asimismo, mediante el sistema de control se puede forzar que el panel adopte una posición adecuada para operaciones de limpieza, o para evitar que se acumule la nieve.

Al anochecer, el seguidor se orienta automáticamente hacia el Este, para esperar la salida del Sol a la mañana siguiente, aunque también es posible hacer que los paneles adopten una posición horizontal para prevenir, por ejemplo, actos vandálicos.

La precisión de apuntamiento al Sol de un buen seguidor tiene un margen de error del orden de un grado. Al mismo tiempo, su robusta estructura debe resistir vientos de más de 150 km/h.





Fig. 3.23 Detalle de la parte superior del mástil de un seguidor a dos ejes. Se puede ver el motor encargado del movimiento azimutal y otro motor (un poco más arriba y a la izquierda del primero) que actúa girando el eje horizontal del seguidor, para variar el ángulo de inclinación.

Por motivos de ahorro, cada vez se fabrican seguidores de mayor tamaño, destinados a las grandes plantas fotovoltaicas, llegando a superficies de $200m^2$, lo que permite albergar en una sola estructura más de 30 kW de potencia de paneles.

Respecto a la vida útil de un seguidor, no debería ser inferior a los 30 años, con un mantenimiento moderado; de ahí la importancia de extremar la calidad del proceso de su construcción.

Actualmente, la industria de los seguidores solares está dividida entre los que defienden las ventajas de uno u otro sistema de seguimiento. Por otra parte, los argumentos de los que prefieren un sistema estático (simplicidad, robustez, menor impacto ambiental, mínimo mantenimiento...) también deben ser tenidos en cuenta.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	70		



Los seguidores de gran tamaño, en el caso de necesitar una base de hormigón para su sustentación en el terreno o unas zapatas de tamaño acorde con el peso de la estructura y la fuerza del viento, causan un impacto adicional, ya que el hormigón es difícil de reciclar y caro de eliminar y transportar, cuando la planta finalice su vida útil.

Para seguidores pequeños, existe una alternativa para su fijación al suelo sencilla y ecológica, mediante un tornillo de gran tamaño (unos 2 metros) que se introduce en el suelo, supuesto que el terreno sea adecuado para ello.

Parece probado que el gasto energético total en la fabricación del seguidor y en su transporte e instalación es menor (por kilovoltio instalado) en los sistemas de seguimiento que en los sistemas estáticos, alcanzando su mínimo valor en el caso de los seguidores de doble eje. Sin embargo, como aspecto negativo de este último sistema, debe mencionarse el hecho de que necesitan más terreno que los de eje único, pues el sombreado de unos heliostatos sobre otros es más acusado y, por tanto, es necesario situarlos a bastante distancia unos de otros.



Fig. 3.24 Sistema de "tornillo gigante", que permite enclavar de forma sencilla y segura (siempre que el suelo reúna unas mínimas condiciones) directamente en la tierra el mástil de un seguidor pequeño, "evitando la necesidad de excavar y hormigonar.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
			Página		71

3.20 INVERSORES

Convierten la corriente continua en corriente alterna, regulan la tensión de salida proporcionando una onda lo más senoidal posible, sin armónicos. Se clasifican por su potencia nominal de salida, sin embargo existen otros parámetros a considerar como son:

El tipo de onda: cuadrada, senoidal, modificada (cuasi - senoidal) Voltaje para protecciones.

Para el caso concreto de los sistemas fotovoltaicos, los inversores tienen su principal aplicación en instalaciones donde la demanda de energía es en corriente alterna. Cuando la potencia producida es grande que no conviene distribuirla en corriente directa.

Los inversores se fabrican considerando dos etapas convertidoras: Una sintetizadora y otra filtradora.

La etapa sintetizadora: Produce una onda de impulsos a partir de una tensión CD.

La etapa filtradora: Se ocupa de eliminar los armónicos indeseados de la onda de impulsos para tener a la salida de esta etapa una señal totalmente senoidal.

3.21 TIPOS DE INVERSORES

3.21.1 Inversores de corriente

La misión de los inversores de corriente, es convertir la corriente continua de 12, 24 48 etc., Volt almacenada por la batería, en corriente alterna de 127-220 Volt.

Existen también inversores y equipos preparados para ser conectados a una red pública de suministro de energía eléctrica, que nos permiten inyectar en dicha red la energía fotovoltaica que nos sobre y poder de esta forma cobrar los kWh sobrantes que nosotros hemos generado.

3.21.2 Inversor Cargador

Un inversor/cargador es un dispositivo que además de convierte la corriente continua (CC) a corriente alterna (CA), a su vez tiene la función inversa, transformar la CA en CD y tener la capacidad de recargar el banco de baterías.

Cuando la energía Fotovoltaica no se encuentra disponible, el inversor es capaz de proveer energía a las cargas, mediante el banco de baterías, y por medio de un generador de electricidad, llevar a cabo el proceso de carga de baterías.

3.21.3 Inversores de onda cuadrada

La corriente continua se hace pasar a través de un transformador, primero en una dirección y luego en la otra, mediante un sistema de conmutación. El dispositivo de conmutación que cambia la dirección de la corriente debe actuar con rapidez. A medida que la corriente pasa a través de la cara primaria del transformador, la polaridad cambia 120 veces cada segundo. Como consecuencia, la corriente que sale del secundario del transformador va alternándose, con una frecuencia de 60 ciclos

completos por segundo. La dirección del flujo de corriente a través de la cara primaria del transformador se cambia muy bruscamente, de manera que la forma de onda del secundario es cuadrada

3.21.4 Inversores de onda senoidal modificada

Son más sofisticados y caros. Utilizan técnicas de modulación de ancho impulso. El ancho de la onda es modificada para acercarla lo más posible a una onda senoidal. La salida no es todavía una auténtica onda senoidal, pero está bastante próxima. El contenido de armónicos es menor que en la onda cuadrada. En el gráfico se representa en color azul. Son los que mejor relación calidad/precio ofrecen para la conexión de iluminación, televisión o variadores de frecuencia.

3.21.5 Inversores de onda senoidal:

Con una electrónica más elaborada se puede conseguir una onda senoidal pura. Las eficiencias típicas son de más del 90%, la incorporación de microprocesadores permiten funciones de: telecontrol, medición de energía consumida. El costo es mayor que el de los inversores de onda cuadrada o cuasi-senoidal, sólo algunos motores de inducción, aparatos de control y equipo médico requieren una forma de onda senoidal pura.

Para otro tipo de carga es preferible utilizar inversores menos caros pero eficientes.

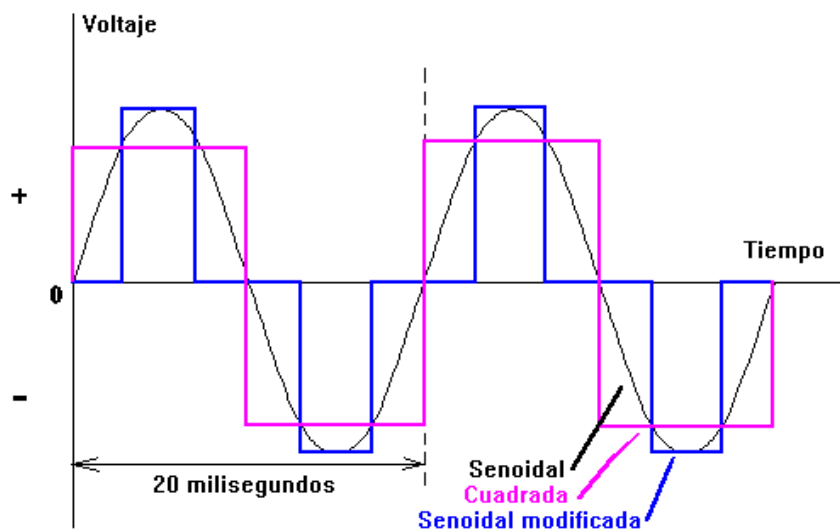




Fig. 3.25 Diferentes formas de onda en corriente alterna¹¹

3.22 SELECCIÓN DEL INVERSOR

La suma de las potencias de los equipos a operar simultáneamente deberá ser cuando mucho el 80% de la potencia nominal del inversor, si el inversor opera continuamente las 24 horas se deberá seleccionar uno que al menos tenga 90% de eficiencia. Si el uso será esporádico, se podrá optar por

¹¹ Fig. 3.25 Recuperado de http://factorelectrico.blogspot.mx/2014_12_01_archive.html

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	73		

uno de baja eficiencia que será mucho más económico. El voltaje del inversor se especifica tanto por el voltaje de entrada en CD (12, 24, 48, etc.) como el voltaje de salida en AC (127 ó 220). La calidad de energía” requerida por la carga es la que define el tipo de onda que producirá el inversor: cuadrada, senoidal o cuasi-senoidal.

Por ejemplo:

Un taladro podrá operar perfectamente con cualquier tipo de onda, sin embargo un televisor a color, una PC, etc. requiere por lo menos que la onda sea cuasi-senoidal.

El siguiente punto a considerar en la selección son las protecciones como:

Protección por alto y bajo voltaje, protección contra inversión de polaridad, protección contra descargas atmosféricas, microprocesador, etc., se deberá de considerar que entre más cualidades tenga el aparato, más costoso será.

3.22.1 Potencia Pico

Capacidad de resistir potencias pico producidas por cargas inductivas que se generan, al inicio de operación de las cargas durante breves instantes, sin que se colapse el inversor (arranque de motores, arranque de lámparas fluorescentes, etc.).



3.23 DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR

Los inversores deben dimensionarse considerando los Watts de potencia eléctrica que el inversor puede suministrar durante su funcionamiento normal de forma continua. Los inversores son menos eficientes cuando se utilizan a un porcentaje bajo de su capacidad. Por esta razón no es conveniente sobredimensionarlos, deben ser elegidos con una potencia lo más cercana posible a la de la carga de consumo.

Otra forma de dimensionar el inversor es mediante la potencia de arranque. Algunos inversores pueden suministrar más de su capacidad nominal durante períodos cortos de tiempo. Esta capacidad es importante cuando se utilizan motores u otras cargas que requieren de 2 a 7 veces más potencia para arrancar que para permanecer en marcha una vez que han arrancado (motores de inducción, lámparas de gran potencia).

3.24 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE INVERSORES PARA INTERCONEXIÓN A LA RED

- ❖ Operar en un amplio Rango de voltajes de CD a la entrada.
- ❖ Poseer autoprotecciones y seguridad hacia el usuario.
- ❖ Regular el voltaje y la frecuencia de salida.
- ❖ Proporcionar potencia AC a las cargas o a la red eléctrica con una determinada calidad de suministro.
- ❖ Realizar el Seguimiento del Punto de Máxima Potencia si están directamente conectados al generador fotovoltaico.
- ❖ Operar en un amplio rango de condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa.
- ❖ Poseer interfaces con otros modelos del sistema o controlar el sistema.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	74		

- ❖ Satisfacer las necesidades de seguridad exigidas en la conexión a red.

3.25 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.

Se denomina sistema fotovoltaico al conjunto de módulos conectados eléctricamente en serie o paralelo para conseguir electricidad necesaria por medio de energía solar para que funcione una aplicación concreta, de forma fiable.

Las características del arreglo son análogas a la de módulos individuales, con la potencia, corriente y voltaje modificados de acuerdo al número de módulos conectados en serie y en paralelo. Para la conexión en serie se aumenta el voltaje y para la conexión en paralelo se aumenta la corriente.

En un principio se pensó que las instalaciones solares fotovoltaicas que más proliferarían sería las “aisladas”, y así fue durante unos años, pero en la actualidad se han impuesto las conectadas a la red, ya que se pueden dimensionar de forma que sean más rentables. De todas formas las instalaciones fotovoltaicas aisladas cumplen una función social (dar electricidad a poblados subdesarrollados y zonas rurales) muy importante por lo que seguirán extendiéndose.

Generalmente, un único módulo fotovoltaico no suele ser suficiente para satisfacer las necesidades de una determinada aplicación al igual que la intensidad luminosa, la energía que se suministra un módulo también es variable, y en siempre forma de corriente continua, por lo que suele ser necesario su almacenamiento y su transformación. La figura nos muestra las funciones principales de un sistema fotovoltaico.

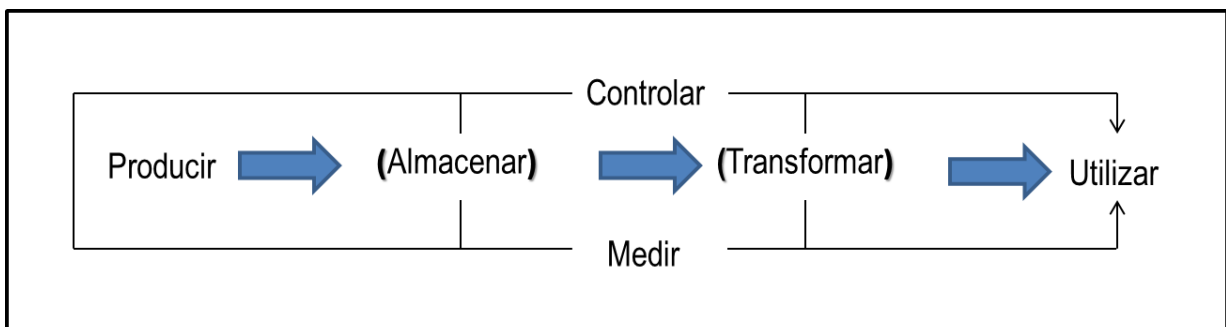




Fig.3.26 funciones principales de un sistema fotovoltaico.¹²

Las funciones entre paréntesis no siempre tienen lugar, ya que depende de cada caso como veremos más adelante. En cuanto a la función “controlar” es indispensable para evitar que los componentes sufran averías. De este modo la instalación tendría una vida útil más larga, sobre todo para el caso de la batería que es la que suele tener una duración más corta. La función “medir” es muy importante para tener una información precisa de cómo está funcionando el sistema.

Para la elección del sistema solar fotovoltaico adecuado a cada caso y la de sus componentes (número de paneles, capacidad de batería, etc.), se debe estudiar la zona, los datos meteorológicos

¹² Fig. Elaborado por O.M Y R.I.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	75		

locales, las necesidades eléctricas diarias, y teniendo cuidado de no sobre dimensionar el sistema, que los único que consigue es aumentar los costos.

3.25.1 Componentes de un sistema eléctrico fotovoltaico

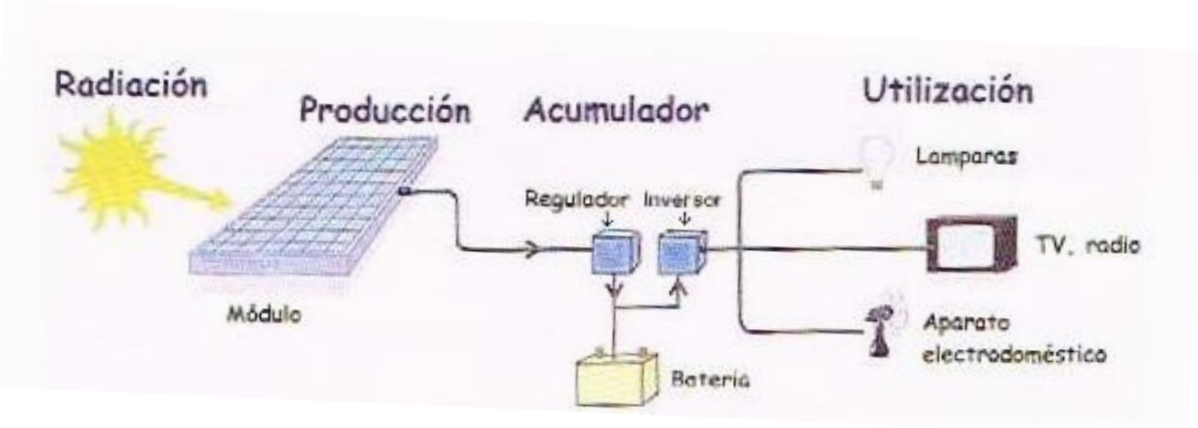


Fig.3.27 Instalación solar fotovoltaica: principio de funcionamiento y componentes principales.

Aunque los epígrafes anteriores de este capítulo puede decirse que ya hemos estudiado los principales componentes de una instalación solar fotovoltaica (celdas, paneles, inversores, etc.), vamos a darles un repaso.



Modulo (o panel) solar: Es un conjunto de celdas fotovoltaicas que recibe las radiaciones solares y las convierte en una corriente eléctrica continua.

Regulador de la corriente recibida o Regulador de carga: Para regular el paso de la electricidad desde los módulos a los puntos de consumo o la batería, garantizado una larga vida útil para la misma. Téngase en cuenta que las instalaciones solares fotovoltaicas, las baterías están sometidas a ciclos de carga y descarga constantes, por lo que sufren mucho si la regulación no es buena. El regulador controla la atención (V) y la corriente (I) y también las siguientes informaciones: indicación de la batería en proceso de carga, indicación de batería cargada totalmente, y protección contra carga excesiva. Tienen también sensores de temperatura para que la carga se desarrolle correctamente.

Batería: para guardar la electricidad para los momentos sin sol. Está sometida a continuos ciclos de carga y descarga

Inversor. Transformar la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA), que es la más utilizada actualmente.

Aparatos receptores: (lámparas, televisión, electrodomésticos, etc.)

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	76		

3.26 TIPOS DE SISTEMAS ELÉCTRICOS SOLARES FOTOVOLTAICOS

3.26.1 Alimentación directa

Es de los sistemas más simples ya que la energía fotovoltaica se utiliza directamente de los paneles. En este caso, las funciones se reducen a “producir” y “utilizar”. El aparato que queremos hacer funcionar, sólo lo hará mientras haya luz suficiente para suministrar la energía demandada.

Es un sistema interesante para todas las aplicaciones que no necesitan funcionar períodos de oscuridad es decir, cuando las necesidades de energía coinciden con la presencia de luz. Si hay luz, opcional, sino la hay, se para. Sin embargo, es necesario calcular el panel o las celdas solares de manera que tenga suficiente potencial para alimentar el aparato con la luz más débil posible. Esto a la vez es una limitación, ya que no siempre se podrá beneficiar de las luminosidades más altas. Al no existir almacenamiento, no hay posibilidad de aprovechar el superávit de energía solar.

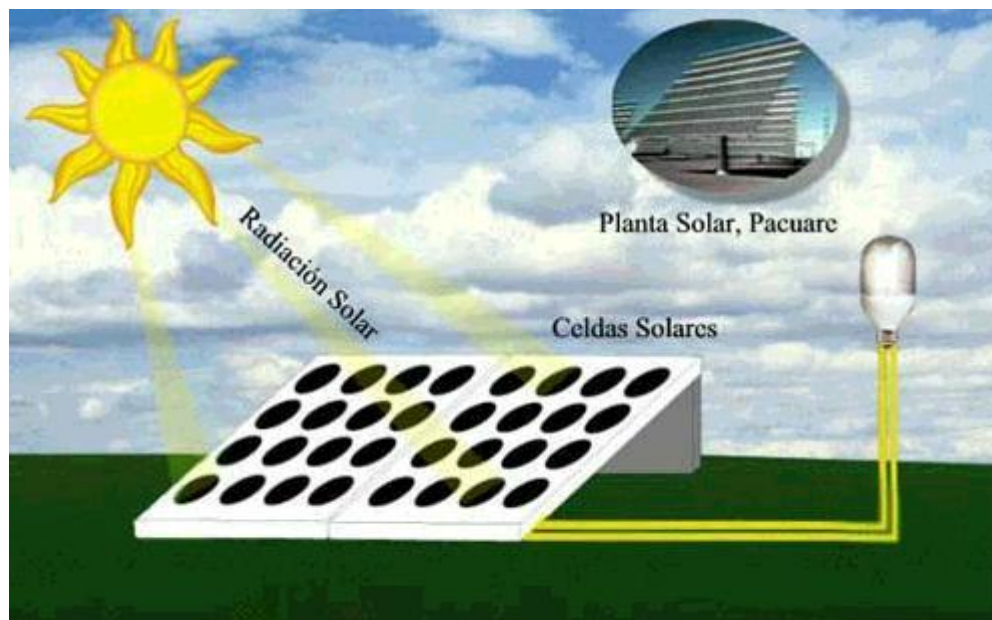




Fig.3.28 Alimentación directa¹³

3.26.2 Sistemas autónomos con almacenamiento

Son las que se construyen para darse suministro de electricidad a casas o instalaciones aisladas donde no llega la red de distribución eléctrica. Se utilizan en los casos donde está muy alejada la red eléctrica o donde ni siquiera hay redes eléctricas (cercanas o lejanas). En una señal de carretera, que se surte con un pequeño panel fotovoltaico, o en un pequeño puesto meteorológico en lo alto de una montaña, donde no es económico tender un cable hasta la red eléctrica.

¹³ Fig. 3.28 Recuperado de <http://www.unioviado.es/ate/alberto/fotovoltaico.htm>

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	77		

Es el sistema más común de los sistemas autónomos llamado “Stand-Alone System”. El conjunto funciona normalmente con corriente continua (CD), lo que es preferible ya que es más simple. Sin embargo, muchos de los aparatos receptores que deben funcionar con esa energía como base, son de corriente alterna (CA), y necesitarán un convertidor CD/CA para funcionar. Simplemente porque es la corriente que se ha impuesto. Muchos aparatos sólo están diseñados para funcionar con CA.

En un sistema de este tipo, la batería se carga durante el día, y sirve de “depósito” energético permanente, como una cisterna de agua del sistema de bombeo solar que hemos visto. Esta batería puede recibir en un momento dado una determinada corriente de carga, y suministrar una corriente de descarga de Valor diferente. Los aparatos que queremos hacer funcionar, se conectan con la batería a través de un regulador de carga. Una vez que la batería está totalmente cargada, el citado regulador cortar la línea para evitar que se sobrecargue. Con este corte de línea de carga perdemos una parte de la energía producida, sobre todo en verano.

Cuando el aparato receptor tiene que funcionan como corriente alterna (CA), se coloca antes del mismo un convertidor CD/CA. Esto tiene sus consecuencias:

Aumento del coste y volumen de la instalación.

Reducción del rendimiento energético (el rendimiento del convertidor es siempre inferior al 100% de energía).

Riesgo de descontrol del sistema, en caso de que se produzca un problema en el inversor, ya que toda la línea eléctrica se alimenta a través suyo

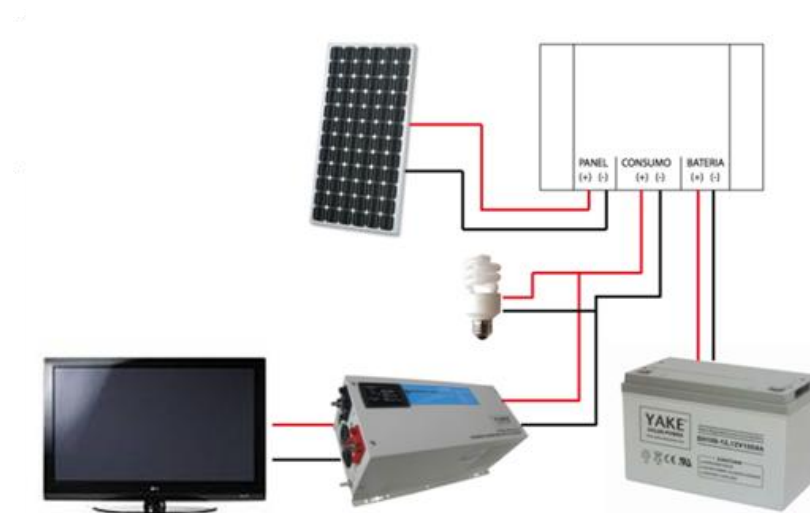




Fig.3.29 Sistemas autónomos con almacenamiento

3.26.3 Sistemas autónomos híbridos

Una de las limitaciones de un sistema autónomo puramente fotovoltaico es, como acabamos de describir, que suministra una potencia determinada, variable según estación del año, pero que no se

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	78		

puede sobrepasar, ya que pondríamos en riesgo la batería. Pero los sistemas se deben adaptar a las necesidades modernas de los consumidores, que no coinciden con las estaciones del año.

En un sistema híbrido se dispone de otra fuente de electricidad autónoma que viene a completar el aporte fotovoltaico. Esta otra fuente puede ser un grupo electrógeno (llamado “generador”) o un grupo eólico. El grupo eólico es una buena solución en zonas de viento. En especial durante las épocas menos soleadas. Cuando se dispone de un buen suministro de diesel, el generador es más cómodo, ya que lo podemos hacer funcionar a voluntad. Además puede servir para recargar la batería.





Fig.3.30 Sistemas autónomos híbridos¹⁴

3.26.4 Sistemas interconectados a la red

Es un conjunto de módulos fotovoltaicos se instala del suelo o el tejado de un edificio, y la energía eléctrica que producen dicho módulos, en lugar de ser almacenada baterías como se hace en los sistemas autónomos, se inyecta directamente en la red de distribución eléctrica a través de un

¹⁴ Fig. 3.30 Recuperado de http://ecohabitat-pv.blogspot.mx/2011/10/blog-post_481.html

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	79		

convertidor especial (convierte la corriente continua de los módulos en corriente alterna compatible con la de la red).

En este caso la instalación está cerca de una red de distribución por lo que la electricidad producida se puede vender a la red. Si en hora pico, se tiene un exceso de producción se puede enviar a la red eléctrica, y obtener un beneficio económico. Este sistema es como una mini-central eléctrica que envía “kWh ecológicos” a la red eléctrica de la zona.

Para obtener el máximo rendimiento, estas mini-centrales deben estar situadas cerca de una red eléctrica, orientar los paneles hacia el sur, diseñar adecuadamente la instalación y utilizar equipos de calidad

Esta corriente “inyectada” pasa a través de un contador especial que gira también en sentido contrario cuando el consumidor se está suministrando electricidad verde a la compañía eléctrica, para saber el balance entre la energía recibida de la red y la enviada.



Los defensores de esta solución tratan de que el precio de compra sea lo más elevado posible, para que resulte rentable la instalación de sistemas fotovoltaicos.

Los primeros sistemas fotovoltaicos conectados a la red estaban generalmente asociados a una vivienda individual, y tenían por misión producir la energía equivalente al consumo, teniendo la red eléctrica el papel de batería dando energía durante la noche o en el invierno cuando la energía solar no cubría las necesidades de la vivienda (caso de los países templados). En esta línea, Japón puso en marcha un ambicioso programa en el año 1994, seguido por Alemania a partir del 1999, para conseguir 100. 000 “tejados solares” y viviendas individuales, principalmente. El así, en 4 años Japón instaló 65.700 sistemas, con una potencia acumulada de 345 MW.

En la actualidad se construyen sistemas más grandes para bajar todo lo posible los costos de fabricación y el costo de la energía producida. Ya no se habla de sistemas si no de centrales fotovoltaicas que pueden ser comparadas a las eólicas. Una central fotovoltaica conectada a la red puede ser de tres tipos según su ubicación (en un campo libre, sobre un edificio o integrada en una construcción).

Se conectan a la red de distribución eléctrica de la zona en la que están situados. Suelen instalarse en zonas soleadas, edificios, viviendas, oficinas, empresas, etc., Para disponer una fuente energética renovable.

La gran ventaja de estos sistemas es la ausencia de baterías. No se almacena la energía, se inyecta directamente en la red eléctrica local o nacional, sin límite cuantitativo, ya que aprovechamos toda la energía. Se instala un contador que funciona en sentido cuando se consume electricidad, y en el sentido contrario cuando se producen y se envía a la red. También es necesario convertir la corriente continua de los paneles en alterna, a través de un convertidor, que debe estar homologado por la compañía eléctrica receptora (es necesario respetar las normas de calidad “sinusoidal” de la corriente.)

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
			Página		80

Estos sistemas fotovoltaicos conectados a la red, no son “suministros de socorro” para caso de cortes en la red eléctrica, ya que no tiene ningún sistema de almacenamiento.



En algunos casos, se agrega al sistema una batería de ayuda para los cortes de pequeña duración.

Este sistema tiene ventajas sobre un autónomo: Aprovechamiento de la totalidad de la energía fotovoltaica producido por los paneles (el almacenamiento es ilimitado). Ahorro del orden del 40 por ciento en las inversiones necesarias (no se necesitan baterías).

Mantenimiento muy reducido. Las baterías suelen ser las que más mantenimiento requieren, y aquí no están presentes. Mayor vida útil del sistema.

Esta solución es más rentable que la alimentación fotovoltaica independiente, pero desgraciadamente aún es cara en comparación con electricidad de la red. Sin embargo, gracias a los incentivos (ayudas, exenciones fiscales, financiación), son muchas las instalaciones que se han hecho estos últimos años en todo el mundo (Alemania, España, USA, Italia, Suiza, México, Argentina, etc.).

Contrariamente a lo que se podría pensar en un primer momento, no se deben montar un panel de 50W para alimentar a un aparato que consume 50 W. No es así de simple. Razonar de esta forma, en salida del parámetro “tiempo”, que es esencial. En efecto, un panel de 50W suministrara a esta potencia únicamente bajo una fuerte radiación solar, durante un periodo de tiempo variable (algunas horas al día). El tiempo restante, producirá menos (nada durante la noche). Se ve claramente, que no vamos a disponer de 50 W durante todo el tiempo con este panel.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3			TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA
	Página	81		

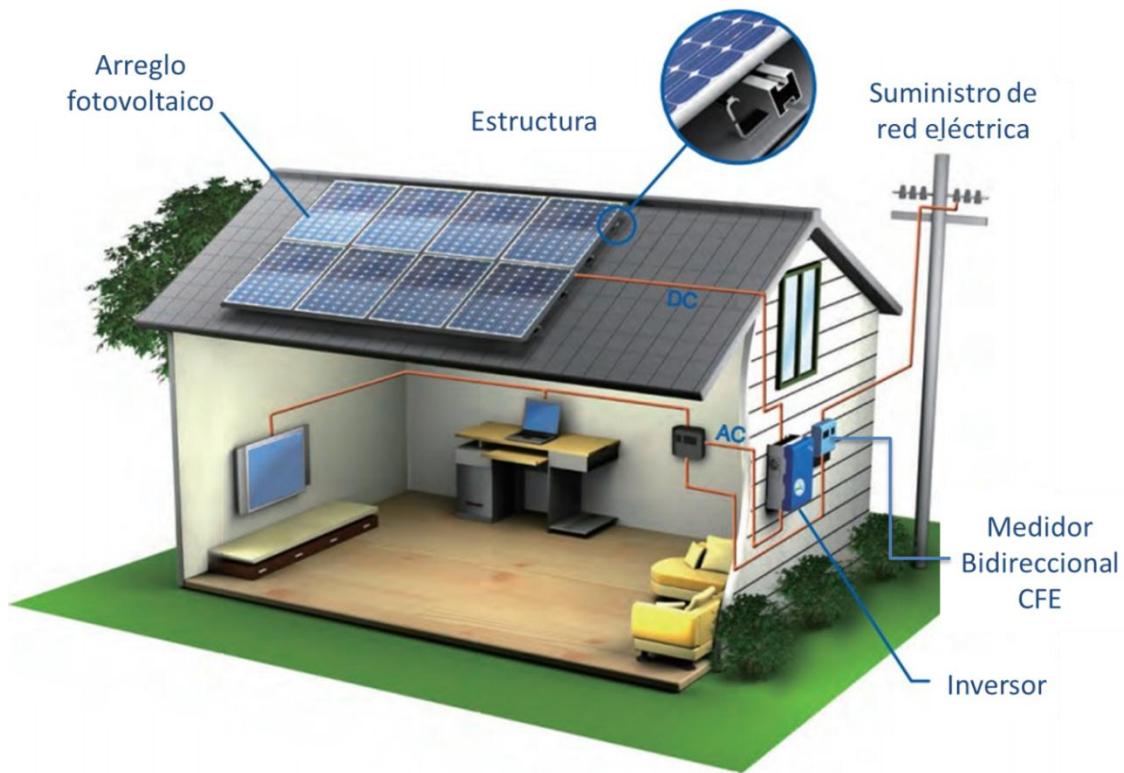


Fig. 3.31 instalación fotovoltaica con conexión a la red eléctrica¹⁵

3.27 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA INTERCONEXIÓN A LA RED (CFE)

Medidor electrónico de:



- Clase 15 de 100 Amperes o clase 30 de 200 Amperes, según corresponda a la carga y tipo de medición del cliente.
- 1, 2 o 3 fases y rango de 120 a 480 Volts, base tipo "S", formas 1S, 2S, 12S o 16S.
- Exactitud de 0.5% de acuerdo a la especificación de CFE GWH00-78.
- Medición en kWh bidireccional.

Calidad de la energía:

Valores máximos permitidos en la operación:

- ✓ Componente armónico individual máximo de tensión: 6%.
- ✓ Distorsión armónica total de tensión: 8%.
- ✓ Desbalance máximo permitido en la tensión: 3%.
- ✓ Desbalance máximo permitido en la corriente: 5%.
- ✓ Distorsión armónica total permitido es $THD_{MV} = 6.5\%$

¹⁵ Fig. 3.31 <http://www.renobat.eu/es/comunicacion/articulos/157-energia-solar-fotovoltaica-la-instalacion-fotovoltaica>

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	82		

Con interface de puerto óptico tipo 2 en la parte frontal del medidor, para programar, interrogar y obtener todos los datos del medidor.

Programable para que cada fin de mes y estación realicen un restablecimiento de demanda, reteniendo en memoria las lecturas de tarifas horarias (congelamiento de lecturas), para su acceso tanto en pantalla, como mediante el software propietario.

Con memoria no volátil para almacenar los datos de programación, configuración y tarifas horarias.

Con pantalla que muestre tarifas horarias.

Programables para que proporcione valores de:

4 diferentes tarifas, 4 diferentes días, 4 diferentes horarios, 4 estaciones y cambio de horario de verano.

Consumo de energía activa y reactiva, entregada y recibida, para cada una de las 4 tarifas, de los 4 diferentes días, de los 4 diferentes horarios y de las 4 diferentes estaciones.

Demanda rolada en intervalos de 15 minutos y subintervalos de 5 minutos, para la potencia entregada, en cada una de las 4 tarifas, de los 4 diferentes días, de los 4 diferentes horarios y de las 4 diferentes estaciones.

Valores totales por tarifa y total de totales.

Dispositivo para el restablecimiento de la demanda.

Compatible con computadora personal portátil.

Memoria masiva para almacenar un mínimo de 2 variables cada 5 minutos un mínimo de 35 días.

Reloj calendario programable en base a la frecuencia de la línea o al cristal de cuarzo.

Batería de respaldo para el reloj y la memoria masiva con vida útil mínima de 5 años y capacidad mínima para 30 días continuos o 365 días acumulables.



Capacidad para colocar el medidor en modo de prueba, ya sea por software o hardware indicando que está operando en este modo.

Pantalla para que mediante un dispositivo muestre en forma cíclica la información del modo normal, modo alterno y modo de prueba.

Los inversores deben cumplir con la Norma IEC61800-2: "General requirements rating specifications for low voltage adjustable frequency a.c. power driver systems".

El suministrador realizará al equipo las siguientes pruebas:

- Verificación de parámetros de salida: frecuencia, tensión y corriente.
- Prueba de operación anti-isla.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 3		TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	
	Página	83		

3.28 Centrales solares fotovoltaicas.

También se les conoce con el nombre de “huertos solares”. Vimos el caso anterior de una casa cuya finalidad principal es producir electricidad solar para su propio consumo pero que vende el exceso de electricidad solar producido a la red eléctrica.

En el caso de los huertos solares, su única finalidad es vender la electricidad a la red eléctrica. Este tipo de instalaciones suele ser muy grande para optimizar la producción. La fig. 3.32 nos presenta un huerto solar.





Fig. 3.32 Central solar fotovoltaica.¹⁶

¹⁶ Fig.3.32 Recuperado de <http://www.axialenergysolutions.com/proyectos-centrales-solares/?lang=en>

CAPÍTULO 4. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO



	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 4		DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO	
	Página	84		

4.1 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Para el diseño y el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica, partimos de los datos del lugar a instalar el sistema, en este caso se obtienen datos geográficos que hacen referencia a la “Unidad Acuícola Experimental” de la FES Zaragoza, ubicada en Iztapalapa, México D.F. con la siguiente localización:

Localización geográfica (longitud, latitud, altitud y declinación magnética).

Datos obtenidos de la Estación Meteorológica de la FES Zaragoza, ubicada en el centro de acopio del Campus II.

Latitud	19° 22” 24”	19.37
Longitud	99° 02” 02”	-99.03
Altitud	2257 m	
Declinación magnética	7°	

Iztapalapa, D.F., México, FES Zaragoza Campus II.

En las siguientes tablas observamos algunos parámetros necesarios para el dimensionamiento del sistema, estos datos son obtenidos de la “NASA Surface meteorology and solar energy” son correspondientes a la latitud y longitud de nuestro punto de estudio.



NASA Superficie meteorología y Energía
Solar - Tablas disponibles



Latitud **19.37** / Longitud **-99.03** fue elegido.

Geometría Información

Altitud: **1928** metros tomados de la NASA GEOS-4 modelo de elevación

Northern límite **20**
Centro
Western límite **-100** Latitud **19.5** Este límite **-99**
Longitud **-99,5**
Frontera sur de **19**

PARÁMETROS PARA DETERMINAR EL TAMAÑO Y LA PUNTERÍA DE LOS PANELES SOLARES Y PARA APLICACIONES SOLARES TÉRMICAS:

Incidentes mensual promedió insolación sobre una superficie horizontal (kWh / m ² / día)													
Latitud 19.37 Lon -99.03	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio Anual
22 años de media	4,78	5,73	6,55	6,50	6,24	5,60	5,51	5,42	4,95	4,92	4,81	4,49	5,45

Diferencia mínima y máxima de insolación mensual promedio (%)												
Latitud 19.37 Lon -99.03	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Mínimo	-21	-11	-16	-11	-13	-15	-11	-19	-20	-14	-12	-6
Máximo	13	13	11	14	12	15	12	14	12	18	10	8

PARÁMETROS PARA LOS PANELES SOLARES INCLINADOS:

Incidentes mensual promedió radiación sobre una superficie inclinada Ecuador Puntas (kWh / m ² / día)													
Latitud 19.37 Lon -99.03	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio Anual
SSE HRZ	4,78	5,73	6,55	6,50	6,24	5,60	5,51	5,42	4,95	4,92	4,81	4,49	5,45
K	0,62	0,66	0,67	0,61	0,57	0,51	0,50	0,51	0,49	0,55	0,61	0,61	0,57
Difusa	1,18	1,27	1,49	1,96	2,24	2,37	2,38	2,28	2,10	1,71	1,28	1,14	1,79
Directa	6,59	7,41	7,68	6,55	5,71	4,62	4,48	4,48	4,22	5,15	6,28	6,32	5,78
Inclinación 0	4,74	5,68	6,47	6,38	6,21	5,57	5,48	5,31	4,88	4,87	4,77	4,34	5,39
Inclinación 4	5,00	5,90	6,61	6,41	6,16	5,61	5,51	5,31	4,93	5,00	5,00	4,57	5,50
Inclinación 19	5,77	6,51	6,87	6,29	5,79	5,59	5,46	5,13	4,97	5,33	5,68	5,29	5,72
Inclinación 34	6,23	6,76	6,77	5,86	5,14	5,30	5,15	4,73	4,77	5,38	6,05	5,71	5,65
Inclinación 90	4,85	4,50	3,47	2,17	1,75	2,43	2,29	1,83	2,35	3,33	4,51	4,46	3,15
OPT	6,34	6,76	6,88	6,41	6,21	5,63	5,52	5,31	4,98	5,40	6,11	5,82	5,94
OPT ANG	46,0	36,0	22,0	6,00	0,00	10,0	8,00	1,00	14,0	29,0	43,0	46,0	21,6

NOTA: La radiación difusa, radiación normal directa y radiación de la superficie inclinada no se calculan cuando el índice de claridad (K) está por debajo de 0,3 o por encima de 0,8.

METEOROLOGÍA (TEMPERATURA):

Mensual de la temperatura del aire en promedio de 10 m sobre la superficie de la Tierra (° C)													
Latitud 19.37 Lon -99.03	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio Anual
22 años de media	12,8	14,4	16,7	18,8	19,5	18,5	18,0	18,0	17,3	15,9	14,4	13,0	16,4
Mínimo	7,42	8,47	10,3	12,8	14,2	14,6	13,7	13,6	13,7	11,9	9,86	8,03	11,5
Máximo	18,8	20,7	23,2	24,8	24,9	23,0	22,7	23,0	21,6	20,5	19,8	18,9	21,8

METEOROLOGÍA (VIENTO):

Velocidad del viento mensual en promedio de 10 m sobre la superficie de la tierra por un terreno similar a los aeropuertos (m / s)													
Latitud 19.37 Lon -99.03	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio Anual
Promedio de 10 años	3,07	3,25	3,55	3,44	3,08	2,87	2,80	2,58	2,43	2,61	2,85	2,94	2,95

Se recomienda que los usuarios de estos datos de viento revisar la SSE *Metodología*. El usuario puede desear para corregir las desviaciones, así como efectos locales dentro de la región de red seleccionada.

Todas las medidas de altura son de la tierra, el agua o el hielo / superficie de la nieve en lugar de la superficie "efectiva", que se suele tomar para estar cerca de la parte superior de doseles de vegetación.

METEOROLOGÍA (OTROS):

Humedad relativa promedio mensual (%)													
Latitud 19.37 Lon -99.03	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio Anual
22 años de media	59,7	53,2	45,6	46,8	55,1	70,3	68,9	68,6	74,0	72,0	67,5	63,9	62,2

4.1.1 Balance energético

Es indispensable que para todo dimensionado se realice el balance energético correspondiente, esto para poder obtener la energía solicitada del lugar en cuestión y así poder considerar lo que se desea instalar ya sea cubriendo solo un porcentaje o toda la demanda de energía solicitada.

Especificación de cargas en la Unidad Acuícola Experimental¹:

DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA [w]	Hrs/Día	CONSUMO TOTAL (Wh/Día)
Lámparas	14	32	3	1344
Calentadores	24	300	0.8	5760
Bomba	1	1800	1	1800
Laptop	2	120	2	480
POTENCIA TOTAL REQUERIDA:	9384 Wh			

ENERGÍA SOLICITADA POR DÍA: **9.384 kWh**

ENERGÍA SOLICITADA MENSUALMENTE: **281.52 kWh**



Parámetro de radiación solar FES Zaragoza

Tabla 4.1 Parámetros de radiación obtenidos de NASA Surface meteorology and Solar Energy.

MES	HORIZONTAL	LAT	LAT+15	LAT-15	90°
ENERO	4.74	5.77	6.23	5.00	4.85
FEBRERO	5.68	6.51	6.76	5.9	4.50
MARZO	6.47	6.87	6.77	6.61	3.47
ABRIL	6.38	6.29	5.86	6.41	2.17
MAYO	6.21	5.79	5.14	6.16	1.75
JUNIO	5.57	5.59	5.3	5.61	2.43
JULIO	5.48	5.46	5.15	5.51	2.29
AGOSTO	5.31	5.13	4.73	5.31	1.83
SEPTIEMBRE	4.88	4.97	4.77	4.93	2.35
OCTUBRE	4.87	5.33	5.38	5.00	3.33
NOVIEMBRE	4.77	5.68	6.05	5.00	4.51
DICIEMBRE	4.34	5.29	5.71	4.57	4.46
PROMEDIO ANUAL	5.39	5.72	5.65	5.50	3.15

HORAS PICO: 5.72

¹ Hoja de cálculo balance energético Anexo B digital balance de cargas.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 4			DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO
		Página		87

Potencia a instalar (P_p):

$$P_P = P_{ef} / (n_{global})$$

Donde:

P_{ef} = Potencia efectiva.

n_{global} = Eficiencia global.

$$n_{global} = n_{inversor} \cdot n_{cables} \cdot n_{temperatura}$$

$$P_{ef} = P_{diaria} / \text{Horas Pico}$$

Eficiencias estimadas:

$$n_{inversor} = 0.95$$

$$n_{cables} = 0.95$$

$$n_{temperatura} = 0.90$$

$$n_{global} = (0.95)(0.95)(0.90) = 0.81225$$

$$P_{ef} = \frac{9.384 \text{ kWh}}{5.72h} = 1.64 \text{ kW}$$

$$P_{ef} = 1.64 \text{ kW}$$

$$P_P = \frac{1.64 \text{ kW}}{0.81225} = 2.02 \text{ kW}$$

$$P_P = 2.02 \text{ kW}$$

4.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema fotovoltaico es con interconexión a la red; consta del arreglo fotovoltaico que conecta a un inversor anti-isla por medio de la caja de desconexión, la salida del inversor llega al tablero de distribución de cargas que a la vez también conecta con el medidor bidireccional CFE.

Esquema unifilar.

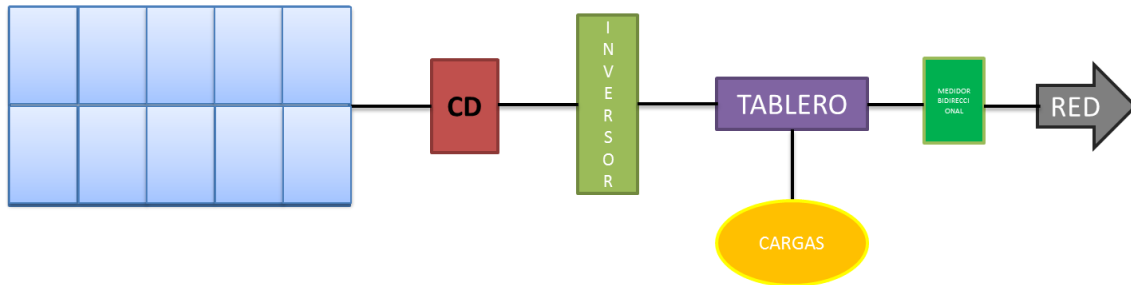


Fig. 4.1 Esquema unifilar para interconexión a la red.

4.3 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Selección del Inversor.

La potencia que se pretende instalar es de 2 kWh, por esta razón el inversor elegido debe cumplir con este requerimiento de potencia.

A continuación se especifican los datos técnicos del inversor seleccionado satisfaciendo la NOM-001 SEDE 2005.

Inversor FRONIUS IG 2000 ²
$P_{Pmax} = 2400 \text{ W}$
$V_{max} = 500 \text{ V}$
$V_{mppt} = 150 - 450 \text{ V}$
$V_{arranque} = 170 \text{ V}$
$I_{max} = 13.6 \text{ A}$
Distorsión armónica < 5%
Frecuencia = 60 Hz
Protección antiisla
Eficiencia = 95.2 %



Fig. 4.2 Inversor FRONIUS IG para conexión a la red.

² Datos técnicos de inversor FRONIUS MÉXICO, SA de CV; ficha técnica en Anexo A.

Elección del modulo fotovoltaico.

Los criterios para la elección de este modulo fueron principalmente el factor económico y que tenía que ser monocristalino.

Modulo CONERMEX SW 230 mono³
60 celdas / modulo
$V_{max} = 29.6 \text{ V}$
$V_{ca} = 36.9 \text{ V}$
$I_{max} = 7.76 \text{ A}$
$I_{cc} = 8.42 \text{ A}$
$P_{max} = 230 \text{ Wp}$
$T_c(\text{NOCT}) = 46 \text{ }^\circ\text{C}$



Fig. 4.3 Módulo CONERMEX monocristalino.

¿Cuántos módulos son necesarios para dar la potencia del inversor?

Para poder definir la cantidad correcta de módulos fotovoltaicos aplicamos lo siguiente:

$$\# \text{ módulos totales} = \frac{P_{\text{max inversor}}}{P_{\text{P módulo}}}$$

$$\# \text{ módulos totales} = \frac{2400 \text{ W}}{230 \text{ W}} = 10.43$$

$$N_{(m)} = 10.43$$

Tensión mínima y máxima (datos obtenidos del inversor):



$$V_{min} = 170 \text{ V}$$

$$V_{max} = 500 \text{ V}$$

Ventana de tensión para operación:

$$150 \text{ V} - 450 \text{ V}$$

³ Hoja técnica Sunmodule SW 230 mono, CONERMEX, SA de CV; consultar ficha técnica en Anexo A.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 4			DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO
	Página	90		

$$V_{\text{punto medio}} = \frac{450+150}{2} = 300 \text{ V}$$

Cálculo del número de módulos para conexión en serie que formaran la cadena de suministro de tensión al inversor, basado conforme eficiencia STC (1000 W/m²; Standard test conditions).

$$\# \text{ módulos en serie} = \frac{V_{\text{punto medio}}}{V_{\text{max}}(\text{módulo STC})}$$

$$\# \text{ módulos en serie} = \frac{300 \text{ V}}{29.6 \text{ V}} = 10.1 \sim 10$$

Por lo tanto el arreglo fotovoltaico estará constituido solo por **10 módulos** en serie.

Cálculo de C₁ (constante de calibración).

En la tensión:

Coefficiente de pérdida de temperatura⁴.

$$T_{KT} = \frac{\partial V}{\partial T} = -0.33 \% / ^\circ C$$

Temperatura nominal de funcionamiento de la celda⁵.

$$T_c(\text{NOCT}) = 46^\circ C$$

Temperatura de la celda:

$$T_c = T_a + C_1 G$$

Despejando C₁:

$$C_1 = \frac{T_c - T_a}{G}$$

Donde:



$$T_c = 46^\circ C$$

$$T_a = 20^\circ C$$

$$G = 800 \text{ W/m}^2$$

⁴ Hoja técnica Sunmodule SW 230 mono, CONERMEX, SA de CV; consultar ficha técnica características térmicas en Anexo A.

⁵ Temperatura alcanzada por las celdas en circuito abierto a 800W/M2, 20°C, 1M/S velocidad del viento, ficha técnica características térmicas en Anexo A.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 4		DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO	
			Página 91	

$$C_1 = \frac{46^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}}{800\text{W}/\text{m}^2} = 0.0325$$

$$C_1 = 0.0325 \text{ }^{\circ}\text{C m}^2/\text{W}$$

Influencia de la temperatura.

Para temperatura alta “caliente” se utiliza:

$$G = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$$

Para temperatura baja “frio” se utiliza:

$$G = 400 \text{ W}/\text{m}^2$$

Cálculo para temperatura alta.

$$T_c = T_a + C_1 G$$

Donde:

$T_a = 33.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Temperatura más alta registrada en Iztapalapa).

$$T_c = 33.7^{\circ}\text{C} + 0.0325^{\circ}\text{C m}^2/\text{W}(1000\text{W}/\text{m}^2)$$

$$T_c = 66.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Diferencial de voltaje.

Temperatura STC (Standard test conditions):

$$T_{STC} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = T_c - T_{STC}$$

$$\Delta T = 66.2 - 25 = 41.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



$$\Delta V\% = T_{KT} \cdot \Delta T$$

$$\Delta V\% = (-0.33/^{\circ}\text{C})(41.2^{\circ}\text{C})$$

$$\Delta V\% = -13.596\%$$

$$V_{max}(T_c = 66.2^{\circ}\text{C}) = V_m(STC) - \Delta V(13.596\%V_m)$$

$$\Delta V(13.596\%V_m) = 4.02$$

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 4		DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO	
			Página		92

$$V_{max}(T_c = 66.2^\circ\text{C}) = 29.6 - 4.02 = 25.58 \text{ V}$$

Cálculo para temperatura baja.

$$T_c = T_a + C_1 G$$

Donde:

$T_a = 7.42^\circ\text{C}$ (Temperatura más baja registrada en Iztapalapa).

$$T_c = 7.42^\circ\text{C} + 0.0325^\circ\text{C m}^2/\text{W}(400\text{W}/\text{m}^2)$$

$$T_c = 20.42^\circ\text{C}$$

$$T_{STC} = 25^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T_c - T_{STC}$$

$$\Delta T = 20.42^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = -4.58^\circ\text{C}$$

$$\Delta V\% = T_{KT} \cdot \Delta T$$

$$\Delta V\% = (-0.33/^\circ\text{C})(-4.58^\circ\text{C})$$

$$\Delta V\% = 1.5114\%$$

$$V_{max}(T_c = 20.42^\circ\text{C}) = V_m(STC) + \Delta V(1.51\%V_m)$$

$$\Delta V(1.51\%V_m) = 0.45$$

$$V_{max}(T_c = 20.42^\circ\text{C}) = 29.6 + 0.45$$

$$V_{max}(frio) = 30.05 \text{ V}$$

4.4 DISEÑO Y DIMENSIONADO DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO.

Como se calculó anteriormente se necesitan 10 módulos fotovoltaicos conectados en serie de 230 W para suministrar 2 kWh necesarios para la “Unidad Acuicola Experimental” de la FES Zaragoza; el arreglo de módulos se llevará a cabo como se muestra en la figura 4.4 (5 módulos abajo y 5 arriba conectados en serie) esto para aprovechar el espacio de instalación eficazmente además de reducir costos de anclaje.

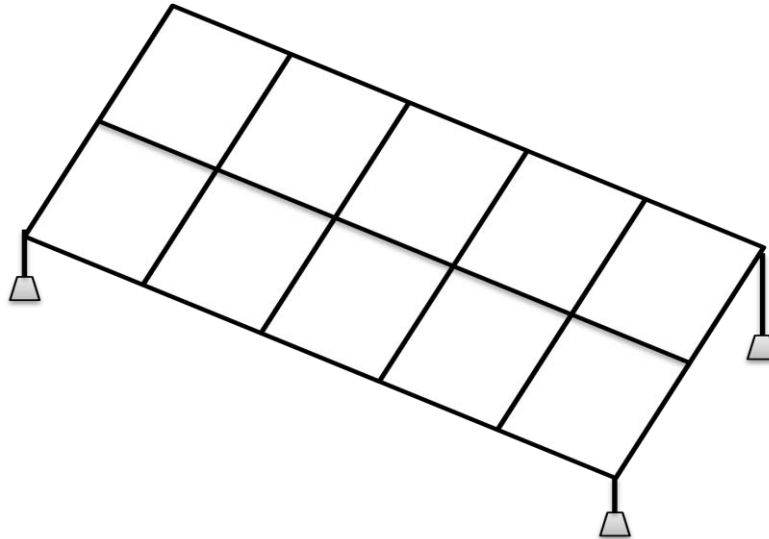


Fig. 4.4 Arreglo fotovoltaico.

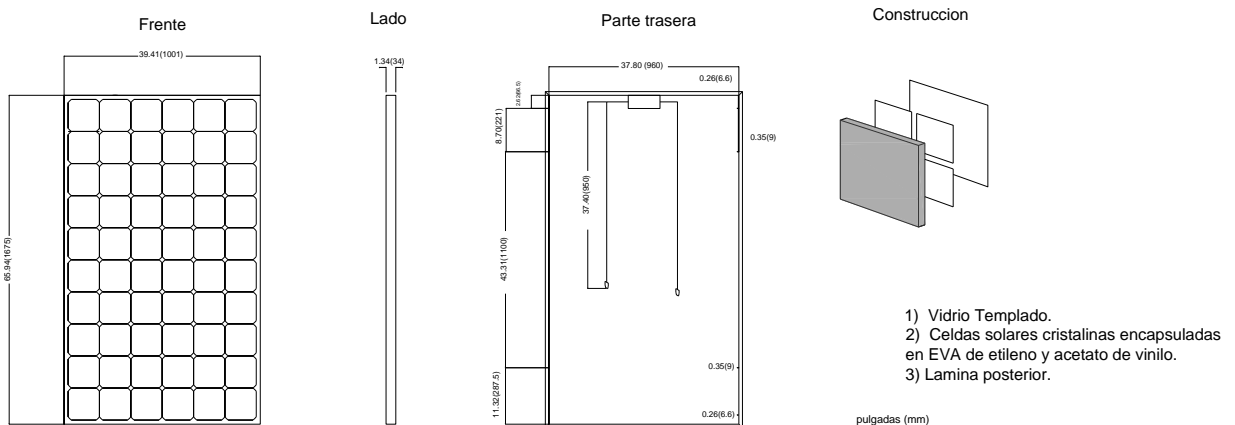


Fig. 4.5 Dimensiones del módulo fotovoltaico.

La separación entre módulos debe ser de 6mm como mínimo.

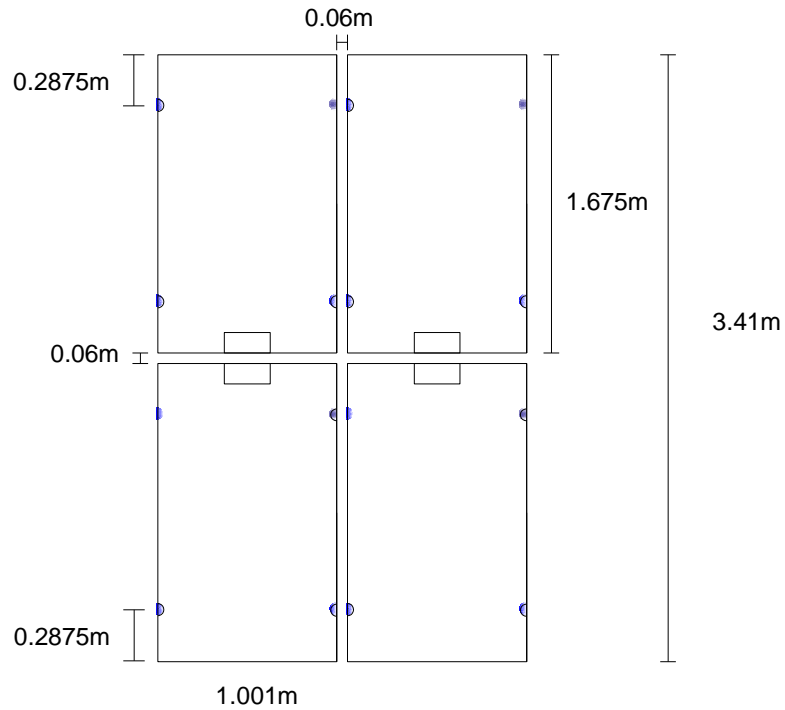


Fig. 4.6 Dimensiones del módulo fotovoltaico.

4.4.1 Cálculo de dimensiones del arreglo FV

El arreglo fotovoltaico será instalado en la azotea del edificio adjunto (A-500) de la “Unidad Acuícola Experimental”.



Fig. 4.9 Imagen de google earth modificada para los fines del proyecto.

Como se menciona en capítulos anteriores la inclinación de los módulos fotovoltaicos tiene que ser igual a la latitud del lugar esto para beneficiar la captación de energía durante el año.

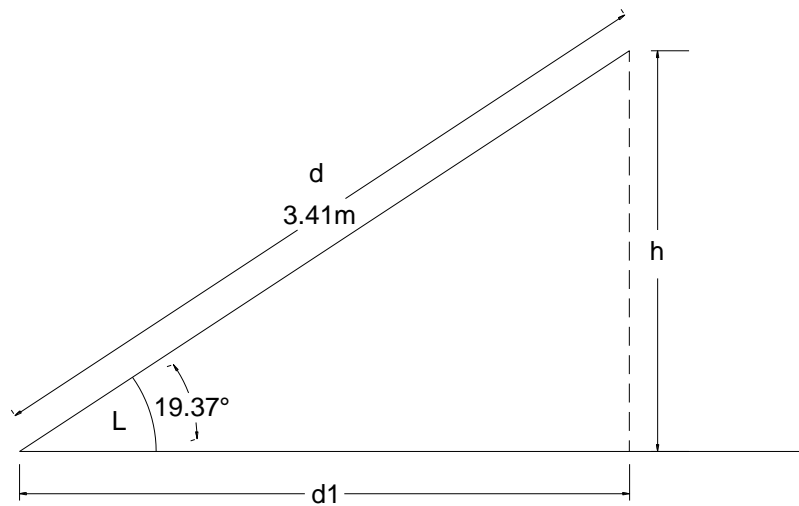


Fig. 4.10 Ángulo de inclinación del arreglo FV.

Para el cálculo de la altura “h” y “d1” se recurre a las razones trigonométricas.⁶

Donde:

$$h = d \cdot \text{sen}L$$

$$h = 3.41\text{m} \cdot \text{sen}(19.37)$$

$$h = 1.13 \text{ m}$$

Y para d1:

$$d_1 = d \cdot \text{cos}L$$

$$d_1 = 3.41\text{m} \cdot \text{cos}(19.37)$$

$$d_1 = 3.22 \text{ m}$$

La distancia entre el modulo y el piso debe ser de 50 cm (llamado paso del gato).

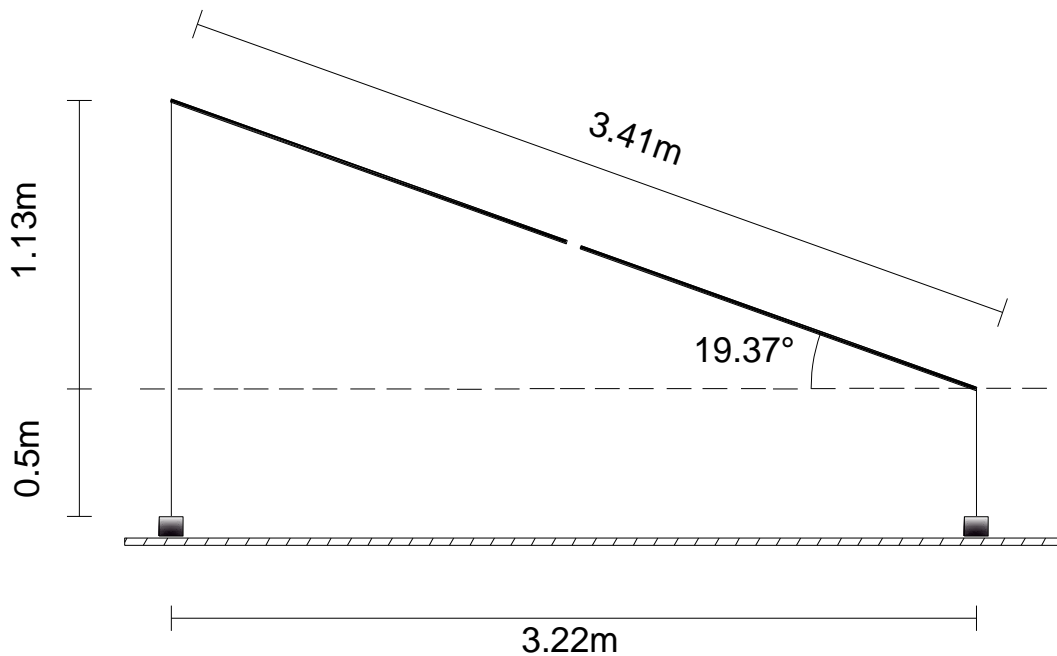


Fig. 4.11 Vista frontal de estructura en azotea.

⁶ En este caso no es necesario calcular la sombra que origina el arreglo fotovoltaico ya que no se instalara otro arreglo a espaldas de este.

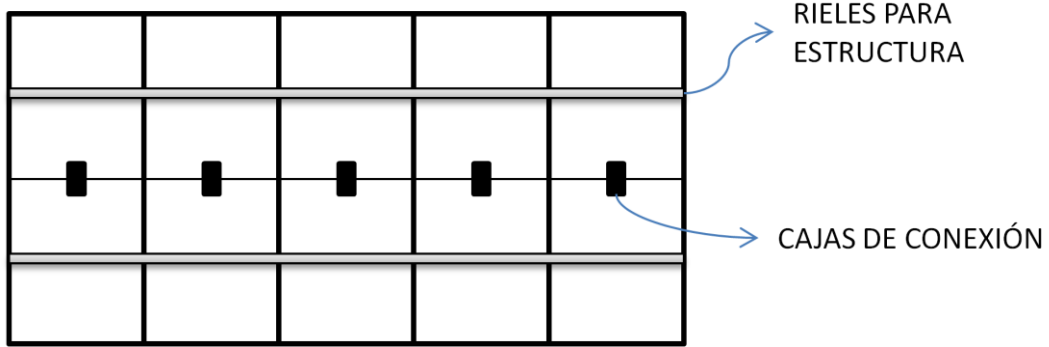


Fig. 4.12 Vista trasera del arreglo FV.

INVERSOR (dimensiones)

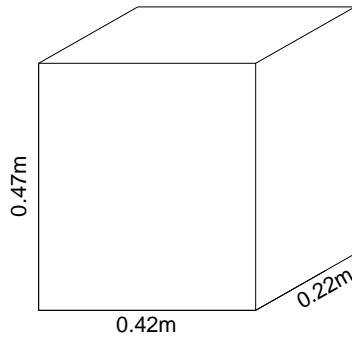


Fig.4.13 Dimensiones del inversor.

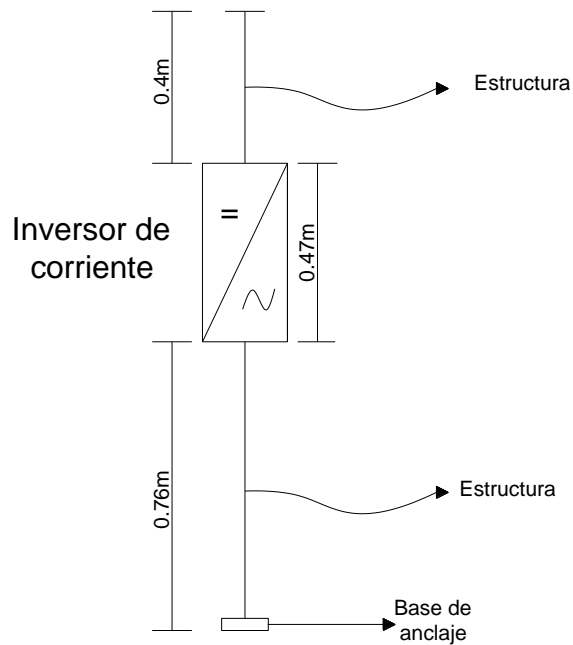
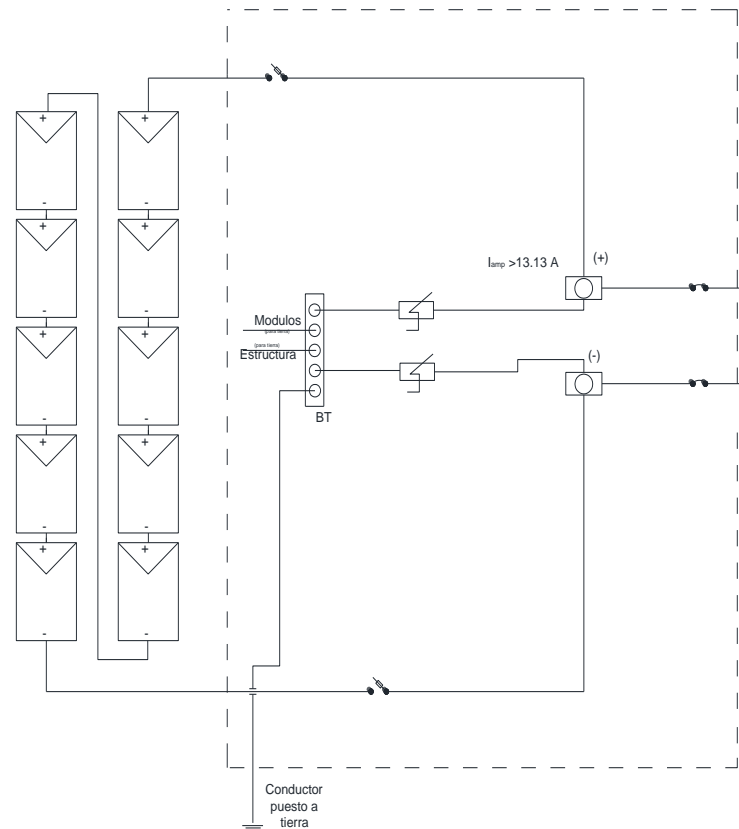


Fig. 4.14 Vista trasera donde se instalara el inversor de corriente.

4.5 DIAGRAMA ELÉCTRICO

Diagrama Eléctrico



BT: Bus como terminal de tierra.

4.6 CABLEADO

En este apartado se calcularán las distancias que se necesitan para la instalación del cable, además del calibre necesario para dicho cable.⁷

4.6.1 Conexión entre módulos.

Para la conexión en serie de módulo a módulo se considera un tubo conduit liquid tight de ½" para intemperie, este módulo seleccionado viene con el cable y conectores necesarios para la instalación que cumplen con la NOM-001 SEDE 2005, así que ya no fue necesario el cálculo para el cable en esta conexión.

⁷ Todo el cable que se utilice en la instalación fotovoltaica tiene que ser cable de cobre clase B con recubrimiento para 90° del tipo THHW.

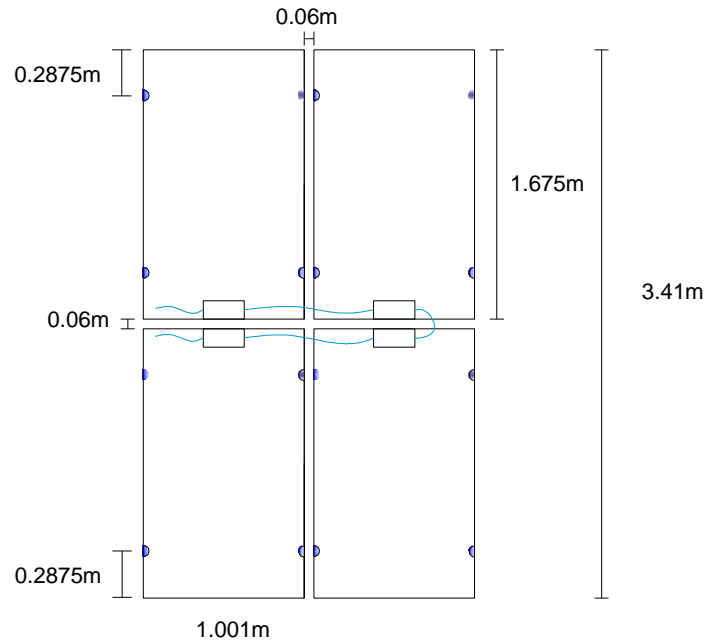


Fig. 4.15 Conexión entre módulos por medio de un tubo conduit.

4.6.2 De la caja de desconexión al inversor.

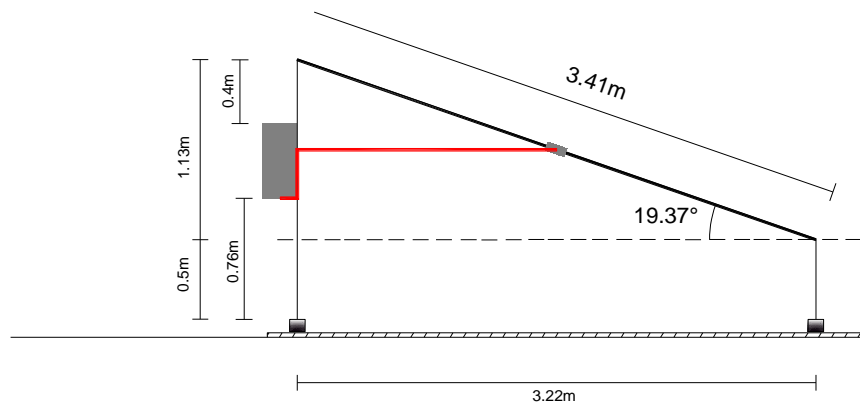


Fig. 4.16 Distancia L1 de caja de desconexión al inversor.

- Salida caja de desconexión.

$$V_{mp}(CD) = 296 V$$

La ampacidad del interruptor termomagnético y de cables:

$$I_{amp} = 13.13 A$$

Para el panel:

$$I_{cc} = 8.42 \text{ A}$$

$$I_{mp} = 7.76 \text{ A}$$

Ampacidad de cables:

$$I_{amp} = 1.56 \cdot I_{cc} = 13.13 \text{ A}$$

- De la caja de desconexión al inversor. (L_1)

Para calcular la distancia L_1 se necesita obtener la distancia "x" como se observa en la figura siguiente.

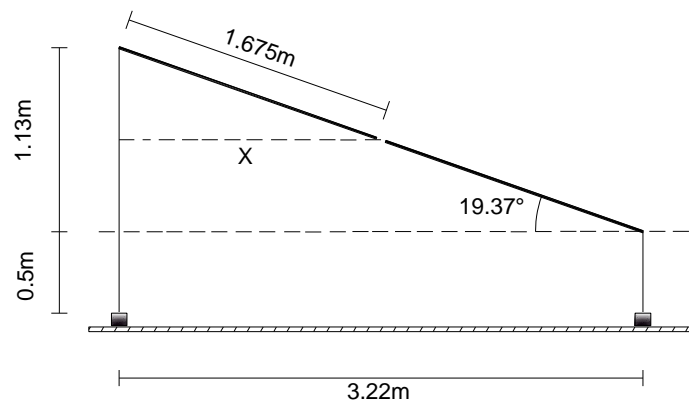


Fig. 4.17 Perfil de estructura distancia "x".



$$L_1 = x + 0.32m + 0.2m$$

Para x:

$$x = 1.675 \cdot \cos(19.37)$$

$$x = 1.675m \cdot 0.9434m$$

$$x = 1.58 \text{ m}$$

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 4			DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO
		Página		102

Por lo tanto:

$$L_1 = 1.58m + 0.32m + 0.2m$$

$$L_1 = 2.1 m$$

Calculo por ampacidad:

- Para $L_1 = 2.1 m$ [2 hilos (+) y (-)]

$$L_1 + 10\% = 2.31 m$$

$$I_{cc} = 8.42 A$$

$$I_{amp} = 1.56 I_{cc} = 13.13 A$$

$$V_{mp}(P) = 29.6 V (10) = 296 V$$

$$T_{cables} \sim 66^\circ C$$

Cable THHW monopolar.

De la tabla 3.10.15(b)16 del código nacional eléctrico (NEC)⁸ obtenemos la ampacidad de los cables a:

$$T = 90^\circ C; THHW; AWG = 14$$

$$\text{Ampacidad} = 25 A$$

Esta ampacidad hay que disminuirla porque el cable va a estar abajo del módulo y va a estar trabajando a una $T_{cables} \sim 66^\circ C$



Utilizando el factor de pérdida de temperatura del código nacional eléctrico (NEC) tabla 3.10.15(b)2(a), ve disminuida su ampacidad en **0.58**.

$$25A (0.58) = 14.5A$$

Por lo tanto:

$$I_{amp}(\#14@66^\circ C) = 14.5 A$$

⁸ Tabla adjunta en el anexo A.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 4			DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO
				Página 103

$$14.5 A > 13.13 A$$

$$I_{amp} > I_{cc}$$

Como este valor es mayor que la ampacidad que estamos buscando:

El cable calibre #14 se acepta por ampacidad.

Cálculo por caída de tensión.

Para el cable calibre AWG #14:

Se exige que en esa trayectoria la caída de tensión sea menor a 1% de V_{mp}

$$\frac{\% \Delta V}{V} = \left(\frac{2LIR}{1000V_{mp}} \right) 100$$

Donde:

L: distancia de cable [m].

I: I_{cc}

R: Resistencia en corriente continua (tabla 8 de la NEC).

V_{mp} : Voltaje en máxima potencia.

$$\frac{\% \Delta V}{V} = \left(\frac{2(2.31)(8.42)(10.7)}{1000(296 V)} \right) 100 = \mathbf{0.14 \%}$$

$$V_{mp}(CD) = 296 - 0.414 = 295.6 V$$

$$\Delta V = \mathbf{0.414 \sim 0.5}$$

$$V_{mp}(CD) = 296 - 0.5$$

$$V_{mp}(CD) = 295.5 V$$

El cable calibre #14 se acepta por caída de tensión.

4.6.3 Del inversor al tablero de conexión de cargas.

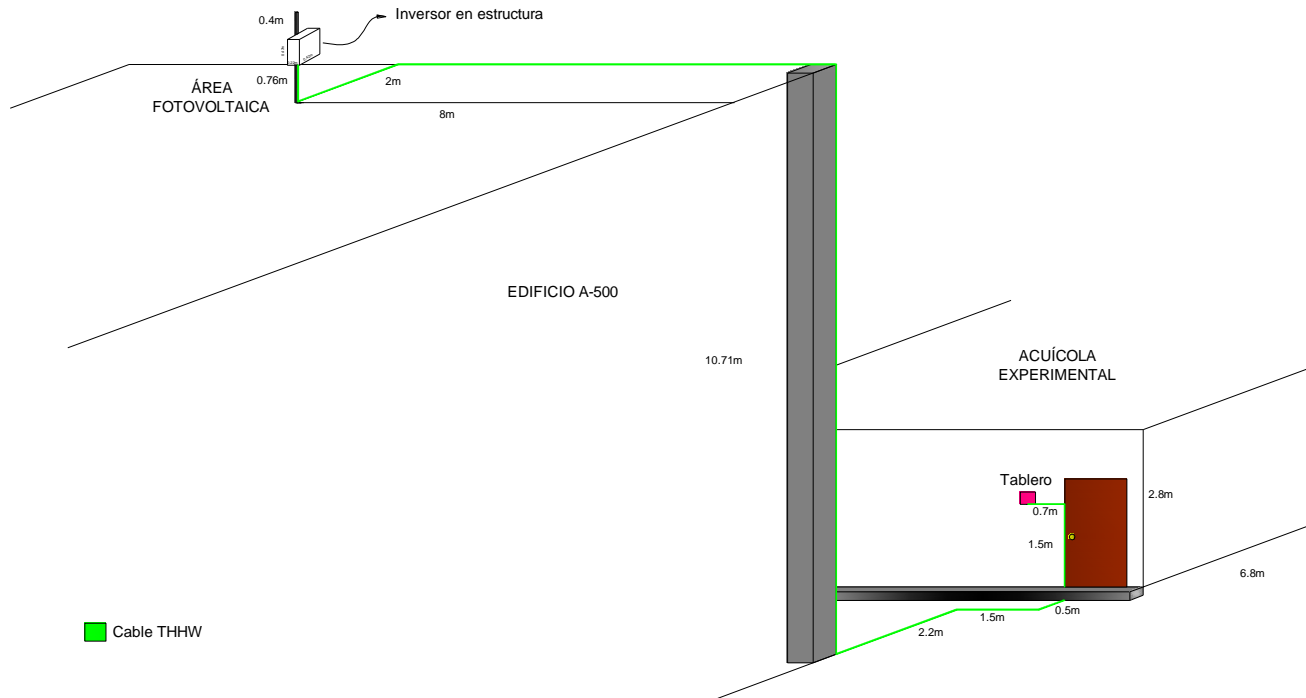


Fig. 4.18 Cableado de salida del inversor a tablero de distribución de cargas.

Calculo por ampacidad:

- Para L_2 (inversor @ tablero) = $(0.76+2.0+8.0+10.71+2.2+1.5+0.5+1.5+0.7)m$

$$L_2 \text{ (inversor @ tablero)} = 27.87 \text{ m [2 hilos (+) y (-)]}$$

$$L_2 + 10\% = 30.66 \text{ m}$$



El inversor opera continuamente.

Datos de salida:

$$240 \text{ V}$$

Por lo tanto consume.

$$I_{inv} = 13.13 \text{ A}$$

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 4		DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO	
			Página 105	

El cable debe tener una Ampacidad:

$$I_{cable} = 1.25 \cdot I_{inv}$$

$$I_{cable} = 16.41 A$$

¿Qué calibre?

De la tabla 3.10.15(b)16 del código nacional eléctrico (NEC) obtenemos la ampacidad de los cables:

Cable #14; $I_{amp} = 25 A$; THHW@90°C

$$T_a = 26 \text{ °C}$$

$$T_{cable} = T_a + 22 = 26 + 22 = 48 \text{ °C}$$

Utilizando el factor de pérdida de temperatura del código nacional eléctrico (NEC) tabla 3.10.15(b)2(a):

$$F_r(\text{temperatura}) = 0.82$$

$$(25A)(0.82) = 20.5A$$

$$20.5 A > 16.41 A$$

El cable calibre #14 se acepta por ampacidad.

Cálculo por caída de tensión.



Se exige que en esa trayectoria la caída de tensión sea menor a 1% de V_{mp}

Para calibre AWG #14:

$$\frac{\% \Delta V}{V} = \left(\frac{2LIR}{1000V_{mp}} \right) 100 = \left(\frac{2(30.66)(13.13)(10.7)}{1000(240 V)} \right) 100$$

$$\frac{\% \Delta V}{V} = 3.59 \%$$

No satisfice. $\Delta V > 1\% \text{ de } V_{mp}$

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 4		DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO	
			Página		106

Se elige ahora el calibre del cable AWG #12

$$\frac{\% \Delta V}{V} = \left(\frac{2LIR}{1000V_{mp}} \right) 100 = \left(\frac{2(30.66)(13.13)(6.73)}{1000(240 V)} \right) 100$$

$$\frac{\% \Delta V}{V} = 2.26 \%$$

No satisfice. $\Delta V > 1\%$ de V_{mp}

Se elige cable calibre AWG #10

$$\frac{\% \Delta V}{V} = \left(\frac{2LIR}{1000V_{mp}} \right) 100 = \left(\frac{2(30.66)(13.13)(4.226)}{1000(240 V)} \right) 100$$

$$\frac{\% \Delta V}{V} = 1.42 \%$$

No satisfice. $\Delta V > 1\%$ de V_{mp}

Se elige cable calibre AWG #8

$$\frac{\% \Delta V}{V} = \left(\frac{2LIR}{1000V_{mp}} \right) 100 = \left(\frac{2(30.66)(13.13)(2.653)}{1000(240 V)} \right) 100$$

$$\frac{\% \Delta V}{V} = 0.89 \%$$

$$V_{mp}(CD) = 240 - 2.136 = 237.864 V$$

$$\Delta V = 2.136 \sim 2.1$$

$$V_{mp}(CD) = 237.9 V$$

El cable calibre #8 se acepta por caída de tensión.

4.6.4 Del tablero de conexión de cargas al medidor bidireccional.

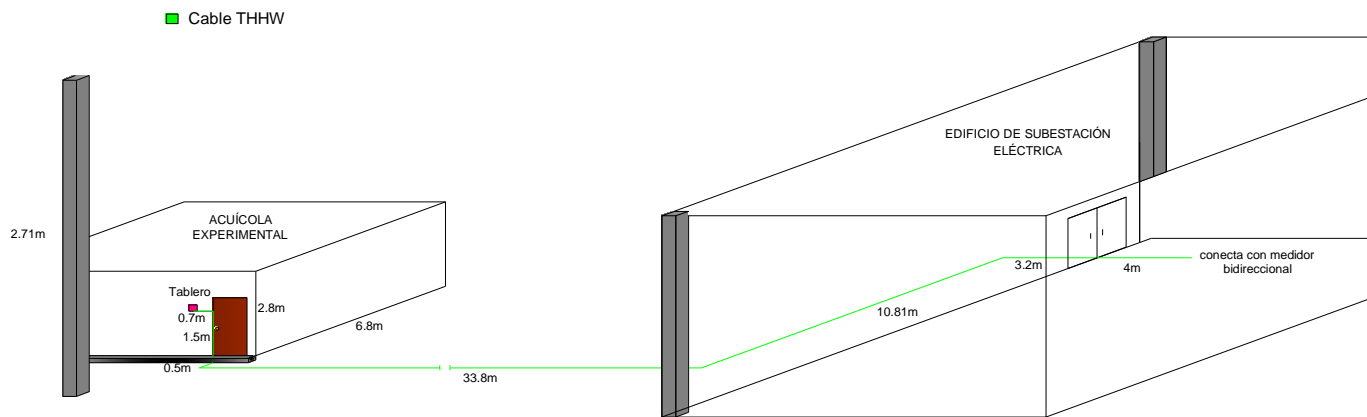


Fig. 4.19 Cableado de salida del tablero de distribución de cargas a medidor bidireccional.

Calculo por ampacidad:

Para $L_3 = (0.7+1.5+0.5+33.8+10.81+3.2+4) \text{ m}$

$$L_3 = 54.51\text{m [2 hilos (+) y (-)]}$$

$$L_3 + 10\% = 60 \text{ m}$$

Se suministrara energía fotovoltaica a él SEN así como también se recibe energía por parte de CFE.

Datos de salida de SEN:



240 V

Por lo tanto consume.

$$I_{inv} = 13.13 \text{ A}$$

El cable debe tener una Ampacidad:

$$I_{cable} = 1.25 \cdot I_{inv}$$

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 4		DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO	
			Página		108

$$I_{cable} = 16.41 A$$

¿Qué calibre?

De la tabla 3.10.15(b)16 del código nacional eléctrico (NEC) obtenemos la ampacidad de los cables:

$$\text{Cable \#8; } I_{amp} = 55 A; \text{ THHW@90}^\circ\text{C}$$

$$T_a = 26^\circ\text{C}$$

$$T_{cable} = T_a + 22 = 26 + 22 = 48^\circ\text{C}$$

Utilizando el factor de pérdida de temperatura del código nacional eléctrico (NEC) tabla 3.10.15(b)2(a):

$$F_r(\text{temperatura}) = 0.82$$

$$(55A)(0.82) = 45.1A$$

$$45.1 A > 16.41 A$$

El cable se acepta por ampacidad.

Cálculo por caída de tensión.

Se exige que en esa trayectoria la caída de tensión sea menor a 1.5% de V_{mp}

Para el calibre del cable AWG #8



$$\frac{\% \Delta V}{V} = \left(\frac{2LIR}{1000V_{mp}} \right) 100 = \left(\frac{2(60)(13.13)(2.653)}{1000(240 V)} \right) 100$$

$$\frac{\% \Delta V}{V} = 1.74 \%$$

No satisface. $\Delta V > 1\%$ de V_{mp}

Se elige cable calibre AWG #6

$$\frac{\% \Delta V}{V} = \left(\frac{2LIR}{1000V_{mp}} \right) 100 = \left(\frac{2(60)(13.13)(1.671)}{1000(240 V)} \right) 100$$

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 4		DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO	
			Página		109

$$\frac{\% \Delta V}{V} = 1.1 \%$$

$$V_{mp}(CD) = 240 - 2.64 = 237.36 V$$



$$\Delta V = 2.64 \sim 2.7$$

$$V_{mp}(CD) = 237.3 V$$

El cable calibre #6 se acepta por caída de tensión.

CAPÍTULO 5. INSTALACIÓN Y MONTAJE



	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
			Página		111

5.1 INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Los Sistema fotovoltaico deberán ser adquiridos y evaluados con los procedimientos y especificaciones establecidas en las normas correspondientes.

5.2 INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

El técnico electricista, que se hará cargo de la instalación del Sistema fotovoltaico deberá estar equipado con los elementos de seguridad y equipos de protección personal básicos, así mismo deberá tener conocimiento de las normas básicas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas.

5.3 EQUIPOS, ACCESORIOS, HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS



Para instalar un Sistema fotovoltaico en forma segura y eficiente, el técnico deberá contar con los equipos y accesorios necesarios:

Equipos y accesorios a utilizar

- Alicates de corte aislado
- Alicates universal Aislado
- Desarmador plano (3,0 mm.)
- Desarmador plano (4,0 - 7,0 mm.)
- Desarmador estrella (4,0 - 6,0 mm.)
- Llaves mixtas (1/4" - 3/16")
- Multímetro
- Brújula
- Inclínómetro
- Cinta Métrica ("wincha", 3,0 m.)
- Cuchilla electricista
- Arco y hoja de sierra
- Martillo
- Cavador de tierra
- Nivel

5.4 PROTOCOLO DE INSPECCIÓN VISUAL (VERIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS BÁSICOS)

Este protocolo tiene como objetivo verificar en forma visual que el sistema fotovoltaico reúne los requisitos básicos para su instalación. Los posibles defectos que se pudieran detectar en la inspección, sugieren no ejecutar la instalación y verificar con el proveedor el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas en el proceso de adquisición.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
			Página		112

5.4.1 Soporte módulo fotovoltaico

El soporte debe ser de un material adecuado, y diseñado para ser fijado al módulo, el poste deberá estar conformado en una sola pieza. El soporte debe contar con la ferretería apropiada para su fijación al módulo.

5.4.2 Módulo fotovoltaico

El vidrio frontal y las cintas de conexión no deben mostrar rajaduras o quebraduras. La etiqueta, placa de datos y de conexionado del módulo deben ser legibles. La caja de conexión no debe mostrar rajaduras o estar suelta.

5.4.3 Controlador de carga

Los bornes de conexión del controlador de carga deberán tener espacio para conductor(es) aislado(s) o cable(s) de, al menos, 4 mm² de sección.

Deberán ser suministrados debidamente etiquetados o con su placa de datos.

Debe estar protegido contra polaridad inversa (positivo y negativo) en las líneas del módulo fotovoltaico y de la batería, respectivamente.

5.4.4 Lámparas corrientes continúa

Datos básicos: marca, modelo, consumo eléctrico (potencia (W) y tensión (V)), eficiencia luminosa, vida útil (horas trabajo). Deben tener identificados sus bornes de conexión positivo (+) y negativo (-). Posibilidad de operar con difusores de luz, no deben generar acumulación de suciedad o insectos en el tiempo.



5.5 ETAPAS DE LA INSTALACIÓN

5.5.1 Aspectos Mecánicos

- Instalación del soporte y/o poste del módulo fotovoltaico
- Instalación del tablero de control
- Instalación del controlador de carga
- Instalación del convertidor de tensión CC/CA
- Instalación de la bornera de conexiones
- Instalación del soporte y/o caja de la batería

5.5.2 Aspectos Eléctricos

- Conexiones entre accesorios, cargas y el controlador de carga

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
			Página		113

- Conexiones del módulo fotovoltaico – controlador de carga

5.5.3 Aspectos Operacionales

- Prueba de funcionamiento del sistema fotovoltaico.
- Limpieza y ordenamiento del lugar de trabajo, instrucciones al usuario.
- Informe de instalación.
- El desarrollo de las etapas de instalación, no deben considerarse como limitativos o restrictivos.

5.6 INSTALACIÓN DEL POSTE Y/O SOPORTE DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

En cuanto a la instalación del soporte del módulo fotovoltaico, existen las siguientes posibilidades: En el suelo: Presenta grandes ventajas como accesibilidad y facilidad de montaje. Sin embargo, es más susceptible de poder quedar enterrada por acumulación de suciedad u otros, se inunde, o ser objeto de rotura por animales o personas.

En el poste: Usual en instalaciones de pequeñas dimensiones, donde se dispone previamente de un poste (madera, fierro galvanizado u otro material adecuado). Este es el tipo de montaje para comunidades rurales y sistemas de comunicación aisladas.



Una parte importante del sistema es la estructura de soporte del módulo. Ello asegura que los módulos puedan colocarse con el ángulo de inclinación recomendado (15 °) en dirección al sol y brindar seguridad a la instalación.

El principal factor a la hora de fijar la estructura es la fuerza del viento, que dependiendo de la zona, puede llegar a ser considerable. En terrazas o azoteas la estructura deberá permitir una altura mínima del módulo entre 15 a 30cm, sin embargo en zonas donde se producen abundantes precipitaciones deberá ser superior a fin de evitar que los módulos queden total o parcialmente inundados.

Tanto la estructura como el soporte habrán de ser de un material adecuado tal como, aluminio anodizado, acero inoxidable o hierro galvanizado, y la pernería de acero inoxidable. El aluminio anodizado es de poco peso y gran resistencia. El acero inoxidable es apropiado para ambientes muy corrosivos. Existe una amplia variedad de estructuras o soportes, una muestra es la estructura o soporte de un solo cuerpo (diámetro del poste o mástil, diámetro sugerido 10-15cm.), hecha con la inclinación (15°) y medidas deseadas.

En cuanto al anclaje, empotramiento, o punto de apoyo de la estructura, si es del tipo mástil (poste), es conveniente reforzar la base donde descansa, una alternativa podría ser reforzar sus extremos mediante tirantes de acero u otro material adecuado.

En el caso del poste, se recomienda unir previamente todo el sistema de sujeción o soporte del módulo con el poste de descanso, luego de unir mecánicamente y asegurar estos sistemas, luego

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
			Página		114

proceder a izar todo el sistema con la ayuda de sogas y enterrarlo o fijarlo sobre el pozo descrito más adelante.

Con la ayuda de un cavador de tierra, sobre el punto ubicado para la ubicación del poste (sugerido longitud 3 - 4m, diámetro 10 – 15cm.) del módulo fotovoltaico, se debe realizar un pozo de 50 cm de ancho por 60 cm de profundidad (terreno compacto) u 80cm (terreno blando). Colocar la base o soporte del módulo (preparado anteriormente) sobre el poste con sus elementos de sujeción.

Verificar el ángulo de inclinación de la superficie del módulo fotovoltaico respecto al plano horizontal. Se posiciona el inclinómetro sobre la superficie del módulo fotovoltaico, o se puede usar un transportador graduado.

5.7 INSTALACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

En cuanto a la instalación del tablero de control, existen las siguientes consideraciones: Se sugiere dimensiones del tablero de 25cm de largo x 40cm de ancho, buscando siempre la seguridad del operador o usuario, conservando la estética en el espacio y conexionado eléctrico. Se puede integrar en el tablero de control: el controlador de carga, el convertidor de tensión CC/CA y la bornera de conexiones. De preferencia el tablero de control debe situarse cerca de los lugares donde se ubicará el módulo fotovoltaico, la batería y el(los) requerimiento(s) de carga(s), así evitaremos conductores aislados o cables largos que eleven el costo y originan pérdidas de tensión y disipación.



El tablero de control se debe ubicar tan alto como sea posible, sin embargo, considerar que ningún equipo o accesorio (controlador de carga, convertidor de tensión, etc.) quede a más de 1.7m sobre el nivel del piso. En el caso de que el soporte de la batería se ubique en la misma dirección vertical del tablero de control, considerar una distancia mínima de 50cm, entre ambos.

El tablero de control no debe ser usado como armario o colgador de ropa o lugar para guardar objetos diversos, así mismo los tableros deben tener señalización de seguridad que advierta los peligros eléctricos, claramente visibles.

5.8 INSTALACIÓN DEL CONTROLADOR DE CARGA

En cuanto a la instalación del controlador de carga, existen las siguientes consideraciones: La instalación del controlador dentro del tablero de control debe ser efectuada dejando espacios suficientes (mínimo 3cm.) a cada lado del controlador. Los terminales del controlador deben ser de fácil acceso y estar claramente indicados los bornes y polaridades de los componentes a ser conectados (módulo fotovoltaico, batería, y carga).

El controlador de no contar con una protección electrónica, éste debe ser protegido mediante fusibles. (Por ejemplo tipo cartucho, o debe estar protegido contra la polaridad inversa (positivo y negativo) en la línea del módulo y de la batería, respectivamente.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
			Página		115

Todos sus terminales, tuercas, arandelas y demás elementos accesorios deben ser de material inoxidable. Se ubica la posición del controlador de carga en el tablero de control, según se indica en el literal a, se fija el controlador de carga utilizando tornillos con la ayuda de un desarmador plano, estrella o mixto.

5.9 INSTALACIÓN DEL CONVERTIDOR DE TENSIÓN CC/CA

En cuanto a la instalación del convertidor de tensión CC/CA, existen las siguientes consideraciones: La instalación del convertidor debe ser efectuada, dejando espacios suficientes (mínimo 3 cm.) a cada lado del convertidor. Los terminales del convertidor deben ser de fácil acceso y estar claramente indicada sus polaridades de los requerimientos de cargas a ser conectados, debe permitir una fácil conexión de conductores o cables aislados, de por lo menos 2,5 mm² de sección.

El convertidor de tensión debe estar protegido contra una inversión de polaridad, tanto en el lado del controlador como en el lado de la carga (requerimiento de carga). El convertidor debe suministrar tensiones de salida. Como mínimo de 3, 6, y 9, voltios. Se ubica la posición del controlador de carga en el tablero de control, según se indica en el literal a, se fija el controlador de carga utilizando tornillos con la ayuda de un desarmador. Los valores nominales de tensión y corriente de las cargas deberán ser inferiores a la capacidad del convertidor. Todos sus terminales, tuercas, arandelas y demás elementos accesorios deben ser de material inoxidable.



5.10 INSTALACIÓN DE LA BORNERA DE CONEXIONES

Con un punzón se ubica la posición de la bornera de conexiones en el tablero de control. Se fija mediante tornillos utilizando el desarmador plano, estrella o mixto. Considerar que algunas veces deben ingresar dos o más pares de conductores aislados o cables (Calibre: 2 x 4 mm², ó 12 AWG) en un mismo terminal de la bornera de conexiones.

5.11 CONEXIONES ENTRE ACCESORIOS, CARGAS Y EL CONTROLADOR DE CARGA

En cuanto al conexionado entre los accesorios (enchufes, tomacorrientes, interruptores unipolares, etc.) y los equipos de utilización (lámparas CC), existen las siguientes consideraciones: Se debe tener identificado previamente la ubicación o distribución de los equipos de utilización en los lugares físicos donde se desean instalar, considerando distancias prudentes para evitar el tendido de conductores aislados o cables largos que eleven el costo y originen pérdidas de tensión y disipación de calor. Tener identificados mediante etiquetas o marcas, la polaridad positivo (+) y negativo (-), en cada uno de los accesorios, así como en los terminales de los conductores aislados o cables a conectar.

Se sugiere conectar solamente dos conductores aislados o cables (+) y (-) desde los terminales (+) y (-) del controlador de carga hacia la bornera de conexiones (ambos en el tablero de control). Luego en la bornera de conexiones realizar las conexiones en paralelo respectivamente para tener más terminales disponibles para otros requerimientos de equipos de utilización.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	116		

En el caso de los tomacorrientes polarizados tender y fijar el conductor aislado o cable desde el tomacorriente (situado previamente) hacia la bornera de conexiones (tablero de control), habiéndose identificado previamente las respectivas polaridades (+) y (-). Para el conexionado se recomienda utilizar terminales tipo “ojo”. (Se sugiere que el conductor debe tener como mínimo 4mm² o 12 AWG, de calibre. Tipo: Indoprene TM (TWT), cubierta exterior PVC, visible o empotrado directamente en el interior de muros y paredes, o RHW-RHW-2, cubierta de PVC, retardante de la llama y resistente a los rayos solares).

5.12 CONEXIONES DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO - CONTROLADOR DE CARGA

En cuanto al conexionado entre el módulo fotovoltaico y el controlador de carga existen previamente las siguientes consideraciones. La caja de conexión del módulo debe estar firmemente ubicada y contar con diodos de by pass. Las entradas y salidas de los cables deben estar provistas con prensaestopas para lograr una efectiva hermeticidad. Los conductores aislados o cables polarizados (+) y (-) deben ser conectados en los terminales o bornes del módulo en su caja de conexiones, según su diagrama y configuración de conexiones. (Se sugiere que el conductor debe tener como mínimo 4 mm² o 12 AWG, de calibre. Tipo: Indoprene TM (TWT), cubierta exterior PVC, visible o empotrado directamente en el interior de muros y paredes, o RHW-RHW-2, cubierta de PVC, retardante de la llama y resistente a los rayos solares).



Se debe considerar las distancias de conexionado entre el tablero de control y el módulo fotovoltaico, con la finalidad de garantizar, caídas de tensión inferiores ha: 3 % entre el módulo fotovoltaico y el controlador de carga. No se permiten empalmes cable-cable (cola de chancho, entorchado), si hace falta el empalme deberá ser realizado con cajas de empalme y/o conectores. Siempre que sea accesible el tendido sobre la pared de los conductores aislados o cables, deberán ubicarse dentro de un margen de 0,5 m, tomando como referencia desde el nivel del techo terminado en la unión con la pared.

Consideremos el conexionado desde el módulo fotovoltaico hacia el controlador de carga, a través de la bornera de conexiones (tablero de control). Tender y fijar los conductores aislados o cables (+) y (-) mediante grampas (sugerido cada 30 cm) sobre la estructura de soporte del módulo, así como del poste (una sola pieza) hacia la bornera de conexiones (tableros de control), luego conectar desde la bornera de conexiones hacia los terminales del controlador de carga, módulo (panel) (+) y módulo (panel) (-), respectivamente. Se sugiere conectar solamente dos conductores aislados o cables (+) y (-) de los terminales módulo (panel) (+) y módulo (panel) (-) del controlador de carga hacia la bornera de conexiones (ambos en el tablero de control).

5.13 PROBLEMAS FRECUENTES

5.13.1 Lámparas CC, no encienden

- Verificar que las conexiones de las lámparas hacia el controlador de carga estén correctas. Efectuar inspección visual (polaridad (+) y (-)).

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	117		

- Verificar que el nivel de tensión en la batería es el adecuado ($V_n = 12 \text{ Vcc}$), tener cuidado con la polaridad.
- Verificar el estado de las conexiones en los interruptores fijos unipolares y de las portalámparas (sockets).
- Verificar si la lámpara está en buen estado. Efectuar inspección visual.

5.13.2 Pocas horas de energía del sistema integrado

Verificar si todas las conexiones están correctas, inspeccionar los conductores aislados o cables y terminales, caso contrario revisar el dimensionamiento del sistema.

Verificar la limpieza del módulo fotovoltaico o si se producen sombras, tener en cuenta la estacionalidad (días nublados) y la autonomía establecida para el sistema en el dimensionado.

5.13.3 Módulo fotovoltaico no genera electricidad



- Medir el estado de continuidad de los diodos o de los fusibles, según corresponda.
- Verificar que las conexiones del módulo al controlador de carga, estén correctas, polaridad y continuidad.

5.14 IMPACTO VISUAL

Cada vez con más frecuencia, la evaluación del impacto visual de una instalación no se limita a una apreciación subjetiva de la posible ruptura de la estética del entorno en donde se vayan a ubicar los paneles, debida tanto a la falta de integración arquitectónica, como al contraste de estilos, sino que su consideración puede ser de obligado cumplimiento para la aceptación del proyecto. Este es uno de los aspectos menos cuidados en el pasado y, quizás, una de las razones por las que se han rechazado instalaciones fotovoltaicas a priori interesantes, aunque no imprescindibles, claro está.



Fig. 5.1 Muestra del fuerte contraste entre el campo de paneles fotovoltaicos y un entorno extraño a los mismos.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	118		

5.15 LA ESTRUCTURA SOPORTE

Aunque en determinadas ocasiones es posible el montaje de paneles fotovoltaicos (o de módulos concebidos especialmente para ser instalados sin necesidad de una estructura soporte propiamente dicha), aprovechando un elemento arquitectónico existente o incluso sustituyéndolo (Figuras 5.2 y 5.3), en la generalidad de los casos dicha estructura se hace indispensable, ya que cumple un triple cometido:

Actuar de armazón para conferir rigidez al conjunto de módulos, configurando la disposición y geometría del panel que sean adecuados en cada caso.

Asegurar la correcta inclinación y orientación de los paneles, que serán en general distintas según el tipo de aplicación y la localización geográfica.

Servir de elemento intermedio para la unión de los paneles y el suelo o elemento constructivo (tejado, pared, etc.) que debe soportar el peso y las fuerzas transmitidas por aquéllos, asegurando un anclaje firme y una estabilidad perfecta y permanente.



Fig.5.2 estos módulos de silicio amargo descansan directamente sobre el tejado, no siendo preciso construir una estructura.¹



Fig.5.3 Módulos fotovoltaicos especiales, contruidos en forma de tejas, que pueden sustituir a éstas en un tejado convencional e integrarse perfectamente en el mismo.²

La estructura soporte de los paneles es un elemento auxiliar, por lo general metálico (acero galvanizado, aluminio o acero inoxidable), semejante a otros muchos con análogas características

¹ Fig. 5.2 Recuperado de <http://www.ressourceverte.com/index.php?page=maisonverte>

² Fig. 5.3 Recuperado de <http://www.ressourceverte.com/index.php?page=maisonverte>

que pueden encontrarse en innumerables aplicaciones constructivas. No se trata, pues, de un elemento específico de la tecnología fotovoltaica.

Además del peso de los módulos y de la propia estructura, ésta estará sometida a la sobrecarga producida por el viento, el cual producirá sobre los paneles una presión dinámica (llamada así por ser consecuencia de su velocidad) que puede ser muy grande. De ahí la importancia de asegurar perfectamente la robustez, no solamente de la propia estructura, sino también y muy especialmente, del anclaje de la misma.

Sin entrar en consideraciones teóricas, baste decir que la presión dinámica máxima, medida en kilopondios por metro cuadrado, que el viento produce sobre un obstáculo sobre el cual choca con una velocidad v , puede expresarse con suficiente aproximación por la sencilla fórmula siguiente:

$$p = v^2/16$$

De acuerdo con la norma NTE-AE-88, la presión dinámica que se ha de considerar en el cálculo dependerá de la altura de la estructura sobre el terreno, así como de sus situación topográfica, de acuerdo con la tabla 1.

Altura se coronación del edificio sobre el terreno en metros, cuando la situación topográfica es:		Velocidad del viento (km/h)	Presión dinámica (kp/m ²)
Normal	Expuesta		
De 0 a10	-	102	50
De 11 a 30	-	125	75
De 31 a100	De 0 a 30	144	100
Mayor de 100	De 31 a 100	161	125
	Mayor de 1000	176	150

Tabla 5.1 Presión dinámica del viento.

Una estructura soporte para paneles fotovoltaicos es, en general, una estructura abierta, esto es, que tiene corriente de viento a su través. En este tipo de construcciones es muy importante tener en cuenta no solamente el área de paneles, sino también el área de todas las instalaciones solidarias que pueda haber y que puedan transmitir las fuerzas debidas a la presión dinámica sobre ellas a los puntos de anclaje comunes.

Para el caso de filas de paneles (que pueden estar sustentadas en la misma o distinta estructura), hay que considerar que un elemento a resguardo de otro, sea cual sea, situado dentro de su proyección en la dirección del viento, no recibe sobrecarga apreciable si la separación mínima entre ambos es menor o igual que la mínima dimensión del elemento que resguarda. Si la separación es mayor, aunque sin sobrepasar en cinco veces la mínima dimensión, recibe una sobrecarga reducida en un 25%. Para separaciones mayores se considera la sobrecarga total.

Un panel formado por un cierto número de módulos fotovoltaicos convenientemente ensamblados en una estructura sobre el suelo puede considerarse, en una primera aproximación, como una gran superficie rígida que, debido a su inclinación, sufre la acción del viento de dos formas bien diferentes, según el sentido con que sople este.

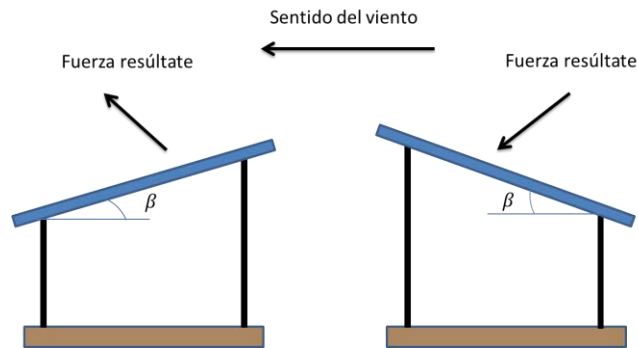


Fig. 5.4 La estructura de la izquierda está sometida a una fuerza total que tiende a comprimirla sobre sus anclajes. Por el contrario, la de la derecha, que recibe el viento por su parte dorsal, tiende a ser levantada.³

Los intentos de normalizar y simplificar el diseño de las estructuras de paneles fotovoltaicos han sido un desigual éxito. Si bien es cierto que, a diferencia de lo que ocurría hace años ya no se diseña o fabrica una estructura específica para cada instalación realizada, existen todavía demasiadas variantes y soluciones ofrecidas por los distintos fabricantes, no todas ellas compatibles entre sí.

5.16 ANCLAJE DE LA ESTRUCTURA

Se supone que previamente ya se ha llevado al lugar de la obra la estructura parcial o totalmente ensamblada. A este respecto, es válido afirmar que, en general, cuantas más operaciones puedan realizarse en taller (por ejemplo, las soldaduras de los perfiles) mejor será, aunque también es cierto que para el transporte y manipulación en obra de las estructuras pueden requerirse medios mecánicos (Figuras 5.4, 5.5) que hagan aumentar los costos de la instalación.

Situada la estructura (o los pilares de la misma, según el método que se haya elegido) junto a las zapatas de apoyo ya preparadas, se montarán los pilares sobre las mismas, generalmente con

Ayuda de una grúa, encajando los espárragos en los correspondientes orificios de la base del pilar (que tendrá la misma geometría que la plantilla antes usada).



Fig. 5.5 Traslado de parte de una estructura hasta el lugar en que va a ser instalada.

³ Fig.5.4 Elaborada por O.M. Y R.I.



	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	121		



Fig. 5.6 Montaje, utilizando una grúa, de la parte superior de la estructura (izquierda). Aspecto de la estructura una vez terminada (derecha).

Una vez colocadas las arandelas, tuercas y contratuercas, se procederá a su apriete, efectuando este en dos pasadas, a fin de no crear tensiones desiguales.

En el caso de que la estructura lleve puesta a tierra (la cual se deberá haber previsto dejando un agujero para el conductor de tierra en la zapata elegida para ello), puede usarse una pletina independiente que se habrá alojado en cualquiera de los pernos de anclaje (Figura 5.7) y a la cual se conectará el conductor de tierra que llegará hasta el extremo superior de la pica. (Figura 5.8)

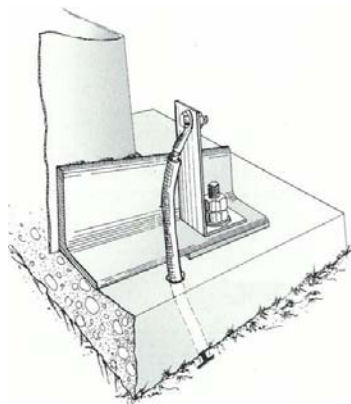


Fig. 5.7 Detalle del anclaje de una estructura y del cable de puesta a tierra (derecha).



	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	122		



Fig. 5.8 Conductores desnudos de puesta a tierra

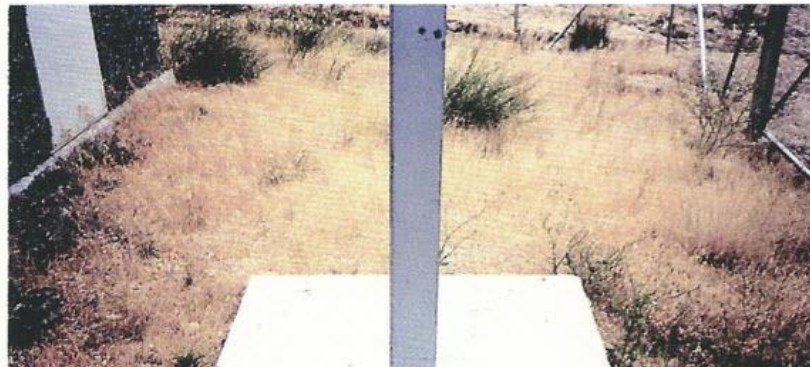


Fig. 5.9 Sencilla estructura monomástil capaz de albergar seis módulos. Se monta en pocos minutos con herramientas comunes, pudiéndose ajustar fácilmente el ángulo de inclinación.

5.17 TERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Una vez anclada y asegurada, se completan aquellas partes de la estructura que todavía estuviesen sin montar, de acuerdo con las guías de montaje que siempre deberá proveer a tal efecto el suministrador de la estructura o el encargado de su diseño.

Existen muchas estructuras diferentes, pero todas ellas tienen similitudes entre sí, diferenciándose en la mayor o menor facilidad que presentan para el montaje.

En la mayoría, es preferible que los módulos estén ya pre-ensamblados en grupos antes de ponerlos en la estructura.

Las figuras 5.1 y 5.2 ilustran gráficamente la composición y modo de ensamblaje de algunas estructuras comerciales bastante comunes

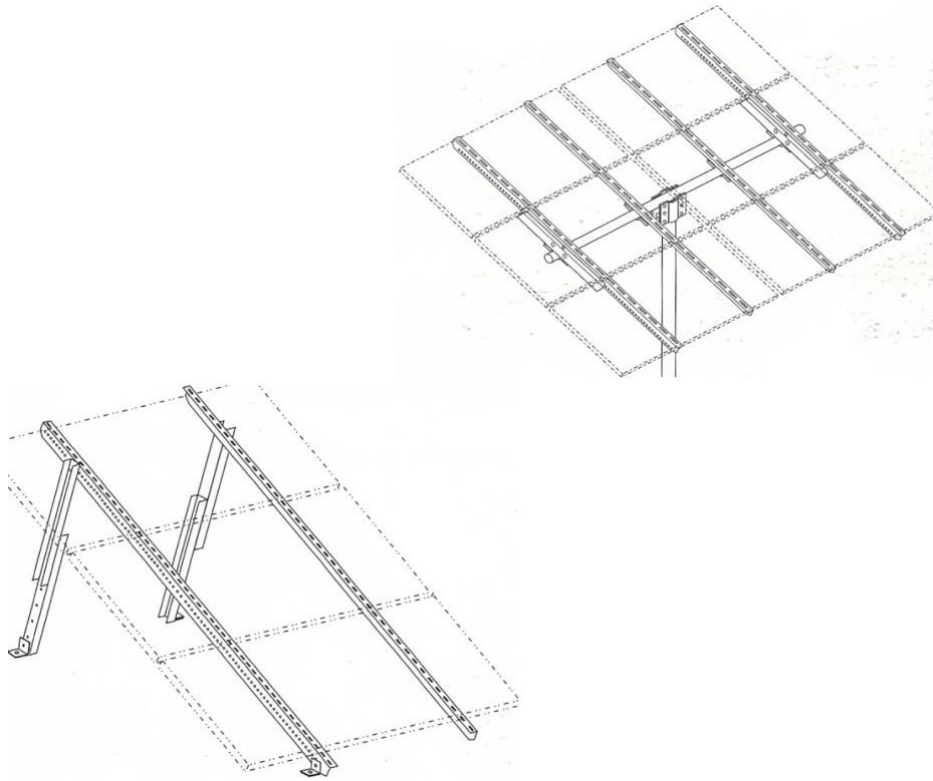


Fig.5.10 Otra pequeña estructura a base de perfiles ranurados. El ángulo requerido se logra deslizando las patas ajustables y bloqueándolas mediante tornillo y tuerca- en la posición adecuada.

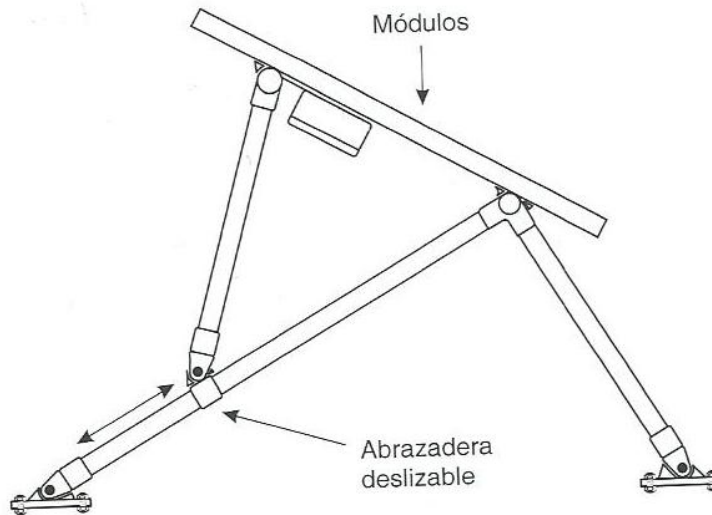


Fig. 5.11 Este diseño utiliza perfiles tubulares. El ajuste del ángulo se realiza mediante la abrazadera deslizable mostrada.



	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5			INSTALACIÓN Y MONTAJE
				Página 124



Fig. 5.12 En las estructuras de mayor tamaño, el montaje es una tarea que comporta riesgo, y no puede dejarse en manos de operarios inexpertos.

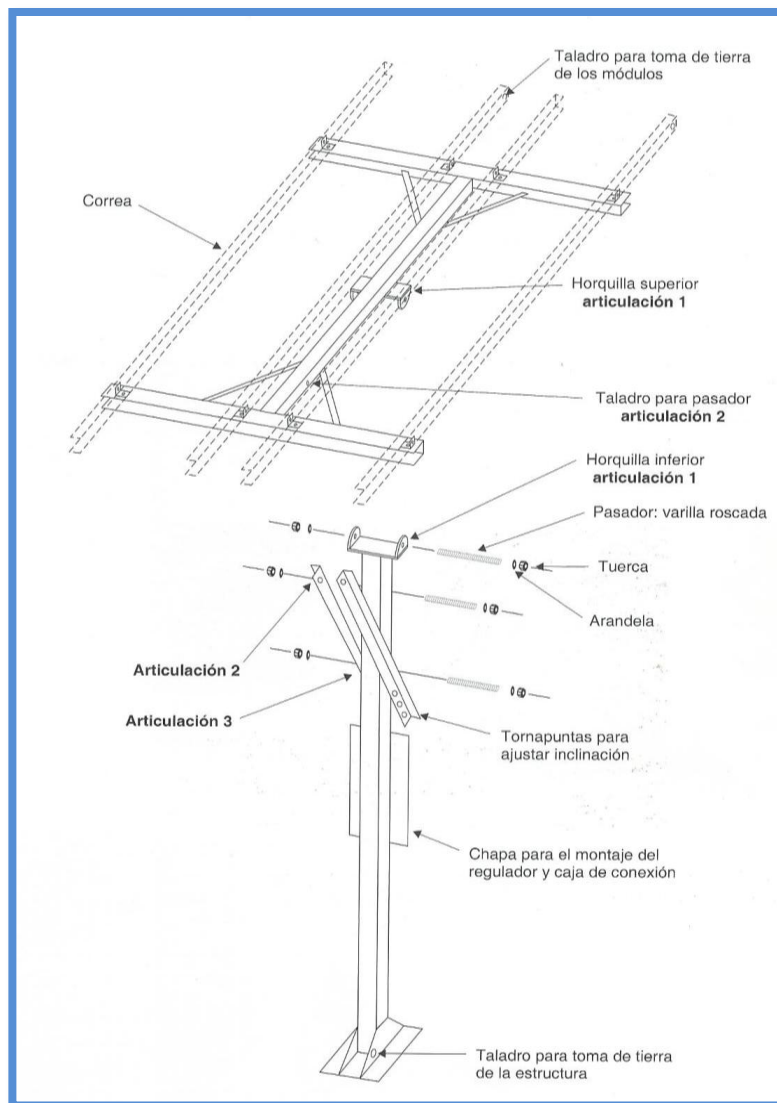




Fig. 5.13 Partes de una típica estructura para suelo.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	125		

La segunda alternativa conlleva la perforación de la cubierta y anclaje de las barras o perfiles, aetalicos de sustentación de la estructura a las vigías bajo cubierta, operación siempre delicada que ha de realizarse por operarios especializados en estos trabajos. Debe de ponerse mucho cuidado en el sellado de impermeabilización de las zonas por donde se hayan utilizado los taladros. Para tejados inclinados siempre hay que utilizar esta segunda opción.



Dada la variedad de cubiertas y tejados, no es posible efectuar una descripción exacta de todos los métodos que se utilizan puede decirse que son todavía semi-artesanales y cada empresa instaladora desarrolla sus propios métodos de montaje con piezas específicas. En la actualidad se está trabajando para conseguir una sistematización para los procedimientos de montaje ya que la normalización se considera una de las claves para el desarrollo de una arquitectura fotovoltaica a gran escala.



Fig.5.14 Modulo específicamente diseñado para sustituir a las tejas convencionales.



Fig.5.15 Ejemplo de montaje y paneles fotovoltaicos en una cubierta inclinada.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	126		

Es conveniente señalar que aunque las cajas de conexión tengan el grado de protección es una buena práctica sellar todas las juntas y orificios con algún tipo de aislante.





Fig. 5.16 Proceso final del montaje de los paneles pre-ensamblados en la estructura de la figura 27. Los paneles se disponen horizontalmente, como se observa en la fotografía, el operario asegura las uniones en la parte frontal, y posteriormente se levantan, terminando por atornillar las patas a las piezas metálicas del rastrel posterior.

5.18 MONTAJE DEL RESTO DE LOS COMPONENTES

Se agrupan en este apartado todos aquellos elementos que realizan funciones de control, acondicionamiento de potencia, monitorización, desconexión, protección, etc. El montaje de estos elementos obedece a los mismos criterios y consideraciones prácticas (cuando sean de aplicación) que los que se han mencionado en apartados anteriores. Algunos componentes específicos como reguladores de carga, inversores y otros, tienen sus propios manuales de instalación, cuyas instrucciones e indicaciones, por escuetas que sean, deberían seguirse siempre al pie de la letra.

Herramientas

Muchas de las operaciones que se llevan a cabo en una instalación fotovoltaica son similares a las de una instalación eléctrica convencional. Por tanto, el equipo de herramientas del profesional que ejecuta el montaje de una instalación fotovoltaica es, básicamente, el mismo que el de cualquier electricista que trabaje en instalaciones de baja tensión.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	127		

En las figuras 5.17 en adelante se pueden observar algunas herramientas y equipamiento de uso común en montajes fotovoltaicos.



Fig. 5.17 Equipo para prensado de terminales en cables de poca sección. Los alicates de la izquierda, aptos sólo para terminales preaislados, también permiten el corte y pelado de los cables.



Fig.5.18 Pelacables.

Pelacables autoajustable accionando con una sola mano puede pelar el aislamiento de cables hasta 10 mm²

Pelamangeras con ajuste de cuchillas para aislamientos de hasta 3mm de espesor, permite eliminar el aislamiento de cables muy grueso.





Fig.5.19 Pelamangeras



Fig.5.20 cortacables

Cortacables capaz de realizar el corte en situaciones difíciles, como en el caso de cables que estén pegados a una pared.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	128		

Inclinometro: Son aparatos de medida inteligentes que miden de forma más fácil y precisa, permitiendo de esta manera un trabajo más seguro y rentable.



Fig.5.21 Inclinometro⁴



Fig. 5.22 equipo para electricistas desplegado, típico, maletín de herramientas.



5.19 ESPECIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA USADOS EN INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS

Un instrumento de medición es un aparato que sirve para comparar magnitudes físicas, mediante un proceso de medición.

Características de un instrumento:

- **Precisión:** es la capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.

⁴ Fig.5.21 Recuperado de <http://ferrovicmar.com/infer.asp?ac=112&sg=niveles-laser-boschpro&trabajo=listar&pa=niveles-laser-boschpro&pagina=1&vista=lista>

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	129		

•Exactitud: es la capacidad de un instrumento de medir un valor cercano al valor de la magnitud real.

La radiación solar se mide en forma directa utilizando instrumentos que reciben el nombre de **radiómetros** y en forma indirecta mediante modelos matemáticos de estimación que correlacionan la radiación con el brillo solar.



Fig.5.23 Radiómetro o Piranómetro⁵

Radiómetro o Piranómetro: Se puede clasificar según diversos criterios: El tipo de variable que se pretende medir, el campo de visión, la respuesta espectral y el empleo principal.

Existen varios instrumentos para medir los parámetros solares entre ellos

Solarímetro. También llamado Piranómetro. Este instrumento mide la radiación solar total con un rango: 1-1300w/m2, rango energía acumulada 1w h/m2-500Kmh/m2.



Fig.5.25 Heliógrafo⁷





Fig.5.24 Solarímetro o Piranómetro.⁶

Heliógrafo: Este instrumental mide la insolación, que son las horas de sol brillante que tiene el día

⁵ Fig. 5.23 Recuperado de <http://www.ocean-net.info/instrumentacion/deltaohm/radiometroUVAUVB.htm>

⁶ Fig. 5.24 Recuperado de https://www.pce-instruments.com/chile/instrumentos-de-medida/medidores/termometros-kat_70677_1.html

⁷ Fig. 5.235 Recuperado de <http://www.rumtor.com/heliografo.html>

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	130		

Actinómetro: También llamado Pirheliómetro. Es el Instrumento capaz de medir la radiación directa.



Fig.5.26 Actinómetro⁸

5.20 APARATOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE

Mini termómetro: con un amplio rango de medición -35 a 250°C, indicación de los valores máx. y mín. cuenta con función data y bloqueo para funcionamiento continuo,



Fig.5.27 Mini termómetro.⁹





Fig.5.28 Termómetros de resistencia.¹⁰

Termómetros de resistencia: Consiste en un alambre de algún metal (como el platino) cuya resistencia eléctrica cambia cuando varía la temperatura.

⁸ Fig. 5.26 Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos61/instrumentos-calibrados/instrumentos-calibrados3.shtml>

⁹ Fig. 5.27 Recuperado de <http://www.amazon.it/Mini-termometro-infrarosso-PCE-MF-1/dp/B004PGFOU6>

¹⁰ Fig. 5.28 Recuperado de <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/8829109/Termometros.html>

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	131		

Termistor: Se detecta la temperatura con base a un termistor que varía el valor de su resistencia eléctrica en función de la temperatura. Un ejemplo son los termómetros que hacen uso de integrados como el LM35 (el cual contiene un termistor). Las pequeñas variaciones de tensión entregadas por el integrado son acopladas para su posterior procesamiento por algún conversor analógico-digital para convertir el valor de la tensión a un número binario. Posteriormente se despliega la temperatura en un visualizador.



Fig.5.29 Termistor.

5.21 APARATOS DE MEDICIÓN ELÉCTRICA



Fig.5.30 Analizador de redes.¹¹

Analizador de redes o Medidor de calidad de energía

Aplicaciones:

- Verificación de circuitos de distribución de energía.
- Medición y registro de sistemas de potencia (kW, VA, VAR).
- Medición de energía (KVAh., VARh, kWh).
- Determina el factor k de los transformadores.
- Monitorización de fases desbalanceadas.

Multímetro Digital



- Para medir propiedades eléctricas:
- Amperímetro (mide la corriente eléctrica).
- Óhmetro (mide la resistencia).
- Voltímetro (mide la tensión eléctrica).
- Watímetro (mide la potencia eléctrica).
- Multímetro (mide todos los valores anteriores).
- etc.



Fig.5.31 Multímetro Digital.¹²

¹¹ Fig. 5.30 y 5.32 Recuperado de <http://toolboom.com/es/Measuring-Equipment-Fluke>

¹² Fig. 5.31 Recuperado de Fig. 5.30 y 5.32 Recuperado de

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5			INSTALACIÓN Y MONTAJE
	Página	132		

Multímetros

Hay una gran variedad de multímetros en el mercado. Para fines de evaluaciones de parámetros eléctricos se recomienda que el aparato este calibrado y certificado.



Fig.5.32 Multímetros¹³

Voltamperímetro de Gancho

Para mediciones TRMS, en Tensión y Corriente.
 Medidas de resistencia.
 Medición Potencia activa.
 Factor de potencia.
 Rotación de fases.
 Frecuencia.
 Continuidad.
 Diodos.
 Automáticamente detecta el rango y tipo de corriente CA ó CD.
 Automáticamente se ajusta a cero en CD. Exactitud < 1%.



Fig.5.33 Voltamperímetro de Gancho.





Fig.5.34 Watímetros

Watímetros

Los watímetros se han convertido en instrumentos de medida fundamentales en la industria eléctrica, especialmente en todo lo relacionado con la inspección de instalaciones y análisis de rendimiento de instalaciones de producción de energía eléctrica. Es numerosa la normativa que exige la utilización de watímetros para la verificación de instalaciones nuevas terminadas y para el mantenimiento posterior de las mismas.

¹³ Fig. 5.32 y 5.33 Recuperado de <http://www.efn.uncor.edu/escuelas/biomedica/Plandeestudios/materias%20completas/taller%20y%20laboratorio/>

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 5		INSTALACIÓN Y MONTAJE	
	Página	133		

5.22 MEDIDOR DE RESISTENCIA DE TIERRA Y RESISTIVIDAD DE TERRENO

Especial para mediciones de resistencia de tierras (2 y 3 Puntos) mediante el método de caída de potencial. Así como también las mediciones de Resistividad de Suelos por el método de 4 puntos. Cargador y Probador de baterías
 Cargador: equipo electrónico que permite inyectar corriente eléctrica directa a una batería a la tensión o voltaje de carga. Probador de Baterías: Permite evaluar el estado de carga de una batería al provocar una descarga a través de una resistencia calibrada. La carátula del probador indica el estado de carga de la misma.





Fig.5.35 Medidor de resistencia ¹⁴

¹⁴ Fig. 5.34 y 35 Recuperado de <http://apkfulldownload.besaba.com/medidores/medidores-de-resistencia-de-tierra-intronica-ltda.html>

CAPÍTULO 6. ESTUDIO FINANCIERO



	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 6		ESTUDIO FINANCIERO	
			Página		135

6.1 COSTO

Existen dos conceptos de costo que se deben tomar en cuenta al considerar la adquisición del sistema fotovoltaico: el **costo de inversión** y el **costo de energía**.

El **costo de inversión** del sistema FV depende de diversos factores, como son:

- La capacidad del sistema.
- La preparación y ejecución del proyecto; lo que incluye diseño, instalación, interconexión y puesta en marcha del sistema.
- Las características tecnológicas y económicas de los componentes, principalmente de los módulos y el inversor.
- Si el lugar al que se integrará el sistema ya existe o será construido.
- Si el sistema se montará sobre el techo o a nivel de piso, o bien, si será un elemento integral de techos y fachadas.

El **costo de energía** se refiere al costo por cada kilowatt-hora de electricidad producida por el sistema FV. En el ámbito técnico se denomina costo nivelado de energía y se puede comparar directamente contra el precio de electricidad de la red. En su determinación intervienen los siguientes factores:



- El monto de la inversión.
- La eficiencia con la cual se estará efectuando la conversión de energía, de solar a eléctrica.
- La localidad donde se instalará el sistema. Éste es un aspecto muy importante ya que del sitio específico depende la disponibilidad de energía solar aprovechable.
- La afectación por sombreados.
- La vida útil del sistema.

6.2 PARÁMETROS GENERALES

Parámetro	Unidad	Valor
Periodo de análisis	Años	20
Tasa de inflación	%	3.5%
Tasa de descuento nominal	%	10%

Tabla 71 Parámetros generales.

La escalación real de un producto o equipo no incluye la inflación. La escalación aparente o nominal si la incluye.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 6		ESTUDIO FINANCIERO	
	Página	136		

Fórmula de Fisher:

$$(1 + e) = (1 + e') * (1 + f)$$

En donde:

e : Escalación aparente o nominal.

e' : Escalación real.

f : Inflación.

Igualmente para las tasas de interés o tasas de descuento R , se aplica la formula de Fisher:

$$(1 + R) = (1 + r) * (1 + f)$$

En donde:

R : Tasa aparente o nominal.

r : Tasa de interés real.



f : Inflación.

La tasa real (r) normalmente es pequeña; en caso de que la inflación también lo fuera, el producto ($r*f$) podría ser despreciable y la tasa R sería aproximadamente igual a la suma de la tasa real y la inflación. Es decir:

$$R = r + f$$

Tasa de descuento real	%	6.3%
Tasa de escalación electricidad real	%	1.0%

Tabla 7.2 Tasa Real.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.			
	CAPÍTULO 6		ESTUDIO FINANCIERO		
			Página		137

Datos de referencia:

Año de referencia	2014
Año de moneda	2014
Moneda	Pesos
Tipo de cambio USD	13.50

Tabla 7.3 Datos de referencia.

Los siguientes parámetros técnicos ya calculados en el capítulo 4 se muestran en la siguiente tabla:

Parámetro	Unidad	Valor
Consumo de electricidad diaria	kWh	9.38
Consumo de electricidad mensual	kWh	281.52
Consumo de electricidad anual	kWh	3378.24

Tabla 7.4 Parámetros técnicos.



De la página de CFE se obtuvieron las cuotas mensuales para la tarifa H-M de la región central, así como también se agregó el cargo por kilowatt hora de energía precio medio, estos datos proporcionados del recibo de CFE de la FES Zaragoza Campo II.

REGION CENTRAL

CUOTAS MENSUALES

CARGOS POR	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	PROMEDIO
Cargo fijo (\$/mes)	178.9	178.3	177.8	177.9	177.4	175.8	175.4	177.2	176.4	176.2	177.5	1.77	162.539183
Cargo por kilowatt-hora de energía precio medio.													
(\$/kWh)	1.918	1.923	1.851	1.745	1.568	1.589	1.737	1.628	1.736	1.673	1.903	2.117	1.78230833
Cargo por kilowatt-hora de energía de punta.													
(\$/kWh)	2.097	2.046	2.03	2.054	2.131	2.106	2.075	2.086	2.061	2.125	2.15	2.166	
Cargo por kilowatt-hora de energía intermedia.													
(\$/kWh)	1.263	1.2	1.185	1.215	1.317	1.298	1.26	1.26	1.233	1.317	1.341	1.366	
Cargo por kilowatt-hora de energía de base.													
(\$/kWh)	1.056	1.003	0.991	1.016	1.101	1.085	1.054	1.054	1.031	1.101	1.121	1.142	

Tabla 7.5 Cuotas mensuales.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 6		ESTUDIO FINANCIERO	
		Página	138	

Parámetros económicos:

Parámetro	Unidad	Valor
Tipo de tarifa		H-M
Precio de electricidad	pesos2014/kWh	1.78
Cargo fijo mensual	pesos2014/kWh	162.54
Costo de electricidad anual	pesos2014/kWh	6021
Cargo fijo anual	pesos2014/kWh	1950

Tabla 7.6 Parámetros económicos.

Parámetros técnicos para el caso fotovoltaico:

Parámetro	Unidad	Valor
Consumo de electricidad diaria	kWh	9.38
Consumo de electricidad mensual	kWh	282
Consumo de electricidad anual	kWh	3378

Horas de insolación pico	horas/día	5.72
Rendimiento	%	0.81
Capacidad del sistema necesario	kWp	1.33
Capacidad del sistema utilizado	kWp	2

Tabla 7.7 Parámetros técnicos.

Parámetros económicos

Componente del SFV	Cantidad	Vida útil	Costo (pesos2014)	Tipo de costo
Costo de módulo FV	230 kw	25	\$3,028.85	Inversión
Módulos FV	10	20	\$30,288.47	Inversión
Inversor	2 kw	10	\$27,944.49	Inversión
Estructura de arreglo FV	10 Paneles	40	\$10,572.00	Inversión
Cable calibre #14 THHW	2.31m	25	\$13.65	Inversión
Cable calibre #8 THHW	30.66m	25	\$493.21	Inversión
Cable calibre #4 THHW	60m	25	\$1,521.00	Inversión
Costos otros componentes		25	\$1,000.00	Inversión
Subtotal costo del sistema SFV			\$71,832.82	Inversión
costo de instalacion			\$3,591.64	Inversión

Concepto	Costo (pesos2014)	Tipo de costo
Mantenimiento anual	\$500.00	O&M
costo total del sistema SFV	\$75,924.46	Inversión



Tabla 7.8 Parámetros Económicos.

6.3 ANALISIS ECONÓMICO

El análisis económico se realizó en base a 20 años, primeramente se calcula el Valor Presente Neto (VPN) para el caso base y el caso fotovoltaico.

El Valor Presente Neto se basa en llevar el flujo de efectivo (costos y beneficios) al valor presente en $t=0$, ó sea:

$$VPN = -S_o + \sum_{t=1,n} S_t / (1 + i)^t$$

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 6			ESTUDIO FINANCIERO
	Página	140		

Dónde:

– S_0 : Inversión inicial de capital.

S_t : Flujo de n costos y beneficios.

t : Periodos de tiempo.

i : Tasa de descuento.

n : Periodo de análisis (número de años de vida del proyecto).

El VPN representa en valor presente, la magnitud en que los ingresos del flujo de efectivo superan o son superados, por los egresos de dicho flujo.

$$VPN = VP \text{ beneficios} - VP \text{ costos}$$

$$VPN = (VP \text{ ingresos por ventas} - VP \text{ costos operativos}) - VP \text{ costos de inversión}$$

$$VPN = VP \text{ resultados netos de operación} - VP \text{ costos de inversión}$$

CASO BASE

FLUJO DE EFECTIVO

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
COSTO DE INVERSIÓN																						
COSTO DE O&M																						
COSTO DE ELECTRICIDAD		(\$8,032)	(\$8,093)	(\$8,154)	(\$8,216)	(\$8,279)	(\$8,342)	(\$8,406)	(\$8,470)	(\$8,536)	(\$8,601)	(\$8,668)	(\$8,735)	(\$8,803)	(\$8,872)	(\$8,941)	(\$9,011)	(\$9,081)	(\$9,153)	(\$9,225)	(\$9,297)	
TOTAL	\$0	(\$8,032)	(\$8,093)	(\$8,154)	(\$8,216)	(\$8,279)	(\$8,342)	(\$8,406)	(\$8,470)	(\$8,536)	(\$8,601)	(\$8,668)	(\$8,735)	(\$8,803)	(\$8,872)	(\$8,941)	(\$9,011)	(\$9,081)	(\$9,153)	(\$9,225)	(\$9,297)	

VPN (\$95,478.30)

Tabla 7.9 Análisis Económico del Caso base (revisar Anexo B estudio financiero).



CASO SFV

FLUJO DE EFECTIVO

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COSTO DE INVERSIÓN	(\$75,424)										(\$27,944)										
COSTO DE O&M		(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)
COSTO DE ELECTRICIDAD																					
TOTAL	(\$75,424)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$28,444)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)

VPN (\$96,228.74)

Tabla 7.10 Análisis Económico del Caso SFV (revisar Anexo B estudio financiero).

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 6		ESTUDIO FINANCIERO	
			Página		141

Anualidad Equivalente (AE)

En el método de la Anualidad Equivalente (AE), todos los ingresos y gastos que ocurren durante un periodo del proyecto son convertidos en una anualidad equivalente (uniforme):

$$AE = -I * (A/P)_{i,n} + \left\{ \sum_{t=1,n} S_t / (1 + i)^t \right\} * (A/P)_{i,n} + R * (A/F)_{i,n}$$

AE: Anualidad Equivalente.

P: Inversión Inicial.

S_t: Flujo de Efectivo en el año t.

R: Valor de rescate

n : Periodo de análisis (número de años de vida del proyecto).

i: Tasa de descuento

Tasa interna de rendimiento (TIR)

Es aquella tasa de descuento que hace igual el valor presente de una serie de beneficios con el valor presente de una serie de gastos o bien hace igual esta diferencia a cero

$$[VP \text{ beneficios} - VP \text{ costos}] = 0 \text{ a la tasa } i^* \text{ y al tiempo } t$$

Representaremos a la Tasa Interna de Retorno como i^* y el criterio de decisión es:

Si $i^* > TREMA$ el proyecto es aceptable (TREAM 1)

Si $i^* < TREMA$ el proyecto no es aceptable (TREAM 2)

Relación Beneficio/Costo (RBC)



Es el cociente entre el VP de los costos beneficios o ingresos del proyecto, dividido entre el VP de los costos o egresos del mismo.

Para de esta relación tanto los beneficios como los ingresos llevan el mismo signo.

El criterio de decisión es aceptar el proyecto, cuando esta relación es mayor que uno. Cuando la RBC es igual a 1, el VPN y la AE son iguales a la TREMA

$$RBC = VP \text{ beneficios} / VP \text{ costos}$$

Periodo de recuperación de la inversión (PR)

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.														
	CAPÍTULO 6										ESTUDIO FINANCIERO					
	Página										142					

Este método solo mide el tiempo en que un inversionista tarda en recuperar su inversión (en moneda constante para monedas débiles y en moneda corriente para moneda fuertes). El criterio de aceptación lo establece el inversionista definiendo el periodo máximo en que desea recuperara su inversión. Por lo tanto es una medida de liquidez, no de rentabilidad. Sin embargo es un criterio útil cuando se trata de proyectos con alta incertidumbre.

$$PR = \text{Inversión Inicial} / \text{Ingresos Anuales}$$

INCREMENTAL																					
FLUJO DE EFECTIVO																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COSTO DE INVERSIÓN	(\$75,424)	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	(\$27,944)	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
COSTO DE O&M	\$0	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)	(\$500)
COSTO DE ELECTRICIDAD	\$0	\$8,032	\$8,093	\$8,154	\$8,216	\$8,279	\$8,342	\$8,406	\$8,470	\$8,536	\$8,601	\$8,668	\$8,735	\$8,803	\$8,872	\$8,941	\$9,011	\$9,081	\$9,153	\$9,225	\$9,297
TOTAL	(\$75,424)	\$7,532	\$7,593	\$7,654	\$7,716	\$7,779	\$7,842	\$7,906	\$7,970	\$8,036	(\$19,843)	\$8,168	\$8,235	\$8,303	\$8,372	\$8,441	\$8,511	\$8,581	\$8,653	\$8,725	\$8,797

VPN	(\$750.44)	TIR	6 %
-----	------------	-----	-----

	Inversión inicial	Beneficios anuales	
PERIODO DE RECUPERACIÓN	\$75,424	\$6,659.29	11.33



	VP Beneficios	VP Costos	
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	\$74,674.02	\$75,424	0.99

Tabla 7.11 Análisis Económico (revisar Anexo B estudio financiero).

6.4 TRÁMITE DE INTERCONEXIÓN

El contrato de interconexión que se realiza en este caso es a pequeña escala, este contrato es para generadores con Fuente de Energía Renovable (FER) con capacidad hasta de 30.0 kW, en tenciones inferiores a 1kV y que no requieren portear energía a sus cargas.

- No requiere permiso de la CRE.
- Requiere cumplir con los especificaciones de CFE y la norma eléctrica NOM 001 SEDE 2005 y realizar la solicitud de conexión.
- Se requiere de un contrato que especifique la tarifa aplicable.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 6		ESTUDIO FINANCIERO	
			Página		143

Requisitos	Contrato de interconexión
<p>Los requisitos para realizar un contrato de interconexión en pequeña escala con CFE, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que tengas un contrato de suministro existente. • Que las instalaciones cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas y con las especificaciones de CFE. • Que la potencia de tu sistema FV no sea mayor de 10 kW si lo instalaste en tu domicilio, ó de 30 kW si lo instalaste e tu negocio. 	<p>La duración es indefinida y puede terminarse cuando lo desees notificando a CFE con al menos 30 días de anticipación.</p> <p>Actualmente la CFE registra tus consumos de energía eléctrica con medidores que sólo integran la energía que recibes a la red. Al establecer un contrato de interconexión, CFE te cambiara el medidor, instalado uno que permite registrar tanto la energía eléctrica que entra a tu servicio, como la energía eléctrica que sale.</p>

Pasos para realizar el proceso de interconexión

Solicitud: acude a la agencia comercial de CFE más cercana llenado el formato de solicitud lleno.

La persona deberá realizar el trámite deberá ser titular del contrato de suministro normal, si es persona física, o el representante legal, si se trata de persona moral. En ambos casos se requiere presentar identificación oficial. Si se trata de persona moral el representante deberá presentar también la documentación que acredite la constitución de la sociedad y el otorgamiento de facultad de la misma hacia la persona que realiza el trámite.



Numero de solicitud: Recibirás un número de solicitud. Con este número podrás dar seguimiento a tu solicitud de interconexión.

Revisión de la instalación y requerimiento de obra: personal del área técnica de CFE acudirá a tu domicilio para revisar que el sistema FV cumple con los requisitos técnicos correspondiente, CFE te informa de los resultados de la revisión, y en su caso, de obras que se requieren construir o modificar para efectuar la interconexión, misma que correrán a cargo del solicitante.

Firma de contrato y pago del importe: una vez que haya sido aprobado técnicamente, la persona que realiza el trámite acudirá nuevamente a la agencia comercial de CFE más cercana a firmar su contrato de interconexión y a pagar el importe correspondiente a la diferencia de costos de los medidores.

Instalación del medidor bidireccional: personal técnico de CFE acudirá a tu domicilio a cambiar el medidor.

Contrato de interconexión: A partir de ese momento ya tendrás un contrato de interconexión con CFE.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 6		ESTUDIO FINANCIERO	
			Página		144

6.5 INCENTIVOS

Actualmente, existen en México 3 tipos de incentivos para la realización de un proyecto de SFVI:

Medición neta, depreciación acelerada y apoyo financiero.

Medición neta

- Se rige por un contrato de interconexión celebrando entre el usuario (persona física o moral) y la CFE con duración indefinida.
- Es aplicable a servicio residencial hasta 10 kWp.
- Es aplicable a servicio de uso general en baja tensión (< 1kV) hasta 230 kWp.
- Los medidores requeridos se instalan por la CFE, con cargo equivalente a la diferencia en costo con el medidor convencional.
- El usuario puede instalar y mantener a su propia costa medidores adicionales, siempre y cuando cumpla con las normas y prácticas de CFE.

Para fines de facturación la medición neta se determinara como la diferencia.

Energía eléctrica recibida de CFE menos energía eléctrica entregable a CFE.

- ❖ Diferencia mayor que cero:

Consumiste más energía que la que entregaste. Se considera como un saldo a favor de la CFE y se facturará en la tarifa aplicable de acuerdo al contrato.

- ❖ Diferencia igual a cero:

Consumiste cantidad de energía que la que entre CFE por la que se facturaran el mínimo establecido en la tarifa en la que tienes tu contrato de suministro normal.



- ❖ Diferencia menor que cero:

Entregaste más energía que la que consumiste por lo que se considera como un crédito energético a tu favor que podrá ser compensado dentro de los 12 meses siguientes, de no ser así dicho crédito se cancelara. La facturación procederá de la siguiente manera:

- a. Se factura el mínimo establecido en la tarifa en la que tienes tu contrato de suministro normal y
- b. Se te guarda virtualmente la energía que quedó a tu favor, para regresártela automática en las siguientes facturaciones en las que se presenten diferencias mayores que cero.

Depreciación acelerada

Es un beneficio fiscal que se otorga solo a personas morales para la inversión en proyectos de energía renovable, y se encuentra establecida en el artículo 40 de la ley del impuesto sobre la renta (LISR) desde el 2005. Usualmente este mecanismo fiscal es aplicable a proyectos comerciales y sus características principales son los siguientes:

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 6		ESTUDIO FINANCIERO	
			Página		145

- Impulsa el uso de energía proveniente de fuentes renovables.
- Prevé la depreciación acelerada hasta por el 100% durante el primer año, de la maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables.
- Se sujeta a una operación mínima de 5 años. Esta es una condición para asegurar el cumplimiento del propósito de generación limpia.

La depreciación acelerada es permitida por la ley y puede ser apropiada dependiendo de las necesidades de flujo de efectivo de una empresa. Cuando se aplica se difiere el pago de impuestos y se libera flujo de efectivo.

Apoyo financiero

FIDE financia la utilización de fuentes de energía renovable para generación eléctrica, lo que incluye a los sistemas fotovoltaicos conectados a red, con capacidad hasta por 500 kW. Este apoyo financiero para la inversión tiene las siguientes características.

Monto de financiamiento: 100% del proyecto.

Interés: Tasa preferencial por debajo de la banca comercial. Se causa intereses sobre saldos comerciales.

Plazo: Hasta 20 pagos trimestrales fijos (5 años).

Sujetos de financiamiento: Personas morales.

Mecanismo de operación de los financiamientos FIDE para la utilización de fuentes de energía renovable

El usuario entrega al FIDE: la solicitud de apoyo, carta de buro de crédito, recibos de energía eléctrica, y monto de la inversión.

El FIDE consulta al buró de crédito y responde al usuario en 24 horas.

La propuesta técnica es responsabilidad del usuario, la cual elabora y entrega al FIDE

El FIDE analiza la propuesta técnica- económica.

De comprobarse la factibilidad técnico-económica, se aprueba el proyecto.



Firma del contrato entre el usuario, el FIDE y el consultor/proveedor.

Se lleva a cabo la ejecución del proyecto.

Proyecto concluye satisfactoriamente (puesta en operación del sistema).

El usuario inicia el reembolso del financiamiento y continúa haciéndolo hasta el plazo previsto.

El FIDE da seguimiento hasta recuperar totalmente el financiamiento.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CAPÍTULO 6		ESTUDIO FINANCIERO	
			Página		146



Se recomienda:

Considera este incentivo únicamente en proyectos comerciales o industrias. Aunque actualmente este incentivo no está dirigido a usuarios domésticos, es posible que eventualmente el FIDE expanda su aplicación.

Contactar a consultores certificados, fabricantes de equipo, distribuidores o contratistas en sistemas fotovoltaicos para la preparación de la propuesta técnico-económica del proyecto.

Contactar al FIDE para información sobre más detalles, vigencia y cambios de este mecanismo.¹

¹ Dirección: Mariano Escobedo 420 col. Anzures 11590 México, D.F. Tel. 5511010520; FIDETEL 01-800-34-33-835; www.fide.org.mx

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	CONCLUSIONES		Página		147

CONCLUSIONES

Se diseño y dimensiono un arreglo fotovoltaico de 2kW interconectado a CFE, que consta de 10 módulos fotovoltaicos de 230W conectados en serie para satisfacer la demanda de energía eléctrica de la Unidad Acuícola Experimental.

La distribución del costo de inversión en el sistema Fotovoltaico es la siguiente:

- ✓ Módulos 39 %
- ✓ Inversor 36 %
- ✓ Cimientos y estructuras de apoyo 14 %
- ✓ Instalación 5 %
- ✓ Sistema eléctrico, cables, dispositivos 4 %
- ✓ Costo de otros componentes 1 %
- ✓ Mantenimiento 1 %

La inversión inicial es de \$75,424 esta será recuperada en 11.33 años, obteniendo beneficios anuales de \$6 659.29



A pesar de que la relación costo beneficio es de 1 consideramos que el proyecto es viable ya que nuestro objetivo principal no era cubrir toda la demanda generada en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza si no dar a conocer la tecnología y demostrar la existencia de una fuente de energía limpia ya que no produce ningún tipo de contaminante en la generación de dicha energía y prácticamente no necesita de mantenimiento.

A la larga este costo no se compara en nada al costo material, ambiental, y vital que nos produce la energía convencional.

Una instalación fotovoltaica de 2 kilovatios de potencia genera 4.000 kWh al año de electricidad de origen solar, lo que supone dos toneladas menos de emisión de CO_2 a la atmosfera cada año.

Es nuestra única alternativa de vivir en armonía con el medio ambiente. La energía solar reduce el riesgo de calentamiento global y preserva la tierra limpia y verde.



“En la actualidad a quien no le interesa la tecnología sustentable es porque cree que morirá pronto; sin darse cuenta que este tipo de energía es el único futuro de lo humanos”.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	BIBLIOGRAFÍA		Página		148

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- Abella M., (2005). *Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica*: Publicaciones Técnicas S.L.: Ediciones S.A.P.T. Publicaciones Técnicas S.L.
- Alcor Cabrerizo, E..(2002). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*.(pp. 93-119; 141; 142-145; (ed. 3), PROGENSA.
- Censolar. (2009). *Curso de Experto Profesional en Energía Fotovoltaica*.(ed. 1),España: Ediciones: PREGRONSA
- Dávila Gómez, L. y Colmenar Santos A.(2000) *Sistemas Fotovoltaicos conectado a la red estándares y condiciones técnicas*: Progres.
- Fernández Salgados, J. Ma. (2010). *Compendio de Energía Solar Fotovoltaica Térmica y Termoeléctrica*. Madrid.España: Ediciones Madrid.
- Flak, A., Durshener, C., y Karl-heinz, R. (2006). *Fotovoltaica para profesionales diseño, instalaciones y comercialización de plantas solares fotovoltaicas*.(ed. 2): Progres.
- Harper, G. (2010). *Instalaciones electricas domesticas convencionales y solares fotovoltaicas / Conventional Domestic Electrical Installations and Solar Photovoltaic*. --: Editorial Limusa S.A. De C.V.
- Harper, G. (2010) *Instalaciones eléctricas domesticas convencionales y solares fotovoltaicas*.(ed.3): Progres.
- Ibáñez Plana, M., Rosell Polo, J.R. y Rosell Virutia J.I.(2005)*Tecnología Solar Energía Renovables*. Madrid, España: Ediciones Mundi Prens.
- Jaume Serrasolses i Domènech, Serveis Energètics Bàsics Autònoms (SEBA), Jaume Serrasolses, Jordi Serrano. (1998). *Manual del usuario de instalaciones fotovoltaicas*. San José, Costa Rica: Promotora General de Estudios, S.A.
- Luque, A., & Hegedus, S. (2010).*Handbook of photovoltaic science and engineering. (ed 2)*.WILEY-BLACKWELL (an imprint of John Wiley & Sons Ltd)).
- Organizacion de Servicio- SEAT . (1996). *Conceptos Básicos de Electricidad C. B. Nº 1* . Barcelona: Tecfoto.
- Servicios Energéticos Básicos Autónomos. (2004). *Tejados fotovoltaicos: energía solar conectada a la red eléctrica*. S.A.: Promotora General de Estudios.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	BIBLIOGRAFÍA		Página		148

Serrado, J. (1998). *Servicios Energéticos Básicos Autónomos*. (ed.2), España: Ediciones Seba Progenza.

Serrasolses, J.(2009). *Tejados Fotovoltaicos Energía Solar conectados a la red eléctrica*. (ed.2) España: Editoriales Progenza.

Sitios web

A. Esteban. (Marzo, 2012). Meteorología en Red, "La radiación en la superficie terrestre". Septiembre, 2014. Sitio web:
<http://www.meteorologiaenred.com/la-radiacion-en-la-superficie-terrestre.html>

A. Edgardo. (Julio, 2011). Energía Térmica. Julio, 2014, Sitio web:
<http://eapereztecnologia.blogspot.mx/2011/07/energia-termica.html>

Blog de WordPress.com. (Abril, 2010). "Certificación de paneles y módulos solares". Agosto, 2014. Sitio web:
<http://apsvalencia.com/2010/04/06/certificacion-de-paneles-y-modulos-solares/>

Kusterer John M. (Noviembre, 2010). ACRIM II Data and Information. Junio 2104, de NASA Langley ASDC User Services Sitio web: https://eosweb.larc.nasa.gov/project/acrimII/acrimII_table

Camargo D. Jesús, Moncayo G. David y Cruz O. Weimar, Maquina R. Goldberg. (Abril, 2011). Pensamiento Algoritmico Ingenieria de Telecomunicaciones "ENERGÍA ELÉCTRICA". Agosto, 2014. Sitio web:
<https://maquinarubegolberg.wordpress.com/category/uncategorized/>



Centro de Investigación y Desarrollo de Contenidos, Medios y Tecnología Educativa. Formas de energía "Energía radiante". Septiembre 2014. Sitio web:
http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/formas_de_energa.html

Eliseo Sebastian.(Junio ,,2014) Energía Solar Sistemas Fotovoltaicos, "Orientación del panel".Julio, 2014. Sitio Web:
<http://eliseosebastian.com/radiacion-directa-sobre-un-panel-solar/>

El taller de Leonardo (Enero, 2014). "Clasificación de la energía". Agosto, 2014. Sitio web:
http://iltallerdeleonardo.blogspot.mx/2014_03_01_archive.html

Energias Mundo. "Energías renovables". Septiembre, 2014. Sitio web:
<http://energiasmundo.galeon.com/energiar.html>

Estrada-Cajigal, R V.,Rodriguez R. I. "Heliogis". Julio, 2014. Sitio web: <http://heliogis.com>

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	BIBLIOGRAFÍA		Página		148

Teringa. (Marzo, 2011). Instrumentos de medición, “Termómetro”. Agosto, 2014. Sitio web: <http://www.teringa.net/posts/ciencia-educacion/8829109/Termometros.html>

New Mexico State University, “Energía fotovoltaica”. Septiembre, 2014. Sitio web: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

Revistas

Neunenstein H. ,Krause Matthias B, Investigación y tecnología. La revista de fotovoltaica, abril 2012.

Europa Express. Las energías renovables representaron el 42% de la demanda eléctrica total en 2013, 10 puntos más. Energíahoy. febrero 2013.

PHOTO. Camino do sol. Brasil aprueba los primeros incentivos para la fotovoltaica. La Revista Fotovoltaica: 86-87. junio 2012.

PHOTON. Inversores 2012 informe de mercado análisis y tendencias. La revista de fotovoltaica, marzo 2012.

PHOTON. Producción mundial de células. La revista de fotovoltaica, Abril 2013.

Artículos



Claudio Alatorre Frenk. (Septiembre,2009). Energías renovables para el desarrollo sustentable de México.pg 70. Julio 2014, De Google Academic Base de datos.

Dufo Rodolfo, López José Luis. (2005). CURSO INTERACTIVO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. Agosto, 2014, De Prensas Universitarias de Zaragoza Base de datos.

Instituto de INVESTIGACIONES LEGISLATIVAS del SENADO de la REPUBLICA. (Agosto, 2004). “Contratos de Interconexión de Fuentes Renovables”. Nuevas Energías Renovables: Una Alternativa Energética Sustentable para México (Análisis y Propuesta), Vol.1, 183pp. Agosto, 2014, De CIE. Unam Base de datos.

Dirección General De Electricidad / Dirección Normativa De Electricidad. (Diciembre, 2007). “Guia De Instalación De Sistemas Fotovoltaicos Domésticos (Sfd)” .Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos, 1, 19. Septiembre, 2014, Recuperado de: <http://solucionessolares.blogspot.mx/2008/06/instalacin-de-un-sistema-fotovoltaico.html>

Julieta Evangelina Sánchez Cano. (Noviembre, 2011). La crisis energética global, la posición de México en el mundo. The Global Energy Crisis, Mexico’s position in the World, Vol.1, 21pp. Octubre, 2014, De xivrem Base de datos.

	Tesis	Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
	BIBLIOGRAFÍA		Página		148

Reifs Serrano J. M.. (2009). Sistema Fotovoltaico Conectado aRed en Vivienda Situada en la Sierra de Madrid. Tecnología de los Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica, Vol. 1, 141. Agosto, 2014, De Universidad Internacional de Andalucía Base de datos.

Tesis

Duran Laguna, Luis (2012): *“Beneficios ambientales, sociales, y tecnológicos, por la implementación de sistemas de abastecimientos energéticos, mediante el empleo de energías renovables (sistema fotovoltaico)”* Tesis para obtener título de Ingeniero Químico, México D.F., Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Conferencias Congresos, Reuniones y Cursos

Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) y Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Academia Mexicana de Ciencias. Semana de la Ciencia y la Innovación 2012.Palacio de minería.

Global Resources Environmental & Energy Network. (Septiembre, 2014) E.J. Krause de México (Presidente) XXII Congreso Internacional Ambiental.WTC, Mexico.

Sanchez, J. A., (2012). “Curso-taller Diseño y Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos”. Sanchez (Presidente), Instituto de Energías Renovables. Temixco Mor.(www.cie.unam.mx)

Anexo A

Fronius IG 2000-3000

Inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Peso ligero.

Con sólo 11.8 kg de peso, los FRONIUS IG son los inversores para sistemas FV conectados a la red más ligeros en su categoría, haciendo su instalación sencilla y redituable.

Flexible

El amplio rango de voltaje desde 150-500 V permite usar diferentes tipos de módulos y posibilidades de configuración de sistemas.

Menor costo

Interruptores de CA y CD integrados y aprobados por UL. Reducen el tiempo y complejidad de instalación eliminando frecuentemente la necesidad de desconexiones adicionales.

Display LCD

Amigable para el usuario, incluida en todos los Fronius IG, monitorea más de 20 parámetros críticos de desempeño del sistema. Ranuras de expansión en el inversor permiten fácilmente agregar opciones de comunicación de datos.

Confibialidad

Fronius ha estado presente en el negocio desde hace 60 años y tiene más de 200,000 inversores Fronius IG instalados alrededor del mundo.



Fronius IG 2000-3000



Información de CD de entrada	FRONIUS IG 2000	FRONIUS IG 3000	FRONIUS IG 2500 -LV
Potencia FV recomendada	1500-2500 Wp	2500 - 3300 Wp	1800 - 3000 Wp
Voltaje máximo de entrada	500 V	500 V	500 V
Rango de operación de voltaje CD	150 - 450 V	150 - 450 V	150 - 450 V
Corriente máxima de entrada	13,6 A	18 A	16,9 A
Información de CA en la salida	FRONIUS IG 2000	FRONIUS IG 3000	FRONIUS IG 2500 -LV
Potencia máxima de salida @ 40° C	2000 W	2700 W	2350 W
Voltaje nominal de salida (CA)	240V		208 V
Rango de voltaje de suministro	212 - 264 V (240 V + 10% / -12%)		183 - 229 V
Corriente máxima (CA)	8,35 A	11,25 A	11,25 A
Máxima utilidad de corriente de realimentación	0,0 A	0,0 A	0,0 A
Límites de la frecuencia de operación	59,3 - 60,5 Hz (60 Hz nom)		
Distorsión Armónica Total	< 5%		
Factor energético (cos phi)	1		
Información General	FRONIUS IG 2000	FRONIUS IG 3000	FRONIUS IG 2500 -LV
Eficiencia Máxima	95,20%		
Consumo en modo de espera	< 0,15 W (durante la noche)		
Consumo durante la operación	7 W		
Encapsulamiento	NEMA 3R		
Dimensiones	470 x 418 x 223 mm		
Peso	11,8 kg		
Rango de temperatura ambiente	-20 a +50 °C		
Enfriamiento	Ventilación forzada controlada		
Interruptores de CA y CD integrados	Interruptores de CA y DC aprobados segun estándar UL		
Protecciones			
Contra falla de conexión a tierra	Detección interna de falla de conexión a tierra, de conformidad con UL 1741		
Contra CD de polaridad inversa	A través de un diodo interno		
Protección Islanding	Interno, de conformidad con UL 1741, IEEE 1547		
Sobre-Temperatura	Disminución de la potencia de salida		
Supresión de picos	Protección interna CA y CD, probado hasta 6kV		
Certificados			
Seguridad	UL 1741		
EMI	FCC Parte 15; Clases A y B		
Protección Anti-Islanding	UL 1741, IEEE 1547		
Detector e Interruptor de falla de conexión a tierra	Cumple con los requerimientos del artículo 690 NEC, UL1741		
Misceláneos			
Protección contra sobrecorriente (CA) máxima	Interruptor térmico dos polos, 15 / 20 A		
Calibre de cable de CA	Usar cable de cobre máximo calibre AWG 6 (90 °C)		
Calibre de cable de CD	Usar cable de cobre máximo calibre AWG 8 (90 °C)		
Desconexión CA	16A		
Desconexión CD	25A		

Sunmodule SW 230 mono

Eficiencia y durabilidad a largo plazo

El Sunmodule® de SolarWorld tiene una de los mejores características en la industria PV. Su tolerancia de potencia de +/-3% asegura la mayor eficiencia de sistema sin la necesidad de selección y acomodo en sitio. El proceso de manufactura automatizado en la fábricas ISO 9001-2000 de SolarWorld produce módulos con una alta y consistente calidad. Escogiendo el Sunmodule® tendrá segura una alta producción de kWh a largo plazo.

Para garantizar producciones a largo plazo, los Sunmodules están hechos para durar. SolarWorld fija la lámina de vidrio templado en el marco de aluminio con una capa continua de silicón adhesivo. Este método garantiza una rigidez excepcional para todo el módulo y previene que el marco se separe del vidrio como puede suceder con el desliz de la nieve o con el movimiento. Pruebas hechas en acuerdo al IEC 61215, que aplican cargas de hasta 113 lb/sf (5.4 kN/m²), demuestran que el módulo puede tolerar altas cargas, como acumulaciones de nieve y hielo.

El Sunmodule® tiene una caja patentada de conexiones de bajo perfil con diodos de bloqueo Shottkey de 25A que está completamente aislada en contra de la corrosión. La habilidad de disipar rápidamente el exceso de calor permite que los diodos y la caja de conexiones operen a una temperatura más baja. El [[junction box]] está conectado con seguridad por una unión soldada para garantizar funcionalidad a largo plazo. También está equipada de fábrica con cables robustos de alta calidad y conexiones fijas.

Garantía

Todos los Sunmodules® tienen una garantía de 25 años y pueden ser regresados a SolarWorld al final de su uso para ser reciclado.

Especificaciones técnicas

Dimensiones

Largo	65.94 in (1675 mm)
Ancho	39.41 in (1001 mm)
Altura	1.34 in (34 mm)
Marco	Aluminio
Peso	48.5 lbs (22 kg)



Rendimiento bajo condiciones estándar de prueba

Potencia máxima	Pmax	230 Wp
Voltaje de circuito abierto	Voc	36.9 V
Voltaje de máxima potencia	Vmpp	29.6 V
Corriente de corto circuito	Isc	8.42 A
Corriente de máxima potencia	Impp	7.76 A

Rendimiento a 800 W/m², NOCT, AM 1.5

Potencia máxima	Pmax	164 Wp
Voltaje de circuito abierto	Voc	33.4V
Voltaje de máxima potencia	Vmpp	26.6 V
Corriente de corto circuito	Isc	6.96 A
Corriente de máxima potencia	Impp	6.18 A

Existe una reducción mínima de eficiencia bajo condiciones de carga parcial a 25°: a 220 W/m², se logra un 95% (+/-3%) de la eficiencia STC (1000 W/m²).

Sunmodule SW 230 mono

Materiales del componente

Celdas por módulo	60
Tipo de celda	silicio monocristalino
Dimensiones de celda	6.14 x 6.14 in2 (156 x 156mm2)

Sistema de integración de parámetros

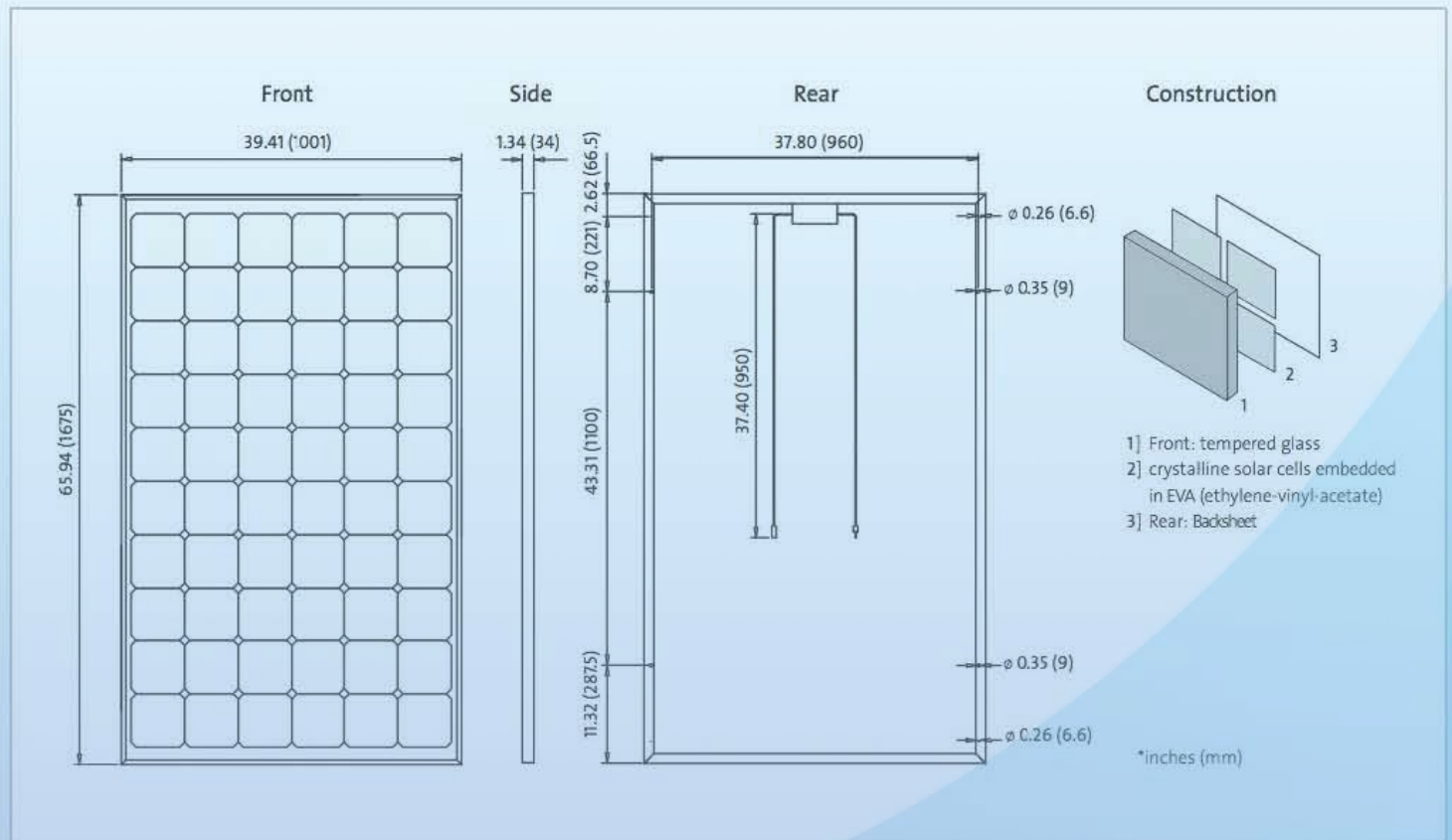
Voltaje máximo del sistem SC II	1,000 VDC
Voltaje máximo del sistem USA NEC	600 VDC
Categoría máxima de fusible	15 A
Corriente inversa máxima	No aplicar voltajes externos mayores que Voc al módulo

Características térmicas

NOCT	46°C
TC Isc	0.036 %/K
TCVoc	-0.33%/K
TC Pmax	-0.47 %/K

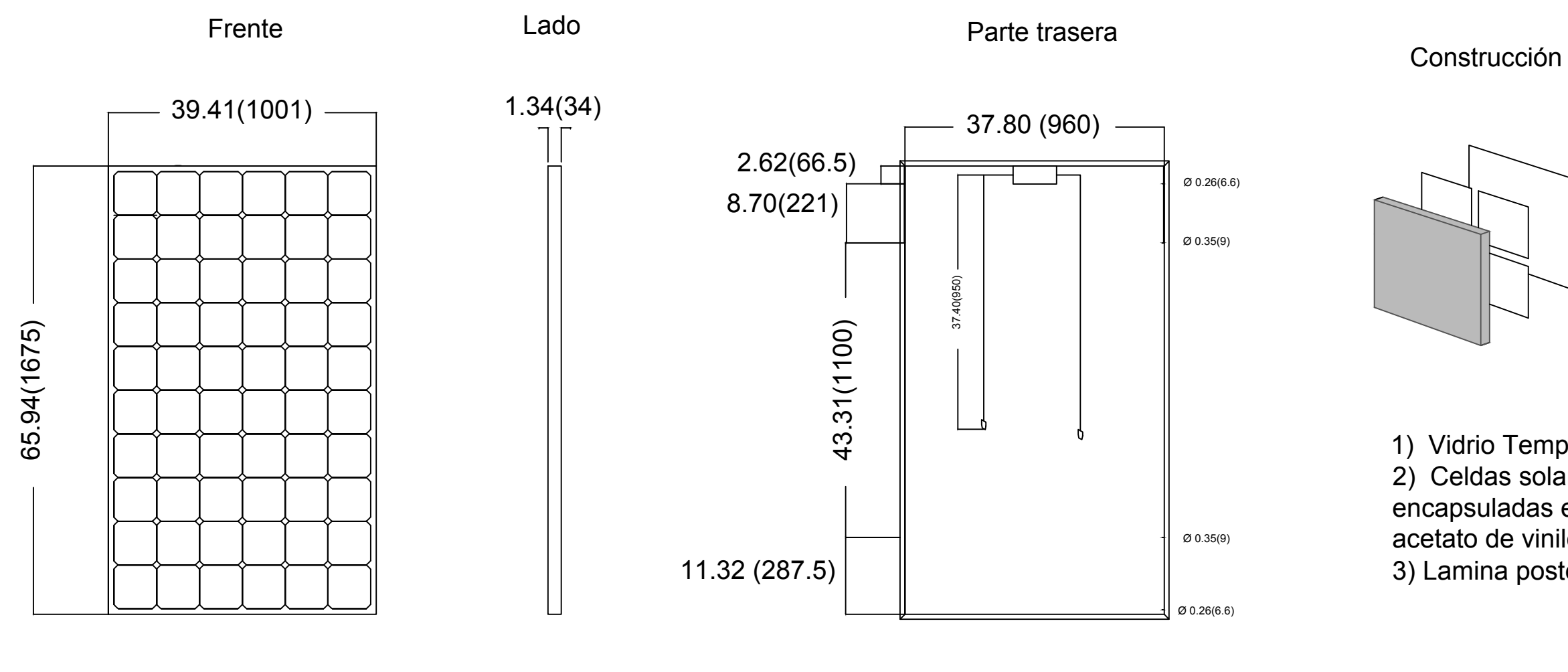
Información adicional

Tolerancia de potencia	+/- 3 %
Caja de conexiones	IP 65
Conector	MC tipo 4

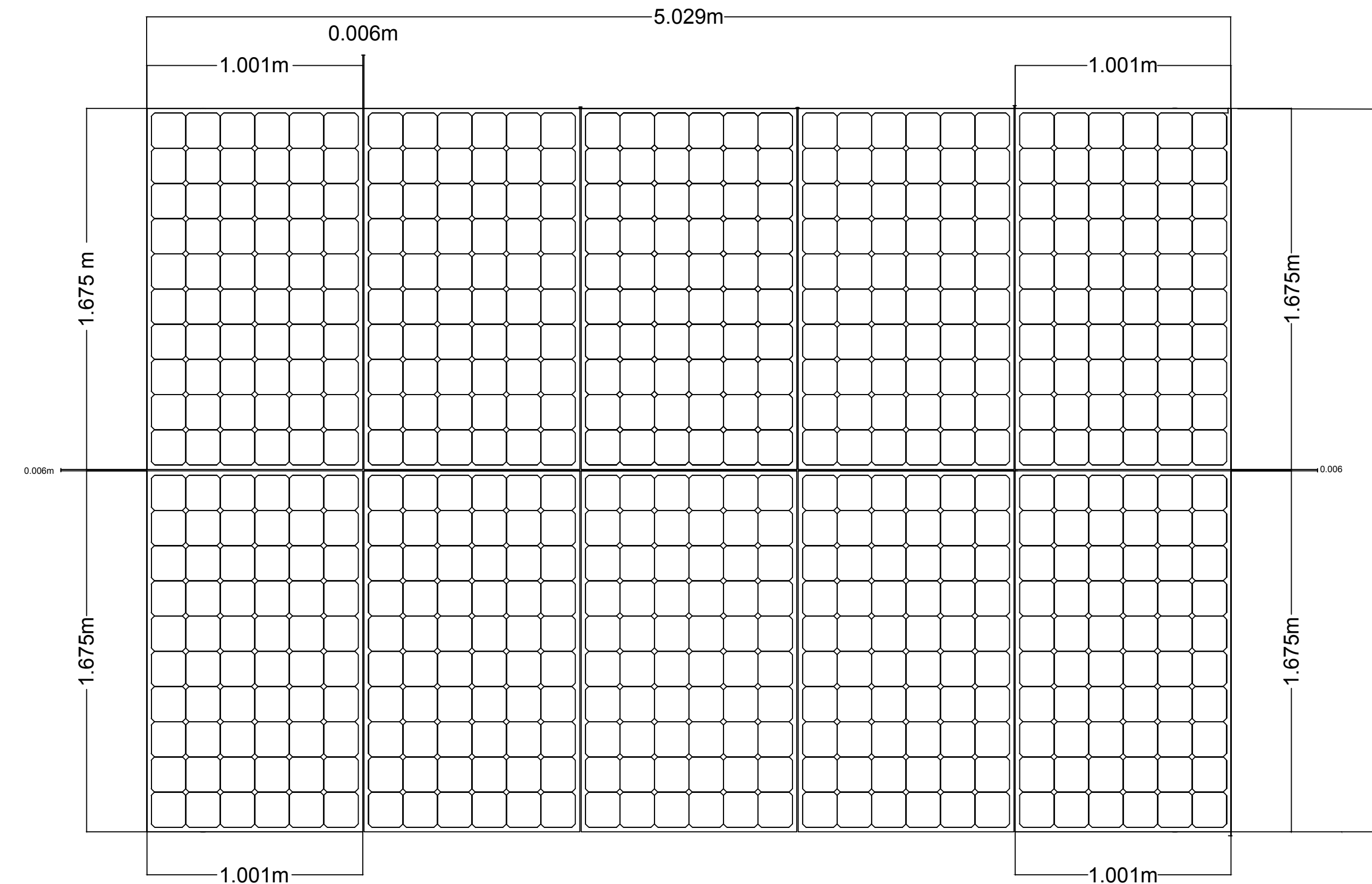


Anexo D

Dimensiones del Módulo Fotovoltaico



Dimensiones del Arreglo Fotovoltaico



Vista trasera del Arreglo Fotovoltaico

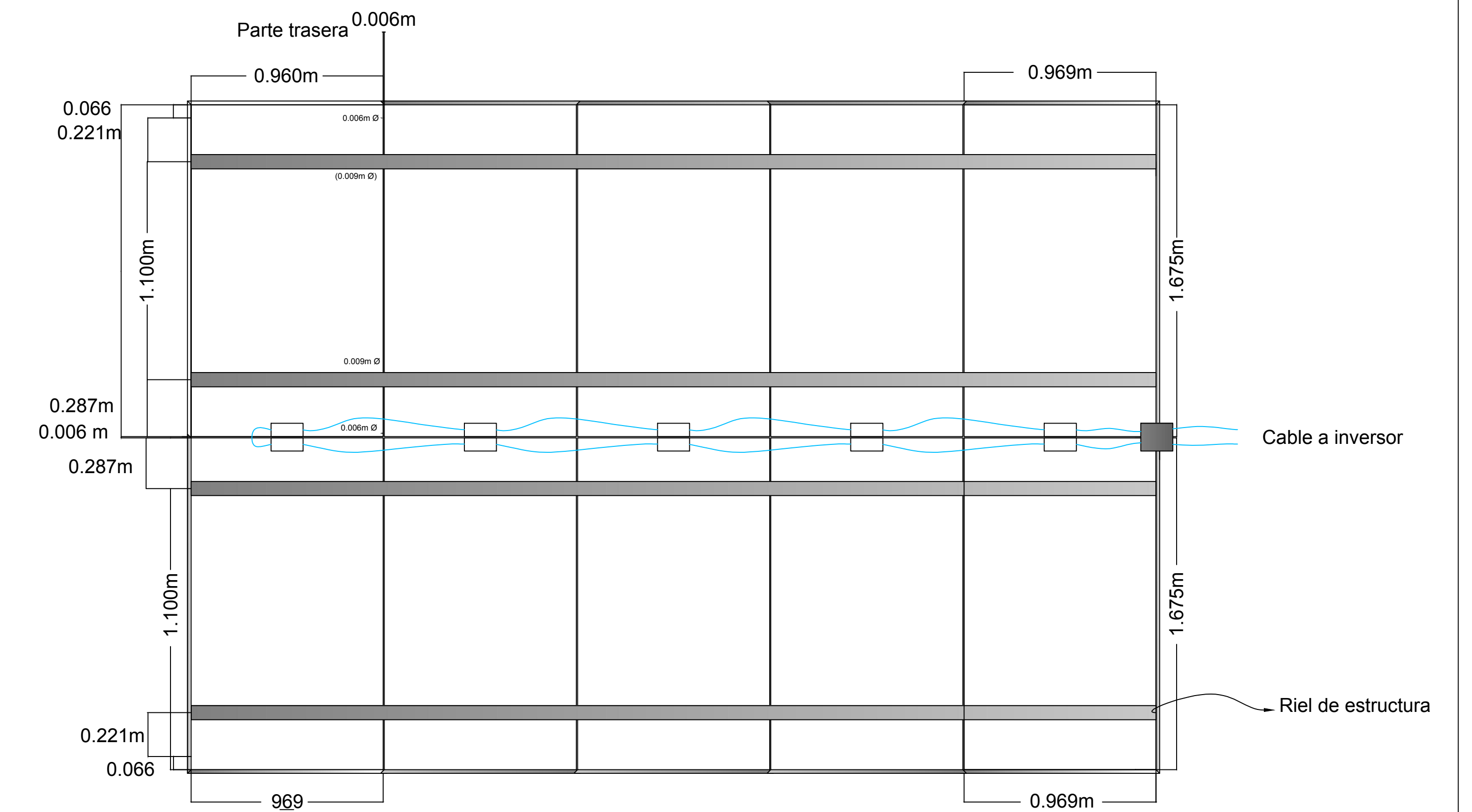
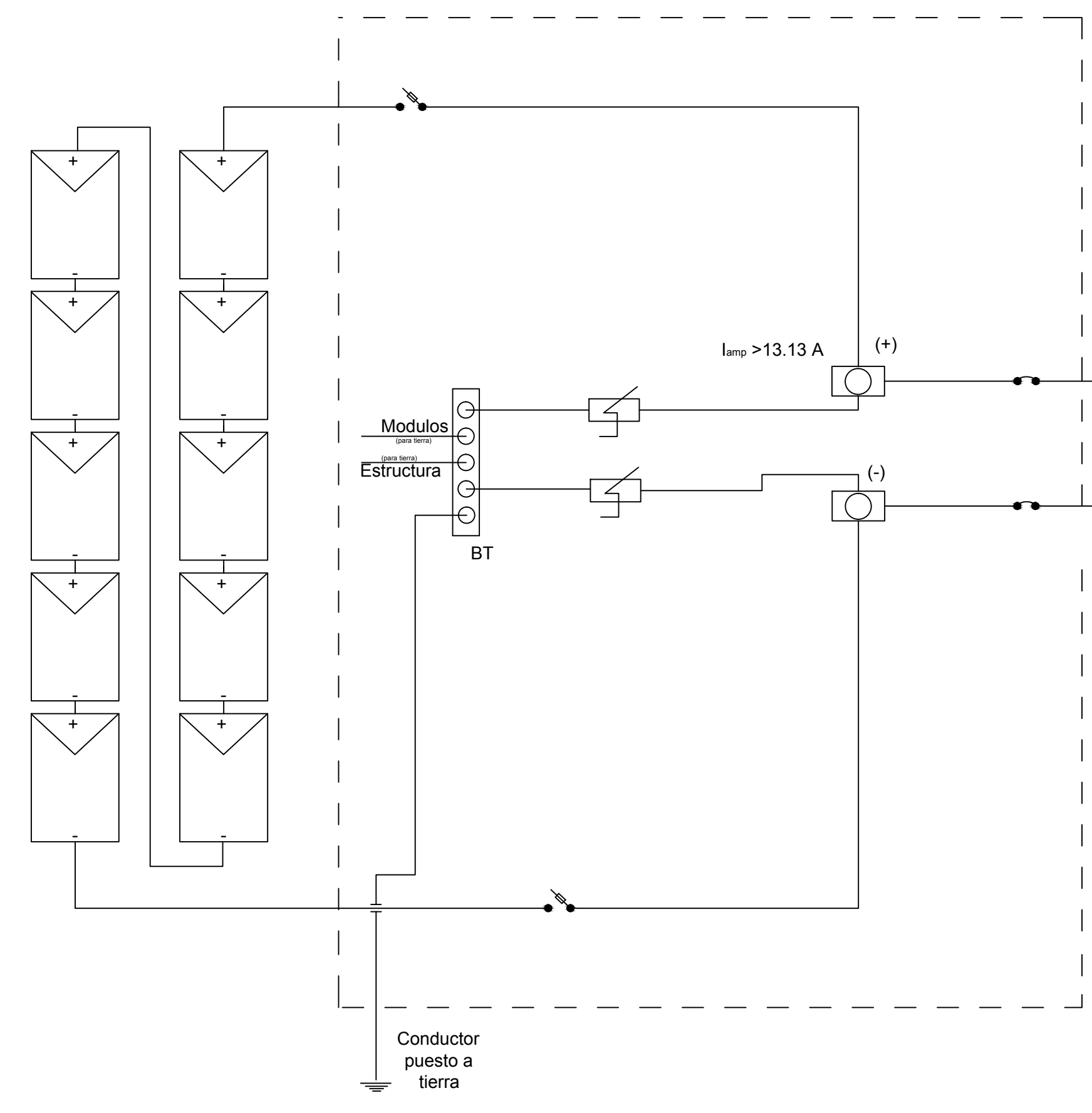
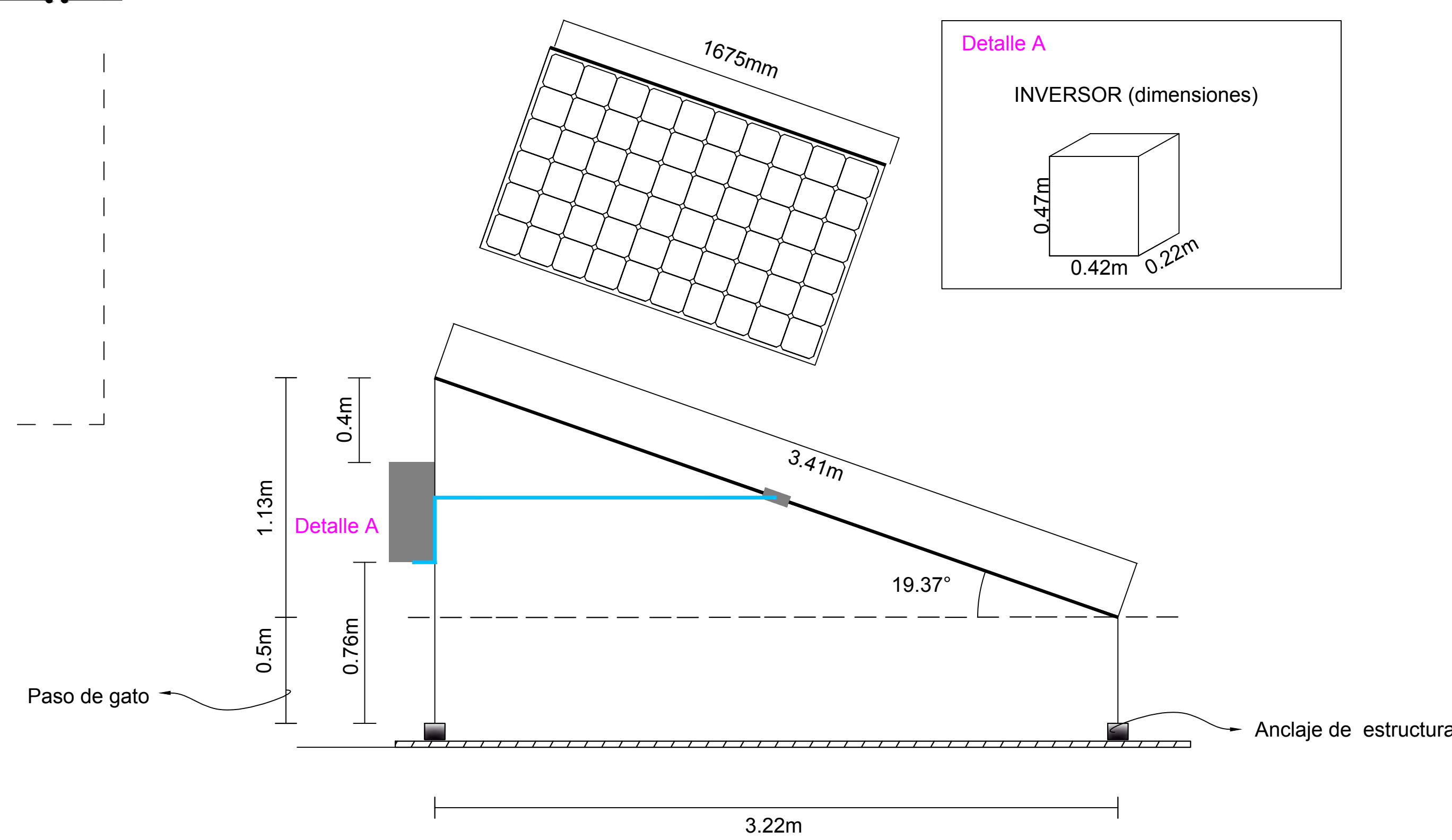


Diagrama Eléctrico

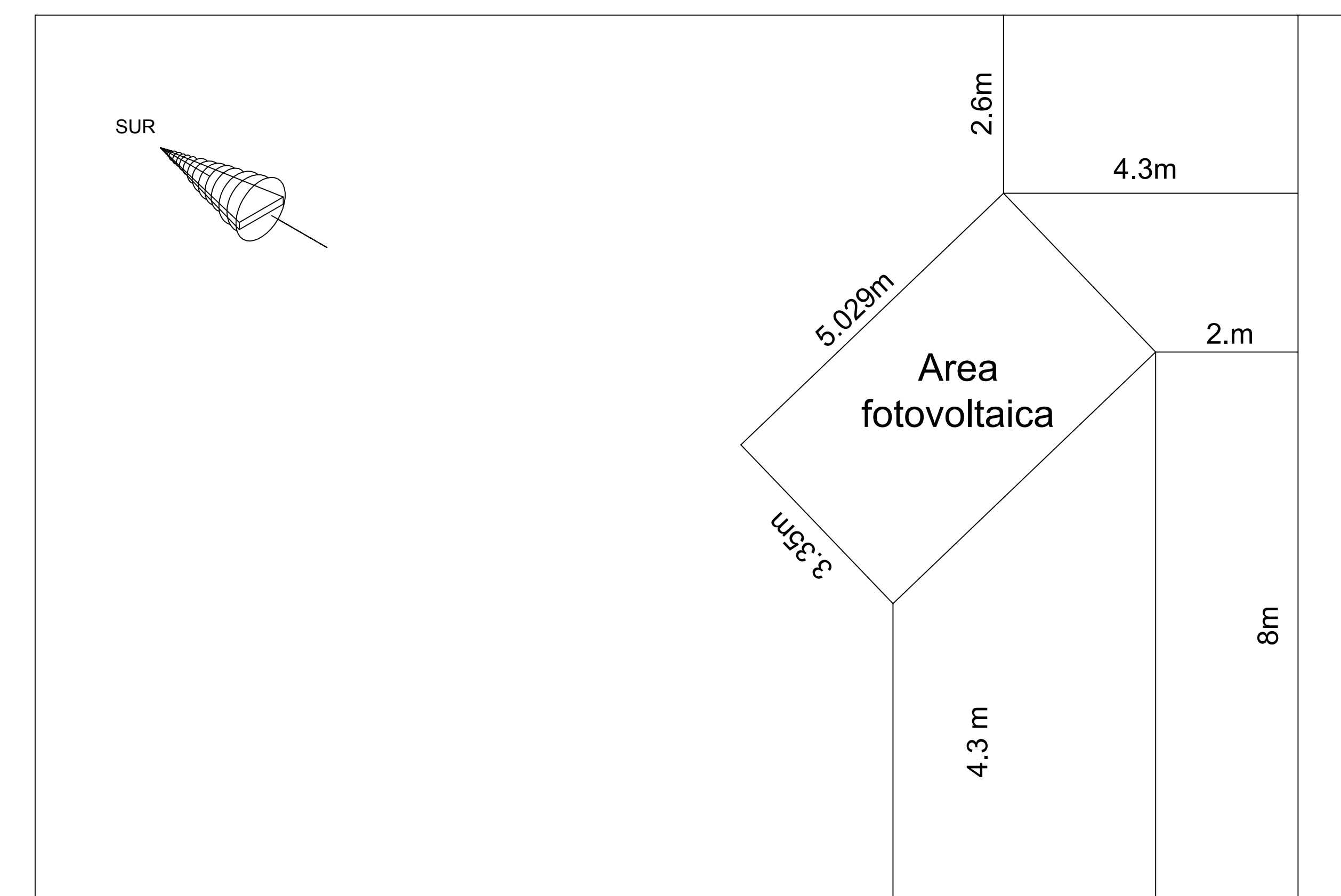


BT: Bus como terminal de tierra.

Perfil de estructura



Plano de Azotea



Universidad Nacional Autónoma de México		
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza		
Tesis: Diseño y Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la Unidad Acuícola Experimental de la FES Zaragoza.		
Dibujo:	Fecha: 24/06/2014	Plano:
Osomio Morales Mabel Anahi		Arreglo fotovoltaico interconectado a la red.
Reyes Iturbide Alferdo Ricardo		

SEGUNDA SECCION

SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización).

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Energía.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2005, INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION), APROBADA EN LA CUARTA SESION ORDINARIA DEL COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS, CELEBRADA EL 8 DE NOVIEMBRE DE 2005.

La Secretaría de Energía, por conducto de la Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares, con fundamento en los artículos 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38, 46, 47 y 51 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 13 fracción XVI y 19 fracciones V y VI, del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, expide y publica la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización), aprobada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, en su cuarta sesión ordinaria del día 8 de noviembre de 2005.

CONSIDERANDOS

Primero.- Que con fecha 27 de junio de 2005 el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas publicó en el Diario Oficial de la Federación, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-001-SEDE-2003, Instalaciones Eléctricas (utilización), a efecto de recibir comentarios de los interesados;

Segundo.- Que una vez transcurrido el término de 60 días a que se refiere el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para recibir los comentarios que se mencionan en el considerando inmediato anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas estudió dichos comentarios y elaboró las respuestas a los mismos;

Tercero.- Que con fecha 30 de noviembre de 2005, la Secretaría de Energía ordenó la publicación en el Diario Oficial de la Federación de las respuestas a los comentarios recibidos de los interesados;

Cuarto.- Que de lo expuesto en los considerandos anteriores se concluye que se ha dado cumplimiento al procedimiento que señalan los artículos 38, 44, 45, 46 y 47 y demás relativos a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Quinto.- Que en atención a la necesidad de contar con el instrumento normativo que regule las instalaciones eléctricas de utilización en forma permanente para salvaguardar la seguridad de los usuarios y sus pertenencias, se ha tenido a bien expedir la siguiente: Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización).

PREFACIO

La presente Norma Oficial Mexicana fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas (CCNNIE), con el apoyo de la Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares de la Secretaría de Energía y la coordinación de la Asociación de Normalización y Certificación, A.C. (ANCE), consultando trabajos, propuestas, comentarios y colaboraciones de las siguientes instituciones miembros del CCNNIE:

- Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas, AIUME
- Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsables, AMDROC
- Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción, AMERIC
- Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos Electricistas, AMIME
- Cámara Nacional de Comercio, CANACO
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, CMIC
- Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas, CANAME
- Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, A.C.
- Colegio Nacional de Ingenieros Químicos y Químicos, CONIQQ
- Comisión Federal de Electricidad, CFE

- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, CONAE
- Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos, CONCAMIN
- Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de la República Mexicana, FECIME
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, FIDE
- Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE
- Instituto Politécnico Nacional, IPN
- Laboratorio de pruebas de Equipos y Materiales de la CFE, LAPEM
- Luz y Fuerza del Centro, LyFC
- Petróleos Mexicanos, PEMEX
- Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, PAESE
- Secretaría de Economía, SE
- Secretaría de Gobernación, Dirección General de Protección Civil
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social, STPS
- Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 8 de noviembre de 2005.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, **Rubén Filemón Flores García**.- Rúbrica.

INDICE DEL CONTENIDO

Introducción

TITULO 1. Objetivo y campo de aplicación

TITULO 2. Referencias

TITULO 3. Principios fundamentales

TITULO 4. Especificaciones (capítulos 1 al 10 y Apéndice A)

TITULO 5. Lineamientos para la aplicación de las especificaciones en las instalaciones eléctricas (utilización)

TITULO 6. Cumplimiento

TITULO 7. Vigilancia

TITULO 8. Bibliografía

TITULO 9. Concordancia con normas internacionales

Transitorios

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2005, INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)

INTRODUCCION

La estructura de esta Norma Oficial Mexicana (en adelante NOM), responde a las necesidades técnicas que requiere la utilización de las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional; se cuida el uso de vocablos y se respetan los términos habituales, para evitar confusiones en los conceptos. Asimismo se han ordenado los textos procurando claridad de expresión y unidad de estilo para una más específica comprensión. Lo que hará más fácilmente atendible sus disposiciones.

El Título 3 de esta norma establece los principios fundamentales, los cuales no están sujetos a modificaciones en función de desarrollos tecnológicos.

El Título 4 "Especificaciones", contiene los requisitos técnicos cuya observancia tienen por objeto asegurar la conformidad de las instalaciones eléctricas a los principios fundamentales del Título 3 de esta Norma Oficial Mexicana.

En el Título 5 "Lineamientos para la aplicación de las especificaciones de la NOM", se establece la metodología para la apropiada aplicación de las disposiciones establecidas y una guía general para su interpretación formal.

1. Objetivo y campo de aplicación

1.1 Objetivo

1.1.1 El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- los choques eléctricos,
- los efectos térmicos,
- sobrecorrientes,
- las corrientes de falla y
- sobretensiones.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta norma garantiza el uso de la energía eléctrica en forma segura; asimismo esta norma no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

1.2 Campo de aplicación

1.2.1 Esta NOM cubre a las instalaciones destinadas para la utilización de la energía eléctrica en:

- a) Propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda, institucionales, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de tensiones eléctricas de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.
- b) Casas móviles, vehículos de recreo, construcciones flotantes, ferias, circos y exposiciones, estacionamientos, talleres de servicio automotor, estaciones de servicio, lugares de reunión, teatros, salas y estudios de cinematografía, hangares de aviación, clínicas y hospitales, construcciones agrícolas, marinas y muelles, entre otros.
- c) Sistemas de emergencia o reserva propiedad de los usuarios.
- d) Subestaciones, líneas aéreas de energía eléctrica y de comunicaciones e instalaciones subterráneas.
- e) Centrales eléctricas para Cogeneración o Autoabastecimiento.
- f) Cualesquiera otras instalaciones que tengan por finalidad el uso de la energía eléctrica, excepto lo indicado en 1.2.3.

1.2.2 Esta NOM cubre:

- a) Circuitos alimentados con una tensión nominal hasta 600 V de corriente alterna o 1 500 V de corriente continua, y algunas aplicaciones especificadas arriba de 600 V de corriente alterna o 1 500 V de corriente continua.
Para corriente alterna, la frecuencia tomada en cuenta en esta norma es 60 Hz. Sin embargo no se excluye el uso de otras frecuencias para aplicaciones especiales;
- b) Circuitos, que no sean los circuitos internos de aparatos, operando a una tensión superior a 600 V y que se derivan de una instalación con una tensión que no exceda de 600 V c.a., por ejemplo: los circuitos de lámparas a descarga, precipitadores electrostáticos;
- c) Todas las instalaciones del usuario situadas fuera de edificios;
- d) Alambrado fijo para telecomunicaciones, señalización, control y similares (excluyendo el alambrado interno de aparatos);
- e) Las ampliaciones o modificaciones a las instalaciones, así como a las partes de instalaciones existentes afectadas por estas ampliaciones o modificaciones.

Los equipos eléctricos sólo están considerados respecto a su selección y aplicación para la instalación correspondiente.

1.2.3 Esta NOM no se aplica en:

- a) Instalaciones eléctricas en barcos y embarcaciones.
- b) Instalaciones eléctricas para unidades de transporte público eléctrico, aeronaves o vehículos automotores.
- c) Instalaciones eléctricas del sistema de transporte público eléctrico en lo relativo a la generación, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica utilizada exclusivamente para la operación del equipo rodante o de señalización y comunicación.
- d) Instalaciones eléctricas en áreas subterráneas de minas, así como en la maquinaria móvil autopropulsada de minería superficial y el cable de alimentación de dicha maquinaria.
- e) Instalaciones de equipo de comunicaciones que esté bajo el control exclusivo de empresas de servicio público de comunicaciones donde se localice.

2. Referencias

Para la correcta utilización de esta Norma Oficial Mexicana, es necesario consultar los siguientes documentos, vigentes o los que los sustituyan:

NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.

NMX-J-098-ANCE-1999, Sistemas Eléctricos de Potencia-Suministro-Tensiones eléctricas normalizadas.

Procedimiento para la evaluación de la conformidad de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE, Instalaciones Eléctricas (Utilización).

3. Principios fundamentales

3.1 Protección para la seguridad

3.1.1 Generalidades

Los requisitos establecidos en este capítulo tienen el propósito de garantizar la seguridad de las personas, animales y los bienes contra los riesgos que puedan resultar de la utilización de las instalaciones eléctricas.

NOTA - En las instalaciones eléctricas, existen dos tipos de riesgos mayores:

- las corrientes de choque;
- las temperaturas excesivas capaces de provocar quemaduras, incendios u otros efectos peligrosos.

3.1.2 Protección contra los choques eléctricos

3.1.2.1 Protección contra los contactos directos

Las personas y los animales deben protegerse contra los riesgos que puedan resultar por el contacto con las partes vivas de la instalación.

Esta protección puede obtenerse por uno de los métodos siguientes:

- previniendo que una corriente pueda pasar a través del cuerpo de una persona o de un animal;
- limitando la corriente que pueda pasar a través del cuerpo a un valor inferior al de la corriente de choque.

3.1.2.2 Protección contra contactos indirectos

Las personas y los animales deben protegerse contra riesgos que puedan resultar por el contacto indirecto con las partes conductoras expuestas en caso de falla.

Esta protección puede obtenerse por uno de los métodos siguientes:

- previniendo que una corriente de falla pase a través del cuerpo de una persona o de un animal;
- limitando la corriente de falla que pueda pasar a través del cuerpo a un valor inferior al de la corriente de choque.
- efectuando la desconexión automática de la alimentación en determinado tiempo, evitando que después de que ocurra una falla que pueda causar que una corriente, fluya a través de un cuerpo en contacto con partes conductoras expuestas, cuando el valor de dicha corriente es igual o mayor que la corriente de choque.

NOTA- En relación con la protección contra los contactos indirectos, la aplicación del método de conexión de puesta a tierra, constituye un principio fundamental de seguridad.

3.1.3 Protección contra los efectos térmicos

La instalación eléctrica debe realizarse de tal forma que no exista ningún riesgo de ignición de materiales inflamables debido a las altas temperaturas o a los arcos eléctricos. Además, durante la operación normal del equipo eléctrico, no debe haber riesgo de que las personas o animales sufran quemaduras.

3.1.4 Protección contra sobrecorrientes

Las personas y los animales deben protegerse contra lesiones y los bienes contra daños debidos a temperaturas excesivas o esfuerzos electromecánicos ocasionados por cualquier sobrecorriente que pueda ocurrir en los conductores vivos.

Esta protección puede obtenerse, por uno de los métodos siguientes:

- la desconexión automática antes de que la sobrecorriente alcance un valor peligroso considerando su duración;
- limitando la máxima sobrecorriente a un valor seguro considerando su duración.

3.1.5 Protección contra las corrientes de falla

Los conductores que no sean los conductores vivos, y las otras partes diseñadas para conducir una corriente de falla, deben poder conducir estas corrientes sin alcanzar una temperatura superior a la máxima permisible para los conductores.

NOTAS:

- 1) Debe darse atención particular a las corrientes de falla a tierra y a las corrientes de fuga.
- 2) Para los conductores vivos, el cumplimiento con 3.1.4 asegura su protección contra sobrecorrientes causadas por fallas.

3.1.6 Protección contra sobretensiones

Las personas y los animales deben protegerse contra lesiones y los bienes contra daños que sean consecuencia de una tensión excesiva motivada por fenómenos atmosféricos, electricidad estática, fallas en la operación de los equipos de interrupción o bien por fallas entre partes vivas de circuitos alimentados a tensiones diferentes.

3.2 Planeación de las instalaciones eléctricas

3.2.1 Generalidades

Para la planeación, deben tomarse en cuenta los siguientes factores para proporcionar:

- protección de las personas, animales y los bienes de acuerdo con 3.1;
- funcionamiento satisfactorio de la instalación eléctrica acorde a la utilización prevista.

La información requerida para la planeación de la instalación eléctrica se indica en 3.2.2 al 3.2.5. Los requisitos para la planeación, se establecen en los artículos del 3.2.6 al 3.2.12.

NOTA: Se recomienda tomar provisiones sobre futuras ampliaciones o expansiones de las instalaciones, con objeto de garantizar la seguridad en las instalaciones eléctricas.

3.2.2 Características de la alimentación o alimentaciones disponibles

3.2.2.1 Naturaleza de la corriente: corriente alterna o corriente directa

3.2.2.2 Naturaleza y número de conductores:

- **Para corriente alterna:** Conductor(es) vivos; conductor neutro o puesto a tierra; conductor de puesta a tierra;
- **Para corriente directa:** Conductores equivalentes a los indicados anteriormente.

3.2.2.3 Valores nominales y tolerancias: tensiones y tolerancias; frecuencia y tolerancias; corriente máxima admisible; corriente probable de cortocircuito.

3.2.2.4 Medidas de protección inherentes en la alimentación; como por ejemplo: conductor neutro puesto a tierra, o conductor de puesta a tierra del punto medio o en el vértice de una fase (en un sistema delta abierto o cerrado).

3.2.2.5 Requisitos particulares de la alimentación de energía eléctrica, tales como: demanda, capacidad instalada, factor de demanda y tensión de alimentación.

3.2.3 Naturaleza de la demanda

El número y tipo de los circuitos alimentadores y derivados necesarios para iluminación, calefacción, fuerza motriz, control, señalización, telecomunicaciones, etc., se definen por:

- Puntos de consumo de la demanda de energía eléctrica;
- Cargas probables en los diferentes circuitos;
- Variación diaria y anual de la demanda;
- Condiciones especiales;
- Requisitos para las instalaciones de control, de señalización, de telecomunicaciones, etc.

3.2.4 Alimentación de emergencia o de reserva

- Fuente de alimentación (naturaleza, características).
- Circuitos alimentados por la fuente de emergencia.
- Circuitos alimentados por la fuente de reserva.

3.2.5 Condiciones ambientales

Deben considerarse las condiciones generales, y la clasificación de las condiciones ambientales en las instalaciones eléctricas.

3.2.6 Área de la sección transversal de los conductores

El área de la sección transversal de los conductores debe determinarse en función:

- a) de su temperatura máxima admisible;
- b) de la caída de tensión admisible;
- c) de los esfuerzos electromecánicos que puedan ocurrir en caso de un cortocircuito;
- d) a otros esfuerzos mecánicos a los que puedan someterse los conductores;
- e) el valor máximo de la impedancia con respecto al funcionamiento de la protección contra el cortocircuito.

NOTA - Los puntos enumerados anteriormente, conciernen en primer lugar, a la seguridad de las instalaciones eléctricas. Las áreas de sección transversal mayores que las requeridas para la seguridad pueden preferirse por operación económica.

3.2.7 Tipo de alambrado y métodos de instalación

La selección del tipo de alambrado y los métodos de instalación dependen de:

- La naturaleza del lugar;
- La naturaleza de las paredes u otras partes de los edificios que soportan el alambrado;
- La accesibilidad del alambrado a las personas y animales domésticos;
- La tensión eléctrica;
- Los esfuerzos electromecánicos que ocurren durante un cortocircuito;
- Otros esfuerzos a los cuales puedan exponerse los alambrados durante la realización de las instalaciones eléctricas o en servicio.

3.2.8 Dispositivos de protección

Las características de los equipos de protección, deben determinarse con respecto a su función, la cual puede ser por ejemplo, la protección contra los efectos de:

- sobrecorrientes (sobrecargas, cortocircuito);
- corriente de falla a tierra;
- sobretensiones;
- bajas tensiones y ausencia de tensión.

Los equipos de protección deben operar a los valores de corriente, tensión y tiempo los cuales se adaptan a las características de los circuitos y a los peligros posibles.

3.2.9 Control de emergencia

Si es necesario, en caso de peligro, la interrupción inmediata de la tensión de alimentación de las fuentes de energía, debe instalarse un dispositivo de interrupción de manera tal que sea fácilmente reconocible y rápidamente operable.

3.2.10 Dispositivos de desconexión

Deben proveerse dispositivos de desconexión para permitir desconectar de la instalación eléctrica, los circuitos o los aparatos individuales con el fin de permitir el mantenimiento, la comprobación, localización de fallas y reparaciones.

3.2.11 Prevención de las influencias mutuas

La instalación eléctrica debe estar dispuesta de tal forma que no haya influencia mutua perjudicial entre la instalación eléctrica y las instalaciones no eléctricas del edificio.

3.2.12 Accesibilidad de los equipos eléctricos

Los equipos eléctricos deben estar dispuestos para permitir tanto como sea necesario:

- espacio suficiente para realizar la instalación inicial y el posterior reemplazo del equipo eléctrico;
- accesibilidad para la operación, pruebas, inspección, mantenimiento y reparación.

NOTA: Para la definición de Accesible (aplicado a equipo) ver Capítulo 4.1, artículo 100, Definiciones.

3.2.13 Proyecto eléctrico

Las instalaciones destinadas para la utilización de la energía eléctrica, contempladas en esta NOM, deben contar con un proyecto (planos y memorias técnico-descriptivas)

3.3 Selección del equipo eléctrico

3.3.1 Generalidades

Todo equipo eléctrico utilizado en las instalaciones eléctricas debe cumplir con lo establecido en la Sección 110-2 de esta NOM.

3.3.2 Características

Cada equipo eléctrico seleccionado debe corresponder a las condiciones y características previstas para la instalación eléctrica (ver Capítulo 3.2); éstas deben en particular cumplir con los requisitos siguientes, cumpliendo con la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002:

3.3.2.1 Tensión

Los equipos eléctricos deben ser adecuados para el valor máximo de la tensión al cual van a operar (valor eficaz en corriente alterna), así como también a las sobretensiones que pudieran ocurrir.

NOTA - Para ciertos equipos puede ser necesario tomar en cuenta la tensión eléctrica más baja que pudiera presentarse.

3.3.2.2 Corriente eléctrica

Todos los equipos eléctricos deben seleccionarse considerando el valor máximo de la intensidad de corriente (valor eficaz en corriente alterna), que conducen en servicio normal, y considerando la corriente que pueda conducir en condiciones anormales, y el periodo (por ejemplo, tiempo de operación de los dispositivos de protección, si existen) durante el cual puede esperarse que fluya esta corriente.

3.3.2.3 Frecuencia

Si la frecuencia tiene una influencia sobre las características de los equipos eléctricos, la frecuencia nominal de los equipos debe corresponder a la frecuencia susceptible de producirse en el circuito.

3.3.2.4 Potencia

Todos los equipos eléctricos, seleccionados sobre la base de sus características de potencia, deben adecuarse para el servicio requerido del equipo, tomando en cuenta el factor de carga y las condiciones normales de servicio.

3.3.3 Condiciones de instalación

Todos los equipos eléctricos deben seleccionarse para poder soportar con seguridad los esfuerzos y las condiciones ambientales (ver el 3.2.5) característicos del lugar en donde se van a instalar, y a las que puedan someterse.

3.3.4 Prevención de los efectos nocivos

Todos los equipos eléctricos habrán de seleccionarse de manera que causen los menores efectos nocivos a otros equipos y a la alimentación durante el servicio normal, incluyendo las operaciones de interrupción.

En este contexto, los factores que pueden tener una influencia son:

- el factor de potencia;
- corrientes inducidas;
- cargas asimétricas;
- distorsión armónica.

3.4 Construcción y prueba inicial de las instalaciones eléctricas

3.4.1 Construcción

3.4.1.1 Son esenciales para la construcción de las instalaciones eléctricas una mano de obra efectuada por personal calificado y la utilización de materiales aprobados.

3.4.1.2 Las características del equipo eléctrico, una vez seleccionadas de acuerdo con lo establecido en 3.3, no deben modificarse o reducirse durante el proceso de instalación.

3.4.1.3 Los conductores deben identificarse de acuerdo con las Secciones aplicables de esta NOM.

3.4.1.4 Las conexiones entre conductores y otros equipos eléctricos, debe realizarse de tal manera que los contactos sean seguros y duraderos, de acuerdo con el Título 4 "Especificaciones".

3.4.1.5 Los equipos eléctricos deben instalarse de tal forma que no se afecten las condiciones de diseño de dichos equipos.

3.4.1.6 Los equipos eléctricos susceptibles de provocar altas temperaturas o arcos eléctricos, deben colocarse o protegerse para eliminar cualquier riesgo de ignición de materiales inflamables. Cuando la temperatura de cualquier parte expuesta del equipo eléctrico es susceptible de provocar lesiones a las personas, estas partes deben colocarse o protegerse para prevenir cualquier contacto accidental.

3.4.2 Prueba Inicial

Las instalaciones eléctricas deben probarse e inspeccionarse antes de ponerse en servicio y después de cualquier modificación importante, para comprobar la adecuada ejecución de los trabajos de acuerdo con esta NOM.

4. Especificaciones

Las especificaciones técnicas con que deben cumplir las instalaciones eléctricas objeto de esta Norma Oficial Mexicana son las establecidas en el Título 4 "Especificaciones" de esta NOM, en sus capítulos siguientes:

INDICE

- 4.1: Disposiciones Generales

Capítulo 1

Artículo 100 Definiciones

Artículo 110 Requisitos de las instalaciones eléctricas

- 4.2: Alambrado y Protección

Capítulo 2

Artículo 200 Uso e identificación de los conductores puestos a tierra

Artículo 210 Circuitos derivados

Artículo 215 Alimentadores

Artículo 220 Cálculo de los circuitos derivados, alimentadores y acometidas

Artículo 225 Circuitos alimentadores y derivados exteriores

- Artículo 230 Acometidas
- Artículo 240 Protección contra sobrecorriente
- Artículo 250 Puesta a tierra
- Artículo 280 Apartarrayos
- Artículo 285 Supresores de sobretensiones transitorias (SSTT)

- 4.3: Métodos de Alambrado y Materiales

Capítulo 3

- Artículo 300 Métodos de alambrado
- Artículo 305 Instalaciones provisionales
- Artículo 310 Conductores para alambrado en general
- Artículo 318 Soportes tipo charola para cables
- Artículo 320 Alambrado visible sobre aisladores
- Artículo 321 Alambrado soportado por un mensajero
- Artículo 324 Alambrado oculto sobre aisladores
- Artículo 325 Cables con separador integrado de gas (Tipo IGS)
- Artículo 326 Cables de media tensión MT (MV)
- Artículo 328 Cable plano tipo FCC
- Artículo 330 Cable con aislamiento mineral y cubierta metálica tipo MI
- Artículo 331 Tubo (conduit) no metálico
- Artículo 332 Tubo (conduit) de Polietileno
- Artículo 333 Cable armado tipo AC
- Artículo 334 Cables con armadura metálica tipo MC
- Artículo 336 Cables con cubierta no metálica, tipos NM, NMC y NMS
- Artículo 337 Cable plano tipo TWD
- Artículo 338 Cables de entrada de acometida
- Artículo 339 Cables para alimentadores y circuitos derivados subterráneos tipo UF
- Artículo 340 Cables de energía y control tipo TC para uso en soportes tipo charola
- Artículo 342 Extensiones no metálicas
- Artículo 343 Tubo (conduit) no metálico con cables preensamblados para usos subterráneos
- Artículo 344 Tubo (conduit) de polietileno de alta densidad para usos subterráneos
- Artículo 345 Tubo (conduit) metálico tipo semipesado
- Artículo 346 Tubo (conduit) metálico tipo pesado
- Artículo 347 Tubo (conduit) rígido no metálico
- Artículo 348 Tubo (conduit) metálico tipo ligero
- Artículo 349 Tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero
- Artículo 350 Tubo (conduit) metálico flexible
- Artículo 351 Tubo (conduit) flexible hermético a los líquidos metálico y no metálico
- Artículo 352 Canalizaciones superficiales metálicas y no metálicas
- Artículo 353 Ensamble de receptáculos múltiples
- Artículo 354 Canalizaciones bajo el piso
- Artículo 356 Canalizaciones en pisos metálicos celulares

- Artículo 358 Canalizaciones en pisos de concreto celular
- Artículo 362 Ductos metálicos y no metálicos con tapa
- Artículo 363 Cables planos tipo FC
- Artículo 364 Ductos con barras (electroductos)
- Artículo 365 Canalizaciones prealambradas
- Artículo 370 Cajas, cajas de paso y sus accesorios, utilizados para salida, empalme, unión o jalado
- Artículo 373 Gabinetes, cajas para cortacircuitos y bases para medidores
- Artículo 374 Canales auxiliares
- Artículo 380 Desconectores
- Artículo 384 Tableros de distribución y tableros de alumbrado y control

- 4.4: Equipos de Uso General

Capítulo 4

- Artículo 400 Cables y cordones flexibles
- Artículo 402 Cables para artefactos
- Artículo 410 Luminarios, portalámparas, lámparas y receptáculos
- Artículo 411 Sistemas de alumbrado que funcionan a 30 V o menos
- Artículo 422 Aparatos electrodomésticos y similares
- Artículo 424 Equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente
- Artículo 426 Equipo eléctrico fijo para descongelar y derretir nieve
- Artículo 427 Equipo eléctrico fijo para calentamiento de tuberías para líquidos y recipientes
- Artículo 430 Motores, circuitos de motores y sus controladores
- Artículo 440 Equipos de aire acondicionado y de refrigeración
- Artículo 445 Generadores
- Artículo 450 Transformadores y bóvedas para transformadores
- Artículo 455 Convertidores de fase
- Artículo 460 Capacitores
- Artículo 470 Resistencias y reactores
- Artículo 480 Baterías de acumuladores

4.5: Ambientes Especiales

Capítulo 5

- Artículo 500 Areas peligrosas (clasificadas), clases I, II y III, divisiones 1 y 2
- Artículo 501 Areas clase I
- Artículo 502 Areas clase II
- Artículo 503 Areas clase III
- Artículo 504 Sistemas intrínsecamente seguros
- Artículo 505 Areas clase I, zonas 0, 1 y 2
- Artículo 510 Areas peligrosas (clasificadas)-específicas
- Artículo 511 Estacionamientos comerciales, talleres de servicio y de reparación para vehículos automotores
- Artículo 513 Hangares de aviación
- Artículo 514 Gasolinerías y estacionamientos de servicio
- Artículo 515 Plantas de almacenamiento a granel

- Artículo 516 Procesos de aplicación por rociado, inmersión y recubrimiento
- Artículo 517 Instalaciones en lugares de atención de la salud
- Artículo 518 Lugares de reunión
- Artículo 520 Teatros, áreas de audiencia en cines y estudios de televisión y lugares similares
- Artículo 525 Atracciones móviles, circos, ferias y eventos similares
- Artículo 530 Estudios de cine, televisión y lugares similares
- Artículo 540 Proyector de cine
- Artículo 545 Edificios prefabricados
- Artículo 547 Construcciones agrícolas
- Artículo 550 Casas móviles, casas prefabricadas y sus estacionamientos
- Artículo 551 Vehículos de recreo y sus estacionamientos
- Artículo 552 Remolques estacionados
- Artículo 553 Construcciones flotantes
- Artículo 555 Marinas y muelles

4.6: Equipos Especiales

Capítulo 6

- Artículo 600 Anuncios luminosos y alumbrado de realce
- Artículo 604 Sistemas de alambrado prefabricados
- Artículo 605 Instalaciones en oficina
- Artículo 610 Grúas y polipastos
- Artículo 620 Elevadores, montacargas, escaleras eléctricas y pasillos móviles, escaleras y elevadores para sillas de rueda
- Artículo 625 Equipos para carga de vehículos eléctricos
- Artículo 630 Máquinas de soldar eléctricas
- Artículo 640 Equipos de grabación de sonido y similares
- Artículo 645 Equipos de procesamiento de datos y de cómputo electrónico
- Artículo 650 Organos tubulares
- Artículo 660 Equipos de rayos X
- Artículo 665 Equipo de calentamiento por inducción y por pérdidas dieléctricas
- Artículo 668 Celdas electrolíticas
- Artículo 669 Galvanoplastia
- Artículo 670 Maquinaria industrial
- Artículo 675 Máquinas de riego operadas o controladas eléctricamente
- Artículo 680 Albercas, fuentes e instalaciones similares
- Artículo 685 Sistemas eléctricos integrados
- Artículo 690 Sistemas solares fotovoltaicos
- Artículo 695 Bombas contra incendios

4.7: Condiciones Especiales

Capítulo 7

- Artículo 700 Sistemas de emergencia
- Artículo 701 Sistemas de reserva legalmente requeridos
- Artículo 702 Sistemas de reserva opcionales

- Artículo 705 Fuentes de producción de energía eléctrica conectada
- Artículo 710 Equipos que operan a tensiones eléctricas mayores de 600 V nominales
- Artículo 720 Circuitos y equipos que operan a menos de 50 V
- Artículo 725 Circuitos clase 1, clase 2 y clase 3 de control remoto, señalización y de potencia limitada
- Artículo 727 Cables para soportes tipo charola para conductores de instrumentación tipo ITC
- Artículo 760 Sistemas de alarma contra incendios
- Artículo 770 Cables y canalizaciones de fibra óptica
- Artículo 780 Sistemas de distribución de energía en lazo cerrado y programado

4.8: Sistemas de Comunicación

Capítulo 8

- Artículo 800 Circuitos de comunicaciones
- Artículo 810 Equipos de radio y televisión
- Artículo 820 Sistemas de distribución de antenas comunitarias de radio y televisión
- Artículo 830 Sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red

4.9: Instalaciones destinadas al Servicio Público

Capítulo 9

- Artículo 920 Disposiciones generales
- Artículo 921 Puesta a tierra
- Artículo 922 Líneas aéreas
- Artículo 923 Líneas subterráneas
- Artículo 924 Subestaciones
- Artículo 930 Alumbrado público

4.10: Tablas

Capítulo 10

Apéndices A, B1, B2, C y D.

4.1 DISPOSICIONES GENERALES

CAPITULO 1

ARTICULO 100 - DEFINICIONES

Alcance. Este Artículo contiene las definiciones esenciales para la aplicación apropiada de esta Norma Oficial Mexicana (en adelante NOM). No pretende incluir los términos generales comúnmente definidos o los términos técnicos definidos en otras normas. En general, sólo se definen términos utilizados en dos o más Artículos de esta norma. En algunos Artículos se incluyen otras definiciones de aplicación particular en el propio Artículo, pero puede hacerse referencia a ellas en este Artículo.

La parte A de este Artículo contiene las definiciones que se aplican dondequiera que los términos sean utilizados en esta norma. La parte B contiene las definiciones aplicables únicamente en las Secciones que cubren instalaciones y equipos que operan a más de 600 V nominales.

A. Definiciones generales

Accesible: (aplicado a los métodos de alambrado) Colocado de forma que pueda ser quitado o expuesto sin causar daño a la estructura o al acabado del edificio, o que no está permanentemente encerrado dentro de la estructura o del acabado del edificio (véase Oculto y Expuesto.)

Accesible: (aplicado a los equipos) equipo al que es posible aproximarse; no está resguardado por puertas con cerradura, ni por elevación, ni por otros medios.

Accesible, fácilmente: Elemento al que es posible aproximarse rápidamente para su operación, reposición o inspección, sin necesidad de escalar o quitar obstáculos, ni recurrir a escaleras portátiles, sillas, etcétera (véase Accesible) (aplicado a los equipos).

Acometida: Conductores de acometida que conecta la red del suministrador al alambrado del inmueble a servir.

Acometida aérea: Conductores de entrada de acometida, sistema aéreo, que van desde el último poste u otro soporte aéreo hasta un conector, incluyendo los empalmes, si existen, a los conductores de entrada de acometida en un edificio u otra estructura.

Acometida subterránea: Conductores de acometida subterránea entre la calle principal, incluyendo conductores verticales a un poste u otra estructura o desde el(los) transformadores y el primer punto de conexión de los conductores de entrada de acometida en una caja terminal o de punto de medición u otra caja dentro o fuera de la pared de la edificación. Donde no exista caja de terminales o medición u otro punto de conexión se considera ser un punto de entrada al interior de la edificación de los conductores de acometida.

A la vista de: Donde se especifique que un equipo debe estar "A la vista de" otro equipo, significa que un equipo debe estar visible desde el otro equipo y que no están separados más de 15 m uno del otro.

Alimentador: Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separadamente u otra fuente de alimentación y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

Alumbrado de realce: Disposición de lámparas incandescentes, de descarga o algún otro tipo de iluminación eléctrica para delinear o llamar la atención de ciertas características, tales como la forma de un edificio o la decoración de un escaparate.

Anuncio luminoso: Equipo de utilización fijo, estacionario o portátil, autocontenido, iluminado eléctricamente con palabras o símbolos, diseñado para comunicar información o llamar la atención.

Aparato a prueba de explosión: Aparato encerrado en una envolvente capaz de soportar una explosión que pueda ocurrir en su interior, y de prevenir la ignición de un gas o vapor específico que rodee la envolvente, por chispas o explosión del gas o vapor del interior de la envolvente y capaz de funcionar a una temperatura exterior tal que la atmósfera inflamable que le rodea no pueda ser incendiada por su causa.

Aparatos Electrodomésticos: Equipo de utilización, generalmente no industrial, que usualmente se fabrica en tamaños normalizados y que se instala o conecta como una unidad para realizar una o más funciones, como lavar ropa, acondicionar aire, mezclar alimentos, freír, etcétera.

Apartado, Separado: (aplicado a lugares) No accesible fácilmente por las personas, sin utilizar medios especiales.

Aprobado: Aceptado para su utilización. Véase 110-2.

A prueba de intemperie: Construido o protegido de modo que su exposición o uso a la intemperie no impida su buen funcionamiento.

NOTA: Los equipos a prueba de lluvia, herméticos a la lluvia o herméticos al agua pueden cumplir los requisitos de "a prueba de intemperie" cuando no influyen otras condiciones atmosféricas variables a la humedad, tales como la nieve, hielo, polvo o temperaturas extremas.

A prueba de lluvia: Construido, protegido o tratado para impedir que la lluvia interfiera con la operación satisfactoria del aparato bajo condiciones de prueba específica.

A prueba de polvo: Construido de tal forma que el polvo no interfiera en su operación satisfactoria.

A tierra: Conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.

Automático: Auto-actuante, que opera por su propio mecanismo cuando se le acciona por medio de una influencia impersonal, por ejemplo un cambio de intensidad de corriente eléctrica, presión, temperatura o configuración mecánica (véase no automático).

Autoridad competente: Secretaría de Energía; Dirección General de Instalaciones Eléctricas y Recursos Nucleares, conforme con sus atribuciones.

Cable de acometida: Conductores de acometida en forma de cable.

Caja para cortacircuitos (baja tensión): Envolvente diseñada para montaje superficial que tiene puertas abatibles, oscilantes o cubiertas superficiales sujetas en forma telescópica a las paredes de las cajas.

Caja de paso: Parte de un sistema de canalización con tubería de cualquier tipo para proveer acceso al interior del sistema de alambrado por medio de una cubierta o tapa removible. Podrá estar instalada al final o entre partes del sistema de canalización.

NOTA: Las cajas comúnmente denominadas FS y FD o de dimensiones mayores, de metal fundido o cajas de lámina metálica, no se clasifican como cajas de paso.

Cámara plena (de aire): Compartimento o cámara a la que están conectados uno o más conductos de aire y que forma parte del sistema de distribución de aire.

Canalización: Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita esta norma.

Capacidad de conducción de corriente: Corriente eléctrica expresada en amperes (A), que un conductor eléctrico puede conducir continuamente, bajo condiciones de uso normal, sin exceder su temperatura nominal.

Carga (eléctrica): Es la potencia instalada o demandada en un circuito eléctrico.

Carga continua: Aquella cuya corriente eléctrica nominal circule durante tres horas o más.

Carga no lineal: Aquella donde la forma de onda de la corriente eléctrica en estado estable no siga la forma de onda de la tensión eléctrica aplicada.

NOTA: Ejemplos de cargas que pueden ser no lineales: equipo electrónico, alumbrado de descarga eléctrica/electrónica, sistemas de velocidad variable, hornos de arco eléctrico y similares.

Centro de control de motores: Conjunto de una o más secciones encerradas, que tienen barras conductoras comunes y que contienen principalmente unidades para el control de motores.

Circuito de control remoto: Cualquier circuito eléctrico que controle a otro circuito a través de un relevador o dispositivo equivalente.

Circuito de señalización: Cualquier circuito eléctrico que suministre energía a equipos de señalización.

Circuito derivado: Conductor o conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a ese circuito hasta la o las salidas finales de utilización.

Circuito derivado de uso general: Circuito derivado que alimenta a diversas salidas para alumbrado y electrodomésticos.

Circuito derivado individual: Circuito derivado que alimenta a un solo equipo de utilización.

Circuito derivado, multiconductor: Circuito derivado que consta de dos o más conductores no puestos a tierra que tienen diferencia de potencial eléctrico entre ellos, y un conductor puesto a tierra que tiene la misma diferencia de potencial eléctrico entre él y cada conductor no puesto a tierra del circuito y que está conectado al neutro o al conductor puesto a tierra del sistema.

Circuito derivado para aparatos electrodomésticos: Circuito derivado que suministra energía eléctrica a una o más salidas a las que se conectan aparatos electrodomésticos; tales circuitos no deben contener elementos de alumbrado conectados permanentemente que no formen parte del aparato electrodoméstico.

Circuito no incendiario: Circuito en el que cualquier arco o efecto térmico producido en condiciones previstas de operación del equipo o que debido a la apertura, cortocircuito o la puesta a tierra del alambrado, en condiciones de prueba específica, no propicie la ignición de gases, vapores o mezclas aire-polvo inflamables.

Clavija: Dispositivo que por medio de su inserción en un receptáculo establece la conexión eléctrica entre los conductores de su propio cordón flexible y los conductores permanentemente conectados al receptáculo.

Cocineta, cocina unitaria para mostrador: Aparato electrodoméstico para preparación de alimentos, cocción, freído, asado; diseñado para integrarse o montarse sobre un mueble tipo mostrador y que consiste en uno o más elementos calefactores, alambrado interno y controles incorporados o montados por separado (véase también Hornos de pared).

Conductor aislado: Conductor rodeado de un material de composición y espesor indicados en esta NOM como aislamiento eléctrico.

Conductor cubierto: Conductor rodeado de un material de composición o espesor no indicados en esta NOM como aislamiento eléctrico.

Conductores de acometida: Conductores comprendidos desde el punto de acometida hasta el medio de desconexión de la acometida.

Conductores de entrada de acometida, sistema aéreo: Conductores de acometida comprendidos entre las terminales del equipo de la acometida y un punto comúnmente fuera del edificio, y separado de sus paredes, donde se unen por derivación o empalme a la bajada de la acometida aérea.

Conductores de entrada de acometida, sistema subterráneo: Conductores de acometida comprendidos entre las terminales del equipo de la acometida y el punto de conexión con la acometida subterránea.

Conductor del electrodo de puesta a tierra: Conductor utilizado para conectar el(los) electrodo(s) de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra del equipo, al conductor puesto a tierra o a ambos a la acometida en cada edificio o a la estructura donde esté alimentado desde una acometida común o a la fuente de un sistema derivado separadamente.

Conductor desnudo: Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conductor de puesta a tierra: Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a tierra.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: Conductor utilizado para conectar las partes metálicas no conductoras de corriente eléctrica de los equipos, canalizaciones y otras envolventes al conductor del sistema puesto a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra o ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado separadamente.

Conductor puesto a tierra: Conductor de un sistema o circuito intencionadamente puesto a tierra.

Conector o conectador: Dispositivo metálico que establece una conexión electromecánica y continua entre partes de un mismo conductor o entre dos o más conductores o a una terminal.

Conector a presión: (sin soldadura) Dispositivo para establecer una conexión entre dos o más conductores o entre uno o más conductores y una terminal por medio de presión mecánica, sin uso de soldadura.

Controlador: Dispositivo o grupo de dispositivos para gobernar, de un modo predeterminado, la energía eléctrica suministrada al aparato al cual está conectado.

Corriente de interrupción: Corriente eléctrica máxima a la tensión nominal que un dispositivo, es capaz de interrumpir bajo condiciones de prueba normalizadas. Los dispositivos diseñados para interrumpir corriente eléctrica a otros niveles distintos de los de falla, pueden tener su valor de interrupción expresado en función de otras unidades, como kW, kVA o corriente eléctrica a rotor bloqueado del motor.

Corriente Continua (c.c.): se denomina también corriente directa (c.d.) y ambos términos pueden emplearse para la identificación o marcado de equipos, aunque debe tenderse al empleo de c.c., que es el normalizado nacional e internacionalmente.

Cuarto de baño: Zona que incluye un lavabo y uno o más de los siguientes elementos: inodoro, tina o ducha.

Cubo del elevador: Abertura, escotilla, boca de pozo u otra abertura o espacio vertical diseñada para que dentro de ella funcione un elevador o montacargas.

Desconectores:

Desconector de aislamiento: Dispositivo diseñado para aislar un circuito eléctrico de su fuente de alimentación. No tiene corriente de interrupción y está diseñado para operar sin carga y únicamente después de que el circuito ha sido abierto por algún otro medio.

Desconector de aislamiento en derivación: Dispositivo operado manualmente usado en conjunto con un desconector de transferencia para constituir un medio de conexión directa de los conductores de carga a la fuente de alimentación y aislar el desconector de transferencia.

Desconector de transferencia: Dispositivo automático o no automático para transferir una o más conexiones de los conductores de carga de una fuente de alimentación a otra.

Desconector de uso general: Dispositivo diseñado para uso en circuitos de distribución general y derivados con el fin de conectar o desconectar cargas hasta su corriente y tensión eléctricas nominales. Tiene capacidad nominal en amperes y es capaz de interrumpir su corriente nominal a su tensión eléctrica nominal.

Desconector de uso general de acción rápida: Dispositivo de uso general construido de manera que pueda instalarse en cajas de dispositivos o sobre tapas de caja o utilizado junto con sistemas de alambrado reconocidos por esta norma.

Desconectador para circuito de motor: Dispositivo cuya potencia nominal es expresada como capacidad en kW o CP y que es capaz de interrumpir la máxima corriente eléctrica de operación en sobrecarga de un motor a la tensión nominal.

Dispositivo: Elemento de un sistema eléctrico destinado para conducir, pero no para consumir energía eléctrica.

Edificio o edificación: Estructura independiente o que está separada de otras estructuras adyacentes por medio de muros divisorios y que cuenta en todas sus aberturas con puertas.

Edificio de vivienda:

Unidad de vivienda: Una o más habitaciones para el uso de una o más personas formando una unidad y que incluye área de comedor, de estar, dormitorio e instalaciones permanentes de cocina y servicio sanitario.

Unidad de vivienda bifamiliar: Edificio que contiene solamente dos unidades de vivienda.

Unidad de vivienda multifamiliar: Edificio que contiene tres o más unidades de vivienda.

Unidad de vivienda unifamiliar: Edificio que contiene solamente una unidad de vivienda.

Encerrado: Rodeado por una carcasa, caja, cerca o paredes para evitar que las personas entren accidentalmente en contacto con partes energizadas.

Energizado(a): Conectado(a) eléctricamente a una fuente de diferencia de potencial.

Ensamble de salidas múltiples: Canalización superficial o empotrada diseñada para contener conductores y receptáculos ensamblados ya sea en campo o en fábrica.

Envolvente: Recinto, recipiente o carcasa de un aparato o la cerca o paredes que rodean una instalación para evitar que las personas entren en contacto accidental con partes energizadas o para protección de los equipos contra daño físico.

NOTA: Véase la Tabla 430-91 y Apéndice D para ejemplos de tipos de envolventes.

Equipo: Término general que incluye dispositivos, aparatos electrodomésticos, luminarios, aparatos y productos similares utilizados como partes de, o en conexión con una instalación eléctrica.

Equipo de acometida: Equipo necesario para servir de control principal y que usualmente consiste en un interruptor automático o desconectador y fusibles, con sus accesorios, localizado cerca del punto de entrada de los conductores de suministro a un edificio u otra estructura o a un área definida.

Equipo de utilización: Equipo que transforma, con cierta eficiencia, la energía eléctrica en energía mecánica, química, calorífica, luminosa u otras.

Equipo sellable: (precintable) Equipo con envolvente en forma de caja o gabinete provisto de medios de bloqueo o sello de manera que las partes energizadas no sean accesibles sin abrir la envolvente. El equipo puede o no ser accionable sin abrir la envolvente.

Escaparate: Ventana utilizada o diseñada para la exhibición de mercancías o material publicitario, que está total o parcialmente cerrada o totalmente abierta por detrás y que puede tener o no una plataforma a un nivel superior al del piso de la calle.

Etiquetado: Equipo o materiales que tienen adherida una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un organismo acreditado o dependencia que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o material etiquetado, y que es aceptable para la autoridad competente que se ocupa de la evaluación del producto. Con la etiqueta, símbolo u otra marca de identificación mencionada, el fabricante o proveedor indica que el equipo o material cumple con las normas aplicables o de su buen funcionamiento bajo requisitos específicos.

Expuesto: (aplicado a métodos de alambrado) Colocado sobre o fijado a la superficie o detrás de paneles diseñados para permitir el acceso (véase Accesible) (aplicado a los métodos de alambrado).

Expuesta: (aplicado a partes vivas) Que una persona puede inadvertidamente tocarla o acercarse a una distancia menor que la segura. Se aplica a las partes que no están adecuadamente resguardadas, separadas o aisladas (véase Accesible y Oculto).

Fácilmente accesible: (véase Accesible, fácilmente).

Factor de demanda: Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o a una parte del mismo.

Frente muerto: Sin partes vivas expuestas hacia una persona en el lado de accionamiento del equipo.

Gabinete: Envoltura diseñada para montaje superficial o empotrado, provista de un marco, montura o bastidor en el que se puede instalar una o varias puertas, en cuyo caso dichas partes deben ser oscilantes.

Garaje: (cochera, estacionamiento) Edificio o parte de éste en el que se guardan uno o más vehículos autopropulsados que transportan líquidos o gases volátiles inflamables como combustibles, que están ahí para su uso, venta, almacenamiento, renta, reparación, exhibición o demostración; y toda aquella porción de un edificio por encima o por debajo del nivel del piso en la que se guardan tales vehículos y que no está separada del mismo con medios adecuados.

NOTA: Respecto a los talleres de servicio y reparación para vehículos automotores, véase 511.

Hermético al agua: Construido para que la humedad no entre en la envoltura, en condiciones específicas de prueba.

Hermético a la lluvia: Construido o protegido de manera que no entre agua cuando se le expone a la lluvia batiente en condiciones específicas de prueba.

Hermético al polvo: Construido de modo que el polvo no entre en la envoltura en condiciones específicas de prueba.

Herraje: (accesorio) Contratuerca, boquilla (monitor) u otra parte de un sistema de alambrado, diseñado fundamentalmente para desempeñar una función más mecánica, que eléctrica.

Horno de pared: Horno para cocinar, diseñado para montarse empotrado o sobre una pared u otra superficie, el cual consiste en uno o más elementos calefactores, alambrado interno y controles incorporados o para montarse por separado (véase Cocineta, Cocina unitaria para mostrador).

Identificado: (aplicado a los equipos) Reconocido como adecuado para un propósito específico, función, uso, entorno, aplicación, por medio de una identificación donde esté así descrito como requisito particular de esta norma (véase Equipo).

NOTA: La adecuación de un equipo para un propósito específico, uso, entorno o aplicación específica puede ser determinada por un organismo acreditado para la evaluación de la conformidad del producto. La identificación puede evidenciarse por medio de un listado o marca de conformidad (véase Listado, Marcado).

Interruptor automático: Dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito por medios no automáticos y para abrir el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada, sin dañarse a sí mismo, cuando se aplica correctamente dentro de su valor nominal.

NOTA: El medio de apertura automática puede ser integral que actúa directamente con el interruptor automático o situado a distancia del mismo.

Ajustable: Indica que el interruptor automático puede regularse para cambiar el valor de disparo dentro de límites definidos.

Ajuste: El valor de corriente eléctrica, de tiempo o de ambos, a los cuales se regula el disparo de un interruptor automático ajustable.

De disparo instantáneo: Término calificador que indica que en la acción de disparo del interruptor automático no se ha introducido intencionalmente algún retardo.

De retardo inverso: Término calificador que indica que en la acción de disparo del interruptor automático se ha introducido intencionalmente un retardo que decrece a medida que la magnitud de la corriente eléctrica aumenta.

No ajustable: Término calificador que indica que el interruptor automático no puede regularse para cambiar el valor de la corriente eléctrica a la cual dispara o el tiempo requerido para su funcionamiento.

Interruptor de circuito por falla a tierra: Dispositivo diseñado para la protección de personas, que funciona para desenergizar un circuito o parte del mismo, dentro de un periodo determinado, cuando una corriente eléctrica a tierra excede un valor predeterminado, menor que el necesario para accionar el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito de alimentación.

Líquido volátil inflamable: Líquido inflamable con punto de inflamación inferior a 38°C. Líquido inflamable cuya temperatura está por encima de su punto de inflamación, o un combustible líquido de Clase II con una presión de vapor no mayor que 276 kPa a 38°C, y cuya temperatura está por encima de su punto de inflamación.

Listado: Equipos, productos o servicios aprobados y certificados por un organismo de certificación acreditado para la evaluación del producto e incluidos en una lista publicada por el mismo organismo. Los equipos o productos deben cumplir con lo indicado en 110-2.

Locales húmedos: (véase Lugares)

Locales mojados: (véase Lugares)

Locales secos: (véase Lugares)

Localización o Lugar: (véase Lugares)

Lugares:

Lugar húmedo: Lugar parcialmente protegido bajo aleros, marquesinas, porches techados abiertos y lugares similares y lugares interiores sujetos a un grado moderado de humedad como algunos sótanos, graneros y almacenes refrigerados.

Lugar mojado: Instalación subterránea o dentro de losas o mampostería de concreto, que está en contacto directo con el terreno o un lugar sometido a saturación con agua u otros líquidos, tal como área de lavado de vehículos o un lugar expuesto a la intemperie y no protegido.

Lugar seco: Lugar que normalmente no está húmedo o sujeto a ser mojado. Un local clasificado como seco puede estar temporalmente húmedo o sujeto a ser mojado, como en el caso de un edificio en construcción.

Luminario: equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios para fijar, proteger y operar estas lámparas y los necesarios para conectarlas al circuito de utilización eléctrica.

Marcado (aplicado a marca de conformidad): Equipo o materiales que tienen adherida una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un organismo acreditado o dependencia que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o material etiquetado, y que es aceptable para el organismo que se ocupa de la evaluación de la conformidad del producto. Con la etiqueta, símbolo u otra marca de identificación mencionada, el fabricante o proveedor indica que el equipo o material cumple con las normas aplicables o su buen funcionamiento bajo requisitos específicos (véase 110-2.)

Medio de desconexión: Dispositivo o conjunto de dispositivos u otros medios por medio de los cuales los conductores de un circuito pueden ser desconectados de su fuente de alimentación.

No automático: Acción que requiere de la intervención de personal para su control. Cuando se aplica a un controlador eléctrico, el control no automático no implica necesariamente un controlador manual, sino que es necesaria la intervención de una persona (véase Automático).

Oculto: Que resulta inaccesible por la estructura o acabado del edificio. Los conductores en canalizaciones ocultas son considerados ocultos, aunque se hacen accesibles al extraerlos de las canalizaciones. (Véase Accesible) (aplicado a los métodos de alambrado).

Operable desde fuera: Capaz de ser operado sin que el operario esté expuesto a contacto con partes vivas.

Panel: Placa, entrepaño, tramo, segmento, cuadro o compartimento.

Partes vivas: Conductores, barras conductoras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, que representan riesgo de choque eléctrico.

Permiso especial: Autorización escrita de la autoridad competente.

Persona calificada. Es aquella persona física cuyos conocimientos y facultades especiales para intervenir en el proyecto, cálculo, construcción, operación o mantenimiento de una determinada instalación eléctrica han sido comprobados en términos de la legislación vigente o por medio de un procedimiento de evaluación de la conformidad bajo la responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones.

Protección de falla a tierra de equipos: Sistema diseñado para dar protección a los equipos contra daños por corrientes de falla entre línea y tierra, que hacen funcionar un medio de desconexión que desconecta los conductores no puestos a tierra del circuito afectado. Esta protección es activada a niveles de corriente eléctrica inferiores a los necesarios para proteger a los conductores contra daños mediante la operación de un dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito alimentador.

Protector térmico: (aplicado a motores) Dispositivo de protección, para ser instalado como parte integral de un motor o motor-compresor y el cual, cuando se utiliza de manera apropiada, protege al motor contra sobrecalentamiento peligroso debido a sobrecarga o falla del arranque.

NOTA: El protector térmico puede consistir de uno o más elementos sensores integrados en el motor o motor-compresor y un dispositivo de control externo.

Protegido térmicamente: (aplicado a motores) Las palabras "protegido térmicamente", en la placa de datos del motor o motor-compresor, indican que el motor tiene un protector térmico.

Puente de unión: Conductor confiable, para asegurar la conductividad eléctrica requerida entre partes metálicas que requieren ser conectadas eléctricamente.

Puente de unión, circuito: Conexión entre partes de un conductor en un circuito para mantener la capacidad de conducción de corriente requerida por el circuito.

Puente de unión, equipo: Conexión entre dos o más partes del conductor de puesta a tierra del equipo.

Puente de unión, principal: Conexión en la acometida entre el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra del equipo.

Puesto a tierra: Conectado al terreno natural o a algún cuerpo conductor que pueda actuar como tal.

Puesto a tierra eficazmente: Conectado al terreno natural intencionalmente a través de una conexión o conexiones a tierra que tengan una impedancia suficientemente baja y capacidad de conducción de corriente, que prevengan la formación de tensiones eléctricas peligrosas a las personas o a los equipos conectados.

Punto de acometida: Punto de conexión entre las instalaciones de la empresa suministradora y las del usuario.

Receptáculo: Dispositivo de contacto eléctrico instalado en una salida para la conexión de una sola clavija. Un receptáculo sencillo es un dispositivo de contacto de un solo juego de contactos. Un receptáculo múltiple es aquel que contiene dos o más dispositivos de contacto en el mismo chasis.

Resguardado: Cubierto, blindado, cercado, encerrado o protegido de otra manera, por medio de cubiertas o tapas adecuadas, barreras, rieles, pantallas, placas o plataformas que evitan el riesgo de acercamiento o contacto de personas u objetos a un punto peligroso.

Rótulo: (véase Anuncio luminoso).

Salida: Punto en un sistema de alambrado en donde se toma corriente eléctrica para alimentar al equipo de utilización.

Salida de fuerza: Conjunto con envolvente que puede incluir receptáculos, interruptores automáticos, portafusibles, desconectores con fusibles, barras conductoras de conexión común y bases para montaje de wathorímetros; diseñado para suministrar y controlar el suministro de energía eléctrica a casas móviles, paraderos para remolques, vehículos de recreo, remolques o embarcaciones; o para servir como medio de distribución de la energía eléctrica necesaria para operar equipo móvil o instalado temporalmente.

Salida para receptáculos: Salida en la que están instalados uno o más receptáculos.

Salida para alumbrado: Salida diseñada para la conexión directa de un portalámparas, una luminario o un cordón colgante que termine en un portalámparas.

Servicio:

Servicio continuo: Funcionamiento con una carga prácticamente constante durante un periodo largo indefinido.

Servicio por tiempo corto: Funcionamiento con una carga prácticamente constante durante un periodo corto y específicamente definido.

Servicio intermitente: Funcionamiento por intervalos alternativos de (1) con carga y sin carga; (2) con carga y en reposo, o (3) con carga, sin carga y en reposo.

Servicio periódico: Funcionamiento intermitente en el que las condiciones de carga son regularmente recurrentes.

Servicio variable: Funcionamiento con cargas e intervalos de tiempo, que pueden estar sometidos a variaciones amplias.

Sistema de alambrado de usuarios: Alambrado interior y exterior incluyendo circuitos de fuerza, alumbrado, control y señalización con todos sus herrajes, accesorios y dispositivos de alambrado asociados, ya sean permanentes o temporalmente instalados, que parten desde el punto de acometida de los conductores del suministrador o fuente de un sistema de derivado separadamente hasta las salidas. Dicho alambrado no incluye el alambrado interno de aparatos electrodomésticos, luminarios, motores, controladores, centros de control de motores y equipos similares.

Sistema derivado separadamente: Sistema de alambrado de una propiedad, cuya energía procede de una batería, sistema fotoeléctrico solar o de un generador, transformador o devanados de un convertidor y que no tiene conexión eléctrica directa incluyendo al conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, con los conductores de suministro que provengan de otro sistema.

Sistema solar fotovoltaico: El total de componentes y subsistemas que, en combinación, convierten la energía solar en energía eléctrica apropiada para la conexión a una carga de utilización.

Sobrecarga: Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad nominal, de plena carga, o de un conductor que excede su capacidad de conducción de corriente nominal, cuando tal funcionamiento, al persistir por suficiente tiempo puede causar daños o sobrecalentamiento peligroso. Una falla, tal como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga (véase Sobrecorriente).

Sobrecorriente: Cualquier corriente eléctrica en exceso del valor nominal de los equipos o de la capacidad de conducción de corriente de un conductor. La sobrecorriente puede ser causada por una sobrecarga (véase definición de "sobrecarga"), un cortocircuito o una falla a tierra.

NOTA: Una corriente eléctrica en exceso de la nominal puede ser absorbida por determinados equipos y conductores si se presenta un conjunto de condiciones. Por eso, las reglas para protección contra sobrecorriente son específicas para cada situación en particular.

Tablero de alumbrado y control: Panel sencillo o grupo de paneles unitarios diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, accesible únicamente desde el frente, que incluye barras conductoras de conexión común y dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección, y está equipado con o sin desconectores para el control de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; diseñado para instalarlo dentro de un gabinete o caja de cortacircuitos ubicada dentro o sobre un muro o pared divisora y accesible únicamente desde el frente (véase Tablero de distribución).

Tablero de distribución: Panel grande sencillo, estructura o conjunto de paneles donde se montan, ya sea por el frente, por la parte posterior o en ambos lados, desconectores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otras protecciones, barras conductoras de conexión común y usualmente instrumentos. Los tableros de distribución de fuerza son accesibles generalmente por la parte frontal y la posterior, y no están previstos para ser instalados dentro de gabinetes.

Tensión eléctrica a tierra: En los circuitos puestos a tierra, es la tensión eléctrica entre un conductor dado y aquel punto o el conductor del circuito que es puesto a tierra. En circuitos no puestos a tierra es la mayor diferencia de potencial entre un conductor determinado y otro conductor de referencia del circuito.

Tensión eléctrica (de un circuito): Es el mayor valor eficaz (raíz cuadrática media), de la diferencia de potencial entre dos conductores determinados. Es la mayor diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos cualesquiera de la instalación.

NOTA: Algunos sistemas, como los trifásicos de cuatro hilos, monofásicos de tres hilos y de c.c. de tres hilos, pueden tener varios circuitos a diferentes tensiones eléctricas.

Tensión eléctrica nominal: Valor nominal asignado a un circuito o sistema para la designación de su clase de tensión eléctrica. La tensión eléctrica real a la cual un circuito opera puede variar de la nominal dentro de una gama que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos.

Tubo (conduit): Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular, sección circular.

Unión: Conexión permanente de partes metálicas, que no lleva corriente normalmente, que forma una trayectoria eléctricamente conductora que asegure la continuidad y capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica a la que puedan estar sometidas.

Ventilado: Provisto de medios que permiten una circulación de aire suficiente para remover un exceso de calor, humos o vapores.

B. Definiciones generales para instalaciones de tensión eléctrica nominal superior a 600 V

En tanto que las definiciones generales de la Parte A anterior se aplican en todos los casos en que aparecen tales términos a lo largo de esta norma, las que siguen generalmente se aplican en las partes del Artículo que específicamente cubre a las instalaciones y equipos que operan a más de 600 V nominales.

Cortacircuitos: (véase Dispositivos de interrupción).

Cortacircuitos en aceite: (véase Dispositivos de interrupción).

Desconectador de desviación del regulador: (véase Dispositivos de interrupción).

Dispositivo de interrupción: Dispositivo diseñado para cerrar, abrir o cerrar y abrir, uno o más circuitos eléctricos.

Dispositivos de interrupción:

Cortacircuitos: Conjunto formado por un soporte para fusible con portafusible o una cuchilla de desconexión. El portafusible puede incluir un elemento conductor (elemento fusible) o puede actuar como cuchilla de desconexión mediante la inclusión de un elemento no fusible

Cortacircuitos en aceite: Dispositivo en el cual todo o parte de la base del fusible y su elemento fusible o cuchilla de desconexión están totalmente sumergidos en aceite, los contactos y la parte fusible del elemento conductor (elemento fusible) de modo que la interrupción del arco, ya sea por la ruptura del elemento fusible o la apertura de los contactos ocurran dentro del aceite.

Desconectador: Dispositivo capaz de cerrar, conducir e interrumpir corrientes eléctricas nominales especificadas.

Desconectador de desviación del regulador: Dispositivo específico o combinación de dispositivos diseñados para desviar a un regulador de tensión eléctrica.

Desconectador en aceite: Desconectador que tiene contactos que funcionan sumergidos en aceite o en cualquier otro líquido aislante adecuado.

Desconectador separador (de aislamiento): Dispositivo mecánico de desconexión utilizado para aislar a un circuito o equipo de una fuente de energía.

Interruptor de potencia: Dispositivo de interrupción capaz de conectar, conducir e interrumpir corrientes eléctricas bajo condiciones normales del circuito y conectar, conducir por un tiempo especificado e interrumpir corrientes en condiciones anormales especificadas del circuito, tales como las de cortocircuito.

Medios de desconexión: Un dispositivo o conjunto de dispositivos u otros medios en los cuales los conductores del circuito pueden ser desconectados desde su fuente de suministro.

Fusible: Dispositivo de protección contra sobrecorriente con una parte que se funde cuando se calienta por el paso de una sobrecorriente que circule a través de ella e interrumpe el paso de la corriente eléctrica.

NOTA: El fusible comprende todas las partes que forman una unidad capaz de efectuar las funciones descritas y puede ser o no el dispositivo completo requerido para su conexión en el circuito eléctrico.

Fusible accionado electrónicamente: Dispositivo de protección contra sobrecorriente que consiste generalmente de un módulo de control el cual proporciona las características sensoras de corriente eléctrica, características tiempo-corriente electrónicamente derivadas, energía para iniciar el disparo y un módulo de interrupción que interrumpe la corriente eléctrica cuando se produce una sobrecorriente. Estos fusibles pueden operar o no como fusibles tipo limitador, dependiendo del tipo de control seleccionado.

Fusible de potencia con escape controlado: Fusible con medios para controlar la descarga generada por la interrupción del circuito de manera que materiales no sólidos puedan ser expulsados a la atmósfera que lo rodea.

NOTA: Este fusible está diseñado para que la descarga de gases no dañe o incendie el material aislante en la trayectoria de descarga o propague una chispa a/o entre elementos puestos a tierra o las partes conductoras en la trayectoria de la descarga, donde la distancia entre el escape y dichas partes de conducción o aislamiento estén de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Fusible de potencia no ventilado: Fusible que no tiene un medio intencional para el escape a la atmósfera circundante de gases, líquidos o partículas sólidas producidos por el arco durante la interrupción del circuito.

Fusible de potencia ventilado: Fusible que tiene un medio para el escape a la atmósfera circundante de gases, líquidos o partículas sólidas producidas por el arco durante la interrupción del circuito.

Fusible de potencia: (véase Fusible).

Fusible múltiple: Conjunto de dos o más fusibles unipolares.

Unidad fusible de expulsión: Fusible ventilado en el cual el efecto de expulsión de los gases producidos por el arco y el revestimiento del portafusible, extingue el arco, ya sea por sí mismos o con la ayuda de un resorte.

Unidad Fusible de potencia: Unidad fusible ventilada, no ventilada o de ventilación controlada en la cual la extinción del arco se efectúa por su alargamiento a través de un material sólido, granular o líquido, con o sin la ayuda de resorte.

ARTICULO 110 - REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

A. Disposiciones Generales

110-2. Aprobación. En las instalaciones eléctricas a que se refiere la presente NOM deben utilizarse materiales y equipos (productos) que cumplan con las normas oficiales mexicanas y a falta de éstas, con las normas mexicanas.

Los materiales y equipos (productos) de las instalaciones eléctricas sujetos al cumplimiento señalado en el párrafo anterior, deben contar con un certificado expedido por un organismo de certificación de productos, acreditado y aprobado.

Los materiales y equipos (productos) que cumplan con las disposiciones establecidas en los párrafos anteriores se consideran aprobados para los efectos de esta NOM.

110-3. Instalación y uso de los equipos. Los equipos y en general los productos eléctricos utilizados en las instalaciones eléctricas deben usarse o instalarse de acuerdo con las indicaciones incluidas en la etiqueta, instructivo o marcado.

110-4. Tensiones eléctricas. A lo largo de esta NOM, las tensiones eléctricas consideradas deben ser aquellas a las que funcionan los circuitos. La tensión eléctrica nominal de un equipo eléctrico no debe ser inferior a la tensión eléctrica real del circuito al que está conectado.

Tensión eléctrica nominal. Es el valor asignado a un sistema, parte de un sistema, un equipo o a cualquier otro elemento y al cual se refieren ciertas características de operación o comportamiento de éstos.

Tensión eléctrica nominal del sistema. Es el valor asignado a un sistema eléctrico. Como ejemplos de tensiones normalizadas, se tienen:

120/240 V; 220Y/127 V; 480Y/277 V; 480 V como valores preferentes

2 400 V como de uso restringido

440 V como valor congelado

NOTA: La tensión eléctrica nominal de un sistema es el valor cercano al nivel de tensión al cual opera normalmente el sistema. Debido a contingencias de operación, el sistema opera a niveles de tensión del orden de $\pm 10\%$ de la tensión eléctrica nominal del sistema para la cual los componentes del sistema están diseñados (véase la figura 110-4).

Tensión eléctrica nominal de utilización. Es el valor para determinados equipos de utilización del sistema eléctrico. Los valores de tensión eléctrica de utilización son:

En baja tensión: 115/230 V; 208Y/120 V; 460Y/265 y 460 V; como valores preferentes.

Nota: Véase NMX-J-098-ANCE tensiones normalizadas.

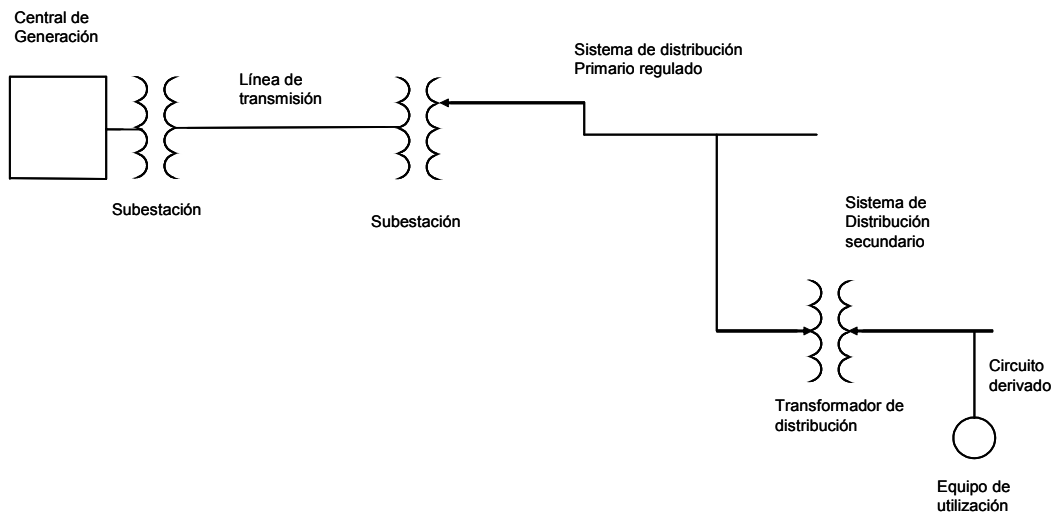


FIGURA 110-4.- Sistema eléctrico típico para la generación, transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica

Para otros niveles de tensión eléctrica y para complementar la información referente a tensiones normalizadas, debe consultarse la Norma Mexicana correspondiente.

110-5. Conductores. Los conductores normalmente utilizados para transportar corriente eléctrica deben ser de cobre, a no ser que en esta norma, se indique otra cosa. Si no se especifica el material del conductor, el material y las secciones transversales que se indiquen en esta norma se deben aplicar como si fueran conductores de cobre. Si se utilizan otros materiales, los tamaños nominales deben cambiarse conforme a su equivalente en cobre.

NOTA: Véase 310-14, conductores de aluminio.

110-6 Designación (tamaño) de los conductores. Los tamaños nominales de los conductores se indican como designación y se expresan en mm^2 y opcionalmente su equivalente en AWG (American Wire Gage) o en mil circular mils (kcmil).

110-7. Integridad del aislamiento. Todos los cables deben instalarse de modo que, cuando la instalación esté terminada, el sistema quede libre de cortocircuitos y de conexiones a tierra distintas de las necesarias o permitidas en el Artículo 250.

110-8. Métodos de alambrado. En esta norma sólo se consideran métodos de alambrado reconocidos como adecuados y se permiten en cualquier tipo de edificio o estructura, a menos que en esta norma se indique específicamente lo contrario.

110-9. Corriente de interrupción. Los equipos diseñados para interrumpir el paso de la corriente eléctrica en casos de falla, deben tener un rango de operación suficiente para que a la tensión eléctrica nominal interrumpan la corriente disponible en las terminales de línea del equipo.

Para niveles distintos a los de falla esos equipos deben ser capaces de, a la tensión nominal, interrumpir el paso de la corriente en su rango nominal.

110-10. Impedancia y otras características del circuito. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente, la impedancia total, las corrientes de interrupción de los componentes y otras características del circuito que haya que proteger, se deben elegir y coordinar de modo que permitan que los dispositivos para protección del circuito contra fallas, operen sin causar daños a los componentes eléctricos del circuito. Se debe considerar que se presenta la falla entre dos o más de los conductores del circuito o entre cualquier conductor del circuito y el conductor de puesta a tierra o la canalización metálica que lo rodea.

110-11. Agentes deteriorantes. No se deben instalar conductores o equipos en locales húmedos o mojados; ni donde estén expuestos a gases, humos, vapores, líquidos u otros agentes que puedan tener un efecto deteriorante sobre los conductores o equipos; ni expuestos a temperaturas excesivas, a menos que estén identificados para usarlos en entornos operativos con estas características.

NOTA 1: Respecto a la protección contra la corrosión, véase 300-6.

NOTA 2: Algunos limpiadores y lubricantes pueden causar grave deterioro de muchos materiales plásticos utilizados en aplicaciones de aislamiento y estructurales en los equipos.

Los equipos aprobados conforme con lo establecido en 110-2 para su uso en lugares secos sólo se deben proteger contra daños permanentes por la intemperie durante la construcción del edificio.

110-12. Ejecución mecánica de los trabajos. Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional. Si se utilizan tapas o placas metálicas en cajas o cajas de paso no metálicas éstas deben introducirse como mínimo 6 mm por debajo de la superficie externa de las cajas.

a) Aberturas no utilizadas. Las aberturas no utilizadas de las cajas, canalizaciones, canales auxiliares, gabinetes, carcasas o cajas de los equipos, se deben cerrar eficazmente para que ofrezcan una protección sustancialmente equivalente a la pared del equipo.

b) En envoltentes bajo la superficie. Los conductores deben estar soportados de modo tal que permitan el acceso fácil y seguro a las envoltentes subterráneas o bajo la superficie, a los que deban entrar personas para instalación y mantenimiento.

Nota: Por ejemplo, para bóvedas y registros, ver 923-3(f).

c) Integridad de los equipos y conexiones eléctricas. Las partes internas de los equipos eléctricos, como las barras colectoras, terminales de cables, aisladores y otras superficies, no deben estar dañadas o contaminadas por materias extrañas como restos de pintura, yeso, limpiadores, abrasivos o corrosivos. No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente al buen funcionamiento o a la resistencia mecánica de los equipos, como piezas rotas, dobladas, cortadas, deterioradas por la corrosión o por acción química o sobrecalentamiento o contaminadas por materiales extraños como pintura, yeso, limpiadores o abrasivos.

110-13. Montaje y enfriamiento de equipo

a) Montaje. El equipo eléctrico debe estar firmemente sujeto a la superficie sobre la que vaya montado. No deben utilizarse taquetes de madera en agujeros en ladrillo, concreto, yeso o en materiales similares.

b) Enfriamiento. El equipo eléctrico que dependa de la circulación natural del aire y de la convección para el enfriamiento de sus superficies expuestas, debe instalarse de modo que no se impida la circulación del aire ambiente sobre dichas superficies por medio de paredes o equipo instalado al lado. Para equipo diseñado para su montaje en el suelo, debe dejarse la distancia entre las superficies superior y las adyacentes para que se disipe el aire caliente que circula hacia arriba.

El equipo eléctrico dotado de aberturas de ventilación debe instalarse de modo que las paredes u otros obstáculos no impidan la libre circulación del aire a través del equipo.

110-14. Conexiones eléctricas. Debido a las diferentes características del cobre y del aluminio, deben usarse conectadores o uniones a presión y terminales soldables apropiados para el material del conductor e instalarse adecuadamente. No deben unirse terminales y conductores de materiales distintos, como cobre y aluminio, a menos que el dispositivo esté identificado (aprobado conforme con lo establecido en 110-2) para esas condiciones de uso. Si se utilizan materiales como soldadura, fundentes o compuestos, deben ser adecuados para el uso y de un tipo que no cause daño a los conductores, sus aislamientos, la instalación o a los equipos.

NOTA: En muchas terminales y equipo se indica su par de apriete máximo.

a) Terminales. Debe asegurarse que la conexión de los conductores a las terminales se realice de forma segura, sin deteriorar los conductores y debe realizarse por medio de conectadores de presión (incluyendo tornillos de fijación), conectadores soldables o empalmes a terminales flexibles. Se permite la conexión por medio de tornillos o pernos y tuercas de sujeción de cables y tuercas para conductores con designación de 5,26 mm² (10 AWG) o menores.

Las terminales para más de un conductor y las terminales utilizadas para conectar aluminio, deben estar identificadas para ese uso (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2).

b) Empalmes. Los conductores deben empalmarse con dispositivos adecuados según su uso o con soldadura de bronce, soldadura autógena, o soldadura con un metal de aleación fundible. Los empalmes soldados deben unirse primero, de forma que aseguren, antes de soldarse, una conexión firme, tanto mecánica como eléctrica (Véase 921-24(b)). Los empalmes, uniones y extremos libres de los conductores deben cubrirse con un aislamiento equivalente al de los conductores o con un dispositivo aislante adecuado.

Los conectadores o medios de empalme de los cables instalados en conductores que van directamente enterrados, deben estar listados (aprobados conforme con lo establecido en 110-2) para ese uso.

c) Limitaciones por temperatura. La temperatura nominal de operación del conductor, asociada con su capacidad de conducción de corriente, debe seleccionarse y coordinarse de forma que no exceda la temperatura de operación de cualquier elemento del sistema como conectadores, otros conductores o dispositivos que tengan la temperatura menor de operación. Se permite el uso de los conductores con temperatura nominal superior a la especificada para las terminales, mediante ajuste o corrección de su capacidad de conducción de corriente o ambas. Asegurando que la temperatura de operación no exceda a la del elemento de menor temperatura de operación.

1) Terminales de equipo. La determinación de terminales de equipo debe basarse en 110-14(a) o 110-14(b). A menos que el equipo esté aprobado o marcado de otra forma, la capacidad de conducción de corriente usada para determinar las terminales de equipo debe basarse en la tabla 310-16 con las modificaciones indicadas en 310-15.

- a. Las terminales de equipos para circuitos de 100 A nominales o menos o marcadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2) para conductores con designación de 2,08 mm² a 42,4 mm² (14 AWG a 1 AWG), deben utilizarse solamente para los casos siguientes:
 1. Conductores con temperatura de operación del aislamiento máxima de 60°C.
 2. Conductores con temperatura de operación del aislamiento, mayor, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores se determine basándose en la capacidad de conducción de corriente de conductores para 60°C.
 3. Conductores con temperatura de operación del aislamiento, mayor, si el equipo está identificado para tales conductores.
 4. Para motores marcados con las letras de diseño B, C, D o E, se permite el uso de conductores que tienen un aislamiento con temperatura de operación de 75°C o mayor siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores no exceda de la capacidad de conducción de corriente para 75°C.
- b. Las terminales de equipo para circuitos de más de 100 A nominales o identificadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2) para conductores mayores de 42,4 mm² (1 AWG), deben utilizarse solamente para los siguientes casos:
 1. Conductores con temperatura nominal de operación del aislamiento de 75°C.
 2. Conductores con temperatura de operación nominal de 75°C, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores no exceda de la correspondiente a 75°C o con temperatura de operación mayor que 75°C, si el equipo está identificado para utilizarse con tales conductores.

2) Conectores de compresión separables. Los conectores de compresión separables deben utilizarse con conductores cuya capacidad de conducción de corriente no exceda la capacidad de conducción de corriente del conector a la temperatura nominal.

NOTA: De acuerdo con lo indicado en 110-14(c)(1) y (c)(2), la información que aparezca en el equipo puede restringir adicionalmente la sección transversal nominal y la temperatura de operación de los conductores conectados.

110-16. Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos). Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo.

a) Distancias de trabajo. Excepto si se exige o se permite otra cosa en esta norma, la medida del espacio de trabajo en dirección al acceso a las partes vivas que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que puedan requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras estén energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 110-16(a). Las distancias deben medirse desde las partes vivas, si están expuestas o desde el frente o abertura de la envolvente, si están encerradas. Las paredes de concreto, ladrillo o azulejo deben considerarse conectadas a tierra.

Además de las dimensiones expresadas en la Tabla 110-16(a), el espacio de trabajo no debe ser menor que 80 cm de ancho delante del equipo eléctrico. El espacio de trabajo debe estar libre y extenderse desde el piso o plataforma hasta la altura exigida por esta Sección. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo menos 90° las puertas o paneles abisagrados del equipo. Dentro de los requisitos de esta Sección, se permite equipo que tenga distancias, como la profundidad, iguales a los de la altura requerida.

TABLA 110-16(a).- Distancias de trabajo

Tensión eléctrica nominal a tierra (V)	Distancia libre mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0,90	0,90	0,90
151-600	0,90	1,1	1,20

Las condiciones son las siguientes:

1. Partes vivas expuestas en un lado y no vivas ni conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes vivas los cables o barras aislados que funcionen a 300 V o menos.
2. Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado.
3. Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

Excepción 1: No se requiere espacio de trabajo en la parte posterior de conjuntos como tableros de distribución de fuerza de frente muerto o centros de control de motores en los que no haya partes reemplazables o ajustables como fusibles o desconectores en su parte posterior y donde todas las conexiones estén accesibles desde lugares que no son la parte posterior. Cuando se requiera acceso posterior para trabajar en partes no energizadas de la parte posterior del equipo encerrado, debe existir un espacio mínimo de trabajo de 760 mm en horizontal.

Excepción 2: Con permiso especial, se permiten espacios más pequeños si todas las partes no aisladas están a una tensión eléctrica inferior a 30 V rcm, 42 V de pico o 60 V c.c.

Excepción 3: En los edificios existentes en los que se vaya a cambiar el equipo eléctrico, debe dejarse un espacio de trabajo como el de la Condición 2 entre tableros de distribución de fuerza de frente muerto, gabinetes de alumbrado o centros de control de motores situados a lo largo del pasillo y entre uno y otro, siempre que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que se han dado instrucciones por escrito para prohibir que se abra al mismo tiempo el equipo a ambos lados del pasillo y que el mantenimiento de la instalación sea efectuado por personas calificadas.

b) Espacios libres. El espacio de trabajo requerido por esta Sección no debe utilizarse como almacén. Cuando las partes energizadas normalmente cerradas se exponen para su inspección o servicio, el espacio de trabajo, en un paso o espacio general, debe estar debidamente protegido.

c) Acceso y entrada al espacio de trabajo. Debe haber al menos una entrada de ancho suficiente que dé acceso al espacio de trabajo alrededor del equipo eléctrico.

Para equipo de 1 200 A nominales o más y de más de 1,80 m de ancho, que contenga dispositivos de protección contra sobrecorriente, dispositivos de interrupción o de control, debe tener una entrada de no menos de 61 cm de ancho y de 2 m de alto en cada extremo del local.

Excepción 1: Si el lugar permite una circulación continua y libre, se permite una salida únicamente.

Excepción 2: Si el espacio de trabajo requerido en la Sección 110-16(a) se duplica, sólo se requiere una entrada al espacio de trabajo y debe estar situada de modo que el borde de la entrada más cercana al equipo esté a la distancia mínima dada en la Tabla 110-16(a) desde dicho equipo.

d) Iluminación. Debe haber iluminación apropiada en todos los espacios de trabajo alrededor del equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores instalados interiormente. No son necesarios otros elementos de iluminación cuando el espacio de trabajo esté iluminado por una fuente de luz adyacente. En los cuartos de equipo y en donde estén instalados: tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores, la iluminación debe ser apropiada aun cuando se interrumpa el suministro de alumbrado normal y debe cumplir lo indicado en la Sección 700-17.

e) Altura hasta el techo. La altura mínima hasta el techo de los espacios de trabajo alrededor de equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores debe ser de 2 m. Cuando el equipo eléctrico tenga más de 2 m de altura, el espacio mínimo hasta el techo no debe ser inferior a la altura del equipo.

Excepción: El equipo de acometida o los paneles de alumbrado en unidades de vivienda existentes que no superen 200 A.

NOTA: Para tensiones eléctricas mayores, véase 710.

110-17. Resguardo de partes vivas (de 600 V nominales o menos)

a) Partes vivas protegidas contra contacto accidental. Excepto si en esta norma se requiere o autoriza otra cosa, las partes vivas del equipo eléctrico que funcionen a 50 V o más deben estar resguardadas contra contactos accidentales por envolventes apropiadas o por cualquiera de los medios siguientes:

1) Estar ubicadas en un cuarto, bóveda o recinto similar accesible únicamente a personal calificado.

2) Mediante muros de materiales permanentes adecuados, tabiques o mamparas dispuestas de modo que sólo tenga acceso al espacio cercano a las partes vivas personal calificado. Cualquier abertura en dichos muros o mampara debe ser dimensionada o estar situada de modo que no sea probable que las personas entren en contacto accidentalmente con las partes vivas o pongan objetos conductores en contacto con las mismas.

3) Estar situadas en un balcón, una galería o en una plataforma tan elevadas y dispuestas de tal modo que no permita acceder a personal no calificado.

4) Estar instaladas a 2,45 m o más por encima del piso u otra superficie de trabajo.

b) Prevención de daño físico. En lugares en los que sea probable que el equipo eléctrico pueda estar expuesto a daños físicos, las envolventes o protecciones deben estar dispuestas de tal modo y ser de una resistencia tal que evite daños.

c) Señales preventivas. Las entradas a cuartos y otros lugares protegidos que contengan partes vivas expuestas, deben marcarse con señales preventivas que prohíban la entrada a personal no calificado.

NOTA: Para los motores, véase 430-132 y 430-133. Para más de 600 V, véase 110-34.

110-18. Partes que puedan formar arcos eléctricos. Las partes del equipo eléctrico que en su funcionamiento normal puedan producir arcos, chispas, flamas o metal fundido, deben encerrarse o separar y aislar de cualquier material combustible.

NOTA: Para áreas peligrosas (clasificadas), véanse los Artículos 500 a 517. Para los motores, véase 430-14.

110-19. Alumbrado y fuerza tomados de conductores para grúas o transportes eléctricos. Los circuitos de fuerza y los de alumbrado no deben conectarse a cualquier sistema que contenga cables para troles con retorno a tierra.

Excepción: Patios de ferrocarril, subestaciones, o estaciones de pasajeros y carga, que funcionen en conexión con los ferrocarriles eléctricos.

110-21. Marcado (aplicado a información). En todo equipo eléctrico debe colocarse el nombre del fabricante, la marca comercial u otra descripción mediante la cual se pueda identificar a la empresa responsable del producto. Debe tener otras marcas que indiquen la tensión eléctrica, la corriente eléctrica, potencia u otras características nominales, tal como se especifica en otras Secciones de esta norma o en las normas específicas de los productos conforme con lo establecido en 110-2. La identificación debe ser de duración suficiente para que soporte las condiciones ambientales involucradas

110-22. Identificación de los medios de desconexión. Cada uno de los medios de desconexión requeridos por esta NOM para motores y aparatos electrodomésticos y cada una de las acometidas, circuitos alimentadores o circuitos derivados en su punto de origen, debe marcarse para indicar su propósito, a no ser que esté situado e instalado de modo que ese propósito sea evidente. El marcado debe ser legible, permanente y resistente para que soporte las condiciones ambientales involucradas.

Quando los interruptores automáticos o los fusibles se instalen conforme a los valores nominales para Combinación en serie (sistema en cascada), marcados en el equipo por el fabricante, la envolvente del equipo debe marcarse adicionalmente en el campo, para indicar que el equipo ha sido aplicado con el valor nominal

de combinación en serie. El marcado debe ser fácilmente visible claramente y debe incluir la información siguiente:

ADVERTENCIA: "SISTEMA COMBINADO EN SERIE (SISTEMA EN CASCADA)"
CORRIENTE NOMINAL A
EMPLLEAR SOLO REPUESTOS QUE CUMPLAN CON LA ESPECIFICACION REQUERIDA
PARA ESTE SISTEMA

NOTA: Véase 240-83(c) para el marcado de la corriente de interrupción de los equipos de utilización.

B. Más de 600 V nominales

110-30. General. Los conductores y equipo usados en circuitos de más de 600 V nominales deben cumplir todas las disposiciones aplicables de las anteriores secciones de este Artículo y de las siguientes secciones, que complementan o modifican a las anteriores. En ningún caso se aplican las disposiciones de esta parte a equipo situado antes del punto de acometida.

110-31. Envolvente de las instalaciones eléctricas. Las instalaciones eléctricas en bóvedas, en cuartos o en armarios o en una zona rodeada por una pared, mampara o cerca, cuyo acceso esté controlado por cerradura y llave u otro medio, deben ser accesibles únicamente a personas calificadas. El tipo de envolvente utilizada en un caso dado debe diseñarse y construirse según la naturaleza y grado del riesgo o riesgos inherentes a la instalación.

Debe utilizarse una pared, mampara o cerca que rodee una instalación eléctrica a la intemperie para disuadir de su acceso a personas no calificadas. La cerca no debe ser de menos de 2,15 m de alto o una combinación de cerca de 1,80 m o más y 30 cm más de prolongación, con tres o más cables de alambre de púas o equivalente.

NOTA: Para los requisitos de construcción de las bóvedas para transformadores, véase el Artículo 450.

a) Instalaciones interiores

1) En lugares accesibles a personas no calificadas. Las instalaciones eléctricas interiores que estén abiertas a personal no calificado deben estar hechas con equipo en envoltentes metálicas o deben estar encerradas en una bóveda o en una zona cuyo acceso esté controlado por una cerradura. Deben marcarse con los símbolos de precaución adecuados los tableros en gabinetes metálicos, las subestaciones unitarias, transformadores, medios de desconexión, cajas de conexión y equipo similar. Las aberturas de ventilación de transformadores de tipo seco o aberturas similares en otro equipo deben estar diseñadas de manera que los objetos extraños que penetren a través de esas aberturas sean desviados de las partes energizadas.

2) En lugares accesibles sólo a personas calificadas. Las instalaciones eléctricas interiores consideradas accesibles sólo a personas calificadas, según esta Sección, deben cumplir lo establecido en 110-34, 110-36 y 710-24.

b) Instalaciones a la intemperie

1) En lugares accesibles a personas no calificadas. Las instalaciones eléctricas a la intemperie que estén abiertas a personas no calificadas deben cumplir con lo establecido en el Artículo 225.

NOTA: Para la distancia vertical de seguridad a los conductores en instalaciones de más de 600 V nominales, puede consultarse el apéndice B2.

2) En lugares accesibles sólo a personas calificadas. Las instalaciones eléctricas a la intemperie consideradas accesibles sólo a personas calificadas, según el primer párrafo de esta Sección, deben cumplir lo establecido en 110-34, 110-36 y 710-24.

c) Equipo en envoltentes metálicas accesibles a personal no calificado

Las aberturas de ventilación de transformadores de tipo seco o aberturas similares en otros equipos, deben estar diseñadas de manera que los objetos extraños que penetren a través de esas aberturas sean desviados de las partes electrificadas. Si están expuestos a daño físico debido al tráfico de vehículos, deben instalarse protectores adecuados. El equipo en envoltentes metálicas situado a la intemperie y accesible al público en general debe estar diseñado de modo que los pernos o tuercas visibles no se puedan quitar fácilmente, permitiendo el acceso a partes vivas. Cuando un equipo en envolvente metálica sea accesible al público en general y la parte inferior del envolvente está a menos de 2,4 m por encima del suelo o del nivel de

la calle, la puerta o la tapa embisagrada del envolvente debe estar cerrada con llave o atornillada o por otro medio. Las puertas y tapas de las envolventes usadas únicamente como cajas de desconexión, de empalme o de unión, deben estar cerradas, clavadas o atornilladas.

Debe considerarse que cumplen este requisito las tapas de cajas subterráneas que sean mayores de 45 kg.

110-32. Espacio de trabajo alrededor de los equipos. Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo. Cuando haya expuestas partes energizadas, el espacio de trabajo mínimo no debe ser inferior a 2 m de altura (medidos verticalmente desde el piso o plataforma) ni inferior a 0,9 m de ancho (medidos paralelamente al equipo). La distancia debe ser la que requiera la Sección 110-34(a). En todos los casos, el espacio de trabajo debe ser suficiente para permitir como mínimo una abertura de 90° de las puertas o paneles abisagrados.

110-33. Entrada y acceso al espacio de trabajo

a) Entrada. Para dar acceso al espacio de trabajo alrededor del equipo eléctrico, debe haber por lo menos una entrada no inferior a 60 cm de ancho y a 2 m de alto.

En los tableros de distribución y paneles de control de más de 1,80 m de ancho, debe haber una entrada en cada extremo de dicho equipo.

Excepción 1: Si el lugar permite una salida continua y libre.

Excepción 2: Si el espacio de trabajo requerido en la Sección 110-34(a) se debe duplicar.

El espacio de trabajo con una entrada debe estar situado de modo que el borde de la entrada más cercana al equipo esté a la distancia mínima dada en la Tabla 110-34(a) desde dicho equipo.

Cuando haya partes energizadas desnudas de cualquier tensión eléctrica o partes energizadas aisladas de más de 600 V nominales a tierra cerca de dichas entradas, deben estar adecuadamente protegidas.

b) Acceso. Debe haber escaleras o escalones permanentes que permitan acceder de modo seguro al espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico instalado en plataformas, balcones, entresuelos o en los áticos o cuartos en las terrazas.

110-34. Espacio de trabajo y protección

a) Espacio de trabajo. El espacio de trabajo libre mínimo en dirección del acceso a las partes vivas de una instalación eléctrica, tales como tableros de distribución, paneles de control, medios de desconexión, interruptores automáticos, controladores de motores, relevadores y equipo similar, debe ser como mínimo el especificado en la Tabla 110-34(a), a no ser que se especifique otra cosa en esta norma. Las distancias deben medirse desde las partes vivas, si están expuestas o desde el frente o abertura de la envolvente si están encerradas.

TABLA 110-34(a).- Distancia mínima del espacio de trabajo en una instalación eléctrica

Tensión eléctrica nominal a tierra (V)	Distancia mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
601-2 500	0,90	1,2	1,5
2 501-9 000	1,2	1,5	1,8
9 001-25 000	1,5	1,8	2,7
25 001-75 kV	1,8	2,4	3,0
más de 75 kV	2,4	3,0	3,6

Las condiciones son las siguientes:

- Partes vivas expuestas en un lado y no activas o conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes vivas los cables o barras aislados que funcionen a no más de 300 V.
- Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado. Las paredes de concreto, tabique o azulejo se consideran superficies conectadas a tierra.

3. Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

Excepción: No se requiere espacio de trabajo en la parte posterior de conjuntos tales como tableros de distribución de frente muerto o centros de control de motores en los que no haya partes intercambiables o ajustables tales como fusibles o conmutadores en su parte posterior, y donde todas las conexiones estén accesibles desde lugares que no sean la parte posterior. Cuando se requiera acceso posterior para trabajar en partes no energizadas de la parte posterior del equipo encerrado, debe existir un espacio mínimo de trabajo de 0,8 m en horizontal.

b) Separación de instalaciones de baja tensión. Cuando haya instalados desconectadores, cortacircuitos u otro equipo que funcione a 600 V nominales o menos, en un cuarto o resguardo donde haya expuestas partes vivas o cables expuestos a más de 600 V nominales, la instalación de alta tensión debe separarse eficazmente del espacio ocupado por los equipos de baja tensión mediante un muro de tabique, cerca o pantalla adecuados.

Excepción: Está permitido instalar desconectadores u otros equipos que funcionen a 600 V nominales o menos y que pertenezcan sólo a equipo dentro del cuarto, bóveda o envoltente de alta tensión en ese cuarto, bóveda o envoltente si sólo es accesible a personas calificadas.

c) Cuartos o envoltentes cerrados. Las entradas a todos los edificios, cuartos o envoltentes que contengan partes vivas expuestas o conductores expuestos que operen a más de 600 V nominales, deben mantenerse cerradas con llave, a menos que dichas entradas estén en todo momento bajo la supervisión de una persona calificada.

Quando la tensión eléctrica supere 600 V nominales, debe haber señales preventivas permanentes y visibles en las que se indique lo siguiente:

"PELIGRO - ALTA TENSION ELECTRICA - PROHIBIDA LA ENTRADA"

d) Iluminación. Debe haber iluminación apropiada en todos los espacios de trabajo alrededor del equipo eléctrico. Las cajas de salida para iluminación deben estar dispuestas de manera que las personas que cambien las lámparas o hagan reparaciones en el sistema de iluminación, no corran peligro por las partes vivas u otros equipos activos. En los cuartos de equipo eléctrico en donde estén instalados equipos de más de 600 V nominales, la iluminación debe ser apropiada aun cuando se interrumpa el suministro de alumbrado normal y debe cumplir lo indicado en la Sección 700-17.

Los interruptores de control deben estar situados de modo que no sea probable que las personas entren en contacto con ninguna parte viva o móvil del equipo al accionarlos.

e) Altura de las partes vivas sin proteger. Las partes vivas sin proteger por encima del espacio de trabajo deben mantenerse a una altura no inferior a la requerida en la Tabla 110-34(e).

TABLA 110-34(e).- Altura de las partes vivas sin proteger sobre el espacio de trabajo

Tensión eléctrica nominal entre fases (V)	Altura (m)
601-7 500	2,60
7 501-35 000	2,75
Más de 35 000	2,75 + (0,01 por cada kV arriba de 35 000 V)

110-36. Conductores de los circuitos. Los conductores de circuito como cable con cubierta metálica, como cables desnudos, cable y barras colectoras, o como cables tipo MV o conductores como los indicados en 710-4 y 710-6; pueden instalarse en canalizaciones, en soportes tipo charola para cables. Los conductores desnudos energizados, deben cumplir lo establecido en 710-24.

Quando se utilicen aisladores como soportes para alambres, cables monoconductores o barras, así como sus accesorios de soporte y sujeción, deben soportar, sin sufrir daño, la fuerza magnética máxima que pueda surgir en el caso de que dos o más conductores de un circuito estén sometidos a corriente eléctrica de corto circuito.

Las instalaciones expuestas de alambres y cables aislados, que tengan cubierta de plomo, desnuda o con malla trenzada exterior, deben instalarse soportados de forma que se evite daño físico a la cubierta o a la malla. Los soportes para cables con cubierta de plomo deben estar diseñados de forma que no produzcan corrosión electrolítica de la cubierta.

110-40. Límites de temperatura en las terminales. Se permite que la capacidad de conducción de corriente de los conductores sea calculada de acuerdo con lo indicado en las Tablas 310-67 a 310-86, tomando como base que terminan en dispositivos clasificados a 90°C, a menos que otra cosa se especifique.

4.2 ALAMBRADO Y PROTECCION**CAPITULO 2****ARTICULO 200-USO E IDENTIFICACION DE LOS CONDUCTORES PUESTOS A TIERRA**

200-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos para:

- (1) identificación de las terminales;
- (2) conductores puestos a tierra en el sistema de alambrado de usuarios; y
- (3) identificación de los conductores puestos a tierra.

NOTA: Para definiciones de Conductor puesto a tierra y Conductor de puesta a tierra, véase el Artículo 100.

200-2. General. Los sistemas de alambrado de usuarios deben tener un conductor puesto a tierra que se identifique según 200-6.

Excepción: Los circuitos e instalaciones exentos o prohibidos por las excepciones de 210-10, 215-7, 250-3, 250-5, 250-7, 503-13, 517-63, 668-11, 668-21 y 690-41.

Cuando el conductor puesto a tierra esté aislado, el material del aislamiento debe ser:

- (1) adecuado y de color diferente a cualquier conductor no puesto a tierra del mismo circuito en circuitos de menos de 1 000 V o sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia, de 1 kV y más, o
- (2) de una clasificación no inferior a 600 V para sistemas con neutro conectado sólidamente a tierra, de 1 kV y más, tal como se describen en 250-152(a).

200-3. Conexión a sistemas puestos a tierra. Los sistemas de alambrado de usuarios no deben conectarse eléctricamente a la red de suministro, a no ser que esta última contenga, para cualquier conductor puesto a tierra de la instalación interior, un correspondiente conductor puesto a tierra.

Para los fines de esta Sección, conectado eléctricamente quiere decir conectado de modo que sea capaz de transportar corriente, a diferencia de la conexión mediante inducción electromagnética.

200-6. Medios de identificación de los conductores puestos a tierra

a) De tamaño nominal 13,3 mm² (6 AWG) o inferior. Un conductor aislado puesto a tierra de tamaño nominal 13,3 mm² (6 AWG) o inferior, debe identificarse por medio de un forro exterior continuo blanco o gris claro, que le cubra en toda su longitud. También se permite la identificación como sigue:

- 1) El conductor puesto a tierra de un cable con forro metálico y aislamiento mineral, debe identificarse en el momento de la instalación mediante marcas claras en sus extremos.
- 2) Un cable con un solo conductor resistente a la luz solar y con clasificación de intemperie, que se utilice como conductor puesto a tierra en los sistemas solares fotovoltaicos, tal como se permite en 690-31, debe identificarse en el momento de la instalación mediante una clara marca blanca en todos sus extremos.

Los cables para artefactos se identifican como se indica en la Sección 402-8.

4) Para cables aéreos, la identificación debe hacerse como se indica anteriormente o por medio de una marca en el exterior del cable.

b) Tamaños nominales superiores a 13,3 mm² (6 AWG). Un conductor aislado puesto a tierra de tamaño nominal mayor que 13,3 mm² (6 AWG), debe identificarse por medio de un forro exterior continuo blanco o gris claro, que le cubra en toda su longitud, o por tres franjas blancas continuas en toda su longitud, en aislamientos que no sean de color verde, o por una visible marca blanca y permanente en sus extremos, en el momento de la instalación.

c) Cordones flexibles. Un conductor aislado que se usa como conductor puesto a tierra, si está contenido dentro de un cordón flexible, debe identificarse mediante un forro externo blanco o gris claro o por los métodos permitidos en 400-22.

d) Conductores de distintas instalaciones puestos a tierra. Cuando se instalen en la misma canalización, cable, caja, canal auxiliar u otro tipo de envolvente, conductores de diferentes sistemas, el conductor puesto a tierra del sistema, en caso de ser necesario, debe tener el forro exterior conforme a lo establecido en 200-6(a) o 200-6(b). Cada conductor puesto a tierra de otro sistema, en caso de ser necesario, debe tener un forro exterior blanco con una tira de distinto color (menos verde) claramente distinguible, que vaya a lo largo de todo el aislamiento, o mediante otro medio de identificación permitido en 200-6(a) o (b) que distinga cada conductor puesto a tierra del sistema.

200-7. Uso del color blanco o gris claro. Sólo debe utilizarse un forro continuo blanco o gris claro en un conductor, o una marca de color blanco o gris claro en un extremo para identificar el conductor puesto a tierra.

Excepción 1: Se permite un conductor aislado con forro blanco o gris claro como conductor no puesto a tierra, cuando se identifique permanentemente para indicar su uso, mediante pintura u otro medio eficaz en sus extremos y en todos los lugares en donde el conductor sea visible y accesible.

Excepción 2: Se permite un cable que contenga un conductor aislado con acabado exterior blanco o gris claro en cables de interconexión de interruptores unipolares de tres o cuatro vías, cuando el conductor blanco o gris claro se use para alimentar al interruptor, pero no como conductor de retorno desde el interruptor a la salida que alimenta. En estas aplicaciones no es necesario identificar el conductor blanco o gris claro.

Excepción 3: Se permite un cordón flexible para conectar un aparato electrodoméstico que lleve un conductor identificado por su acabado exterior blanco o gris claro, o por cualquier otro medio permitido por 400-22, tanto si el receptáculo al que se encuentre conectado está alimentado por un circuito que tenga un conductor puesto a tierra como si no lo está.

Excepción 4: Sólo si se requiere un conductor puesto a tierra blanco o gris claro en circuitos de menos de 50 V, según se establece en 250-5(a).

200-9. Medios de identificación de las terminales. La identificación de las terminales a las que va conectado el conductor puesto a tierra debe ser fundamentalmente de color blanco. La identificación de las demás terminales debe ser de un color distinto del blanco.

Excepción: Cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que la instalación sólo es atendida por personas calificadas, se permite que las terminales de los conductores puestos a tierra estén identificadas permanentemente en sus extremos en el momento de la instalación, mediante una clara marca blanca u otro medio igualmente eficaz.

200-10. Identificación de las terminales

a) Terminales de dispositivos. Todos los dispositivos dotados de terminales para la conexión de conductores y destinados para conectarlos a más de un lado del circuito, deben tener terminales debidamente marcadas para su identificación.

Excepción 1: Cuando la conexión eléctrica de una terminal proyectada para conectarla al conductor puesto a tierra, sea claramente evidente.

Excepción 2: Las terminales de los paneles de alumbrado y control de los circuitos derivados de iluminación y aparatos electrodomésticos.

Excepción 3: Los dispositivos con capacidad nominal de más de 30 A, excepto las clavijas de conexión con polaridad y las bases de receptáculo con polaridad para aparatos electrodomésticos, tal como se exige en 200-10(b).

b) Receptáculos, clavijas y conectores. En los receptáculos, clavijas polarizadas y conectores de cordones para clavijas polarizadas, debe identificarse la terminal destinada para su conexión al conductor puesto a tierra.

La identificación debe hacerse por un metal o recubrimiento metálico de color blanco o con la palabra "blanco" o la letra "B" situada cerca de la terminal identificada.

Si la terminal no es visible, el orificio de entrada del conductor para la conexión debe pintarse de blanco o marcar con la palabra "blanco" o la letra "B".

NOTA: Véase 250-119, identificación de las terminales de conexión de los conductores de puesta a tierra de equipos.

c) Casquillos roscados. En los aparatos eléctricos con casquillos roscados, la terminal del conductor puesto a tierra debe ser conectada al casquillo.

d) Dispositivos con casquillos roscados conectados a cables. En los dispositivos con casquillos roscados con cables conectados, el conductor unido al casquillo roscado, debe tener un acabado blanco o gris claro. El acabado exterior del otro conductor debe ser de un color sólido que no se confunda con el acabado blanco o gris claro usado para identificar el conductor puesto a tierra.

e) Aparatos electrodomésticos. Los aparatos electrodomésticos con un interruptor unipolar o un dispositivo unipolar de protección contra sobrecorriente en el circuito o casquillos roscados conectados en el circuito, y que se tengan que conectar **(1)** por medio de instalación permanente, o **(2)** por medio de cordones con clavija para aparatos eléctricos instalados en campo con tres o más conductores (incluido el conductor de

puesta a tierra del equipo), deben llevar medios para identificar la terminal del conductor del circuito puesto a tierra (si lo hubiera).

200-11. Polaridad de las conexiones. No debe conectarse a ninguna terminal o cable algún conductor puesto a tierra que pueda invertir la polaridad diseñada.

ARTICULO 210-CIRCUITOS DERIVADOS

A. Disposiciones generales

210-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos para los circuitos derivados, excepto aquellos que alimenten únicamente motores, los cuales se cubren en el Artículo 430. Las disposiciones de este Artículo y del 430 se aplican a los circuitos derivados con cargas combinadas.

Excepción: Los circuitos derivados para celdas electrolíticas, tal como se describen en 668-3(c), Excepciones 1 y 4.

210-2. Otros Artículos para circuitos derivados con propósitos específicos. Los circuitos derivados deben cumplir este Artículo y también las disposiciones aplicables de otros Artículos de esta NOM. Las disposiciones de los circuitos derivados que alimentan equipos de la siguiente lista, modifican o complementan las disposiciones de este Artículo y deben aplicarse a los circuitos derivados referidos en las mismas:

Concepto	Artículo	Sección
Anuncios luminosos y alumbrado de realce		600-6
Ductos con barras (electroductos)		364-9
Casas móviles, casas prefabricadas y sus estacionamientos	550	
Circuitos y equipos que funcionan a menos de 50 V	720	
Circuitos de control remoto, señales y con limitación de corriente de Clase 1, Clase 2 y Clase 3	725	
Equipos de procesamiento de datos y de cómputo electrónico		645-5
Distribución en circuito cerrado y de corriente programada	780	
Elevadores, montacargas, escaleras y pasillos móviles, escaleras y elevadores para sillas de ruedas		620-61
Equipo de aire acondicionado y refrigeración		440-6 440-31 440-32
Equipo de calefacción central, excepto de calefacción central eléctrica fija		422-7
Equipo de calefacción central eléctrica fija		424-3
Equipo de calefacción industrial por lámparas de infrarrojos		422-15 424-3
Equipo de calentamiento por inducción y por pérdidas dieléctricas	665	
Equipo eléctrico exterior fijo de deshielo y fusión de la nieve		426-4
Equipo de grabación de sonido y similares		640-6
Equipo de rayos X		660-2 517-73
Estudios de cine, televisión y lugares similares	530	
Grúas y polipastos		610-42
Máquinas de soldar eléctricas	630	
Marinas y muelles de yates		555-4
Motores, circuitos de motores y sus controladores	430	
Organos tubulares		650-6
Sistemas de alarma contra incendios	760	
Tableros de distribución y tableros de alumbrado y control		384-32
Teatros, zonas de espectadores en estudios cinematográficos y de televisión y locales similares		520-41 520-52 520-62
Vehículos recreativos y estacionamientos de vehículos recreativos	551	

210-3. Clasificación. Los circuitos derivados de los que trata este Artículo deben clasificarse según la capacidad de conducción de corriente máxima, o según el valor de ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. La clasificación de los circuitos derivados que no sean individuales debe ser de 15, 20, 30, 40

y 50 A. Cuando se usen por cualquier razón conductores de mayor capacidad de conducción de corriente, la clasificación del circuito debe estar determinada por la capacidad nominal o por el valor de ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente.

Excepción: Está permitido que los circuitos derivados con varios receptáculos de más de 50 A, suministren electricidad a cargas que no sean para alumbrado en instalaciones industriales, donde el mantenimiento y la supervisión permitan que los equipos sean revisados exclusivamente por personas calificadas.

210-4. Circuitos derivados multiconductores

a) General. Se permite el uso de circuitos derivados multiconductores como circuitos derivados reconocidos en este Artículo. Se puede considerar un circuito derivado multiconductor como varios circuitos. Todos los conductores deben originarse en el mismo tablero de alumbrado y control.

NOTA: Una instalación tres fases cuatro conductores de un sistema conectado en estrella, utilizada para suministrar energía eléctrica a cargas no lineales, puede requerir que el sistema esté diseñado para permitir altas corrientes armónicas en el neutro.

b) Unidades de vivienda. En las unidades de vivienda, un circuito derivado multiconductor que suministre electricidad a más de un dispositivo o equipo en la misma salida, debe estar provisto con un medio para desconectar simultáneamente todos los conductores de fase en el panel de alumbrado y control de donde se origine el circuito derivado.

c) Carga de línea a neutro. Los circuitos derivados multiconductores sólo deben suministrar cargas de línea a neutro.

Excepción 1: Un circuito derivado multiconductor que suministre corriente eléctrica sólo a un equipo de utilización.

Excepción 2: Cuando todos los conductores de fase del circuito derivado multiconductor se abran simultáneamente por el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

NOTA: Véase 300-13(b) para la continuidad de los conductores puestos a tierra en circuitos multiconductores.

d) Identificación de los conductores no puestos a tierra. Cuando haya en un edificio más de un sistema de tensión eléctrica, cada conductor de fase de cada sistema debe estar identificado por fase y por sistema.

El medio de identificación debe colocarse permanentemente en cada panel de alumbrado y control de cada circuito derivado.

NOTA: El medio de identificación de cada conductor de fase del sistema, siempre que sea accesible, puede ser a través de un código de colores independiente, cinta de marcar, etiqueta u otro medio eficaz. En cuanto a las marcas de los circuitos activos, véanse 215-8, 230-56 y 384-3(e).

210-5. Identificación de los circuitos derivados

a) Conductor puesto a tierra. El conductor puesto a tierra de un circuito derivado debe identificarse de acuerdo a la Sección 200-6. Cuando en la misma canalización, caja, canal auxiliar u otro tipo de envolvente haya conductores de distintos sistemas, si se requiere que un conductor del sistema esté puesto a tierra, debe tener forro exterior de color blanco o gris claro. Los conductores puestos a tierra de los demás sistemas, si son necesarios, deben tener forro exterior de color blanco con una franja de color identificable (que no sea verde) que vaya a lo largo del aislamiento o por cualquier otro medio de identificación.

b) Conductor de puesta a tierra de los equipos. El conductor con aislamiento, de puesta a tierra de los equipos de un circuito derivado, debe identificarse por un color verde continuo o con una o más franjas amarillas.

Excepción: Lo permitido en las Excepciones 1 y 4 de 250-57(b), y en las Excepciones 1 y 2 de 310-12(b).

210-6. Limitaciones de tensión de los circuitos derivados

a) Limitaciones por razón de la ocupación. En las unidades de vivienda y en las habitaciones de huéspedes de los hoteles, moteles y locales similares, la tensión eléctrica no debe superar 127 V nominales entre los conductores que suministren corriente eléctrica a las terminales de:

- 1) Elementos de alumbrado.
- 2) Cargas de 1 440 VA nominales o menos o de menos de 187 W ($\frac{1}{4}$ CP), conectadas con cordón y clavija.

b) De 127 V entre conductores. Está permitido que los circuitos que no superen 127 V nominales entre conductores suministren corriente eléctrica a:

- 1) Las terminales de portalámparas que estén dentro de su tensión eléctrica nominal.
- 2) Los equipos auxiliares de lámparas de descarga.
- 3) Los equipos de utilización conectados con cordón y clavija o permanentemente.

c) De 277 V a tierra. Está permitido que los circuitos que superen 127 V nominales entre conductores sin superar 277 V nominales a tierra, suministren corriente eléctrica a:

- 1) Luminarios tipo de descarga eléctrica, debidamente aprobadas.
- 2) Luminarios tipo incandescente aprobadas, provistas de casquillo roscado, alimentadas de un autotransformador que forme parte integral de la unidad y la terminal roscada externa esté eléctricamente conectada al conductor puesto a tierra del circuito derivado.
- 3) Equipo de alumbrado equipado con casquillos roscados de base mogul.
- 4) Los casquillos distintos a los roscados, dentro de su tensión eléctrica nominal.
- 5) Equipo auxiliar de lámparas de descarga.
- 6) Equipo de utilización conectado con cordón y clavija o permanentemente.

d) De 600 V entre conductores. Está permitido que los circuitos que excedan 277 V nominales a tierra y no excedan 600 V nominales entre conductores, suministren energía a:

- 1) Equipo auxiliar de lámparas de descarga montadas en elementos de instalación permanente, cuando esos elementos estén montados de acuerdo con alguno de los siguientes métodos:
 - a. A no menos de 6,7 m de altura en postes o estructuras similares para el alumbrado de exteriores, como autopistas, carreteras, puentes, campos deportivos o estacionamientos.
 - b. A no menos de 5,5 m de altura en otras estructuras, como túneles.
- 2) Equipo de utilización conectado permanentemente o con cordón y clavija.

NOTA: Véanse en 410-78, limitaciones para equipo auxiliar.

Excepción 1 a los anteriores Incisos (b), (c) y (d): Los casquillos de lámparas infrarrojas para calefacción industrial, como se establece en 422-15(c).

Excepción 2 a los anteriores Incisos (b), (c) y (d): En instalaciones ferroviarias, como se describe en 110-19.

210-7. Receptáculos y conectores para cordones

a) Con conexión de puesta a tierra. Los receptáculos instalados en circuitos derivados de 15 A y 20 A deben ser con conexión de puesta a tierra. Los receptáculos con conexión de puesta a tierra deben instalarse sólo en circuitos para la tensión y corriente eléctricas para las cuales están clasificados, excepto lo establecido en las Tablas 210-21(b)(2) y (b)(3).

Excepción: Los receptáculos sin conexión de puesta a tierra instalados de acuerdo con lo indicado en 210-7(d).

b) Para conectar a tierra. Los receptáculos y conectores para cordones que tengan contactos de conexión de puesta a tierra, deben tener esos contactos puestos a tierra eficazmente.

Excepción 1: Los receptáculos montados en generadores portátiles e instalados en vehículos, según 250-6.

Excepción 2: Los receptáculos de repuesto, tal como se permite en 210-7(d).

c) Método de puesta a tierra. Las terminales de puesta a tierra de los receptáculos y de los conectores para cordones deben ser puestos a tierra conectándolos al conductor de puesta a tierra del circuito que alimenta al receptáculo o al conector para cordón.

NOTA: Véanse los requisitos de instalación para la reducción del ruido eléctrico, Sección 250-74 Excepción 4.

El método de instalación del circuito derivado debe incluir o tener previsto un conductor de puesta a tierra para equipo, al cual deben conectarse los contactos de puesta a tierra del receptáculo o el conector de cordón.

NOTA 1: En 250-91(b) se describen medios aceptables de puesta a tierra.

NOTA 2: Para las ampliaciones de los circuitos derivados existentes, véase 250-50.

d) Reemplazo de receptáculos. Cuando se reemplacen receptáculos deben cumplirse las siguientes condiciones (1), (2) y (3) cuando proceda.

1) Cuando haya instalado un medio de puesta a tierra o un conductor de puesta a tierra en la envolvente del receptáculo, según la Excepción de la Sección 250-50(b), deben utilizarse receptáculos con conexión de puesta a tierra y deben conectarse al conductor de tierra, según 210-7(c) o de acuerdo a la Excepción de 250-50(b).

2) Cuando se reemplacen receptáculos protegidos con interruptor de circuito por falla a tierra, deben ser sustituidos sólo por otros del mismo tipo, en donde sea requerido por esta NOM.

3) Cuando no haya conductor de puesta a tierra en la envolvente del receptáculo, la instalación debe cumplir las siguientes condiciones:

a. Está permitido reemplazar los receptáculos sin conexión de puesta a tierra por otros receptáculos sin conexión de puesta a tierra.

b. Está permitido sustituir los receptáculos sin conexión de puesta a tierra por los de tipo protegidos con interruptor de circuito por falla a tierra. Estos receptáculos deben llevar la marca "Sin conexión de puesta a tierra". No debe conectarse un conductor de puesta a tierra de equipo, desde el receptáculo protegido con interruptor de circuito por falla a tierra a cualquier salida alimentada desde este receptáculo.

c. Está permitido reemplazar receptáculos sin conexión de puesta a tierra por otros del tipo con conexión de puesta a tierra, cuando estén alimentados a través de un interruptor con protección de falla a tierra. Los receptáculos con conexión de puesta a tierra alimentados a través de interruptores con protección de falla a tierra deben estar marcados con la indicación

"CON PROTECCION DE FALLA A TIERRA" y "SIN CONEXION DE PUESTA A TIERRA"

No debe conectarse un conductor de puesta a tierra de equipo con receptáculos del tipo con conexión de puesta a tierra.

e) Equipo conectado con cordón y clavija. La instalación de receptáculos con conexión de puesta a tierra no debe usarse como requisito para que todos los equipos conectados con cordón y clavija sean con conexión de puesta a tierra.

NOTA: En 250-45 se establecen los equipos conectados con cordón y clavija que deben llevar conexión de puesta a tierra.

f) Tipo no intercambiable. Los receptáculos conectados a circuitos que tengan distintas tensiones, frecuencia o tipo de corriente eléctricas (c.a. o c.c.) en el mismo edificio, deben estar diseñados de tal forma que las clavijas de conexión utilizadas en esos circuitos no sean intercambiables.

g) Cuando más de un circuito derivado esté conectado a más de un receptáculo en una misma salida, debe proveerse un medio para desconectar simultáneamente los conductores no puestos a tierra que alimentan estos receptáculos en el panel donde se originen estos circuitos derivados.

210-8. Protección de las personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra

NOTA: Véase en 215-9 la protección mediante interruptores con protección de falla a tierra en los circuitos alimentadores.

a) Unidades de vivienda. Todos los receptáculos en instalaciones monofásicas de 120 V o 127 V de 15 A y 20 A, instalados en los lugares que se especifican a continuación, deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor de circuito por falla a tierra:

1) Los de los cuartos de baño.

2) Los de las cocheras y partes de las construcciones sin terminar situadas a nivel del piso, que se utilicen como zonas de almacén o de trabajo.

Excepción 1: Los receptáculos que no sean fácilmente accesibles.

Excepción 2: Un receptáculo sencillo o doble para dos aparatos electrodomésticos, situado dentro de un espacio especial para cada aparato electrodoméstico que en uso normal no se desplace fácilmente de un lugar a otro y que vaya conectado con un cordón con clavija, según 400-7(a)(6), (7) u (8).

Se considera que los receptáculos instalados bajo las excepciones de 210-8(a)(2), no cumplen los requisitos indicados en 210-52(d).

3) En exteriores.

Excepción: Está permitido instalar receptáculos que no sean fácilmente accesibles y estén alimentados desde un circuito derivado especial para equipos de deshielo o fusión de nieve, según establece el Artículo 426, sin protección para las personas mediante interruptor con protección de circuitos por falla a tierra.

4) Las galerías donde sólo se puede circular a gatas, cuando estén al nivel del piso o inferiores.

5) Sótanos sin acabados. Para los fines de esta Sección, se definen los sótanos sin acabado como las partes o zonas del sótano que no estén pensadas como habitaciones, limitadas a zonas de almacén, de trabajo o similar.

Excepción 1: Los receptáculos que no estén fácilmente accesibles.

Excepción 2: Un receptáculo sencillo o doble para dos aparatos electrodomésticos, situado dentro de un espacio especial para cada aparato electrodoméstico, que en uso normal no se desplace fácilmente de un lugar a otro y que vaya conectado con un cordón con clavija, según se indica en 400-7(a)(6), 400-7(a)(7) o 400-7(a)(8).

Se considera que los receptáculos instalados bajo las excepciones de 210-8(a)(5), no cumplen los requisitos indicados en 210-52(d).

6) Cocinas. Cuando los receptáculos estén instalados en la superficie del mueble de cocina.

7) Fregaderos. Cuando los receptáculos estén instalados para servir aparatos eléctricos situados en las barras y situados a menos de 1,8 m del borde exterior del fregadero o superficie metálica que esté en contacto con el mismo.

8) Construcciones flotantes. Ver definición en 553-2.

b) Edificios que no sean viviendas. Todos los receptáculos en instalaciones monofásicas de 120 V o 127 V y de 15 A y 20 A, instalados en los lugares que se especifican a continuación, deben proteger a las personas mediante interruptor con protección de falla a tierra:

- 1) Cuartos de baño.
- 2) Azoteas.
- 3) Cocinas
- 4) En exteriores con acceso al público
- 5) En exteriores, cuando se instalen de acuerdo a 210-63.

210-9. Circuitos en derivación de autotransformadores. Los circuitos derivados no deben partir de autotransformadores, a no ser que el circuito tenga un conductor que esté conectado eléctricamente a un conductor puesto a tierra de la instalación de suministro del autotransformador.

Excepción 1: Se permite un autotransformador que prolongue o añada un circuito derivado para una carga sin conexión a un conductor similar de puesta a tierra, cuando transforme de 208 V a 240 V nominales o de 240 V a 208 V.

Excepción 2: En edificios industriales en los que se asegure que el mantenimiento y supervisión de las instalaciones deben hacerse sólo por personas calificadas, se permiten autotransformadores que suministren energía a cargas en 600 V nominales a partir de sistemas de 480 V y a cargas en 480 V a partir de sistemas de 600 V nominales, sin la conexión a un conductor similar puesto a tierra.

210-10. Conductores de fase derivados a sistemas puestos a tierra. Se permite la existencia de circuitos de c.c. de dos conductores y de c.a. de dos conductores o multiconductores sin conexión a tierra, derivados de los conductores sin conexión a tierra de circuitos que tengan un conductor neutro puesto a tierra. Los dispositivos de interrupción de cada circuito derivado, deben tener un polo en cada conductor sin conexión a tierra. Todos los polos de los distintos dispositivos de desconexión deben poder conmutar manualmente cuando dichos dispositivos sirvan también como medios de desconexión, tal como se exige en 410-48 para portalámparas conmutados de dos polos; en 410-54(b) para dispositivos de interrupción de equipo auxiliar de lámparas de descarga; en 422-21(b) para aparatos electrodomésticos; en 424-20 para sistemas de calefacción eléctrica fijos; en 426-51 para equipos eléctricos de deshielo y fusión de la nieve; en 430-85 para controladores de motores y en 430-103 para motores.

B. Clasificación de los circuitos derivados

210-19. Conductores: Tamaño nominal del conductor y capacidad de conducción de corriente mínimos

a) General. Los conductores de los circuitos derivados deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la carga máxima que alimentan. Además, los conductores de circuitos derivados de salidas múltiples que alimenten a receptáculos para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la capacidad nominal del circuito derivado. Los cables armados cuyo conductor neutro sea más pequeño que los conductores de fase, deben marcarse de esa manera (indicando el tamaño del neutro).

NOTA 1: Para la clasificación de los conductores por su capacidad de conducción de corriente, véase 310-15.

NOTA 2: Para la capacidad de conducción de corriente mínima de los conductores de los circuitos derivados de motores, véase la parte B del Artículo 430.

NOTA 3: Para las limitaciones de temperatura de los conductores, véase 310-10.

NOTA 4: Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión eléctrica de los circuitos alimentadores y derivados hasta el receptáculo más lejano no supere 5%, proporcionarán una razonable eficacia de funcionamiento. Para la caída de tensión eléctrica de los conductores de los circuitos alimentadores, véase 215-2.

b) Estufas y aparatos electrodomésticos de cocción. Los conductores de los circuitos derivados de estufas domésticas, hornos montados en la pared y otros aparatos electrodomésticos de cocción, deben tener una capacidad de conducción de corriente no inferior a la nominal del circuito derivado y no inferior a la carga máxima que deban alimentar. Para estufas de 8,75 kW o más, la capacidad mínima del circuito derivado debe ser de 40 A.

Excepción 1: Los conductores en derivación para estufas eléctricas, hornos eléctricos montados en la pared y parrillas eléctricas montadas en la superficie del mueble de cocina, en circuitos de 50 A, deben tener una capacidad de conducción de corriente no inferior a 20 A y suficiente para las cargas que alimenten. Las derivaciones no deben ser más largas de lo necesario para que lleguen al equipo.

Excepción 2: Está permitido que el conductor neutro de un circuito derivado de tres conductores para alimentar una estufa eléctrica doméstica, parrillas eléctricas montadas en la superficie del mueble de cocina o para un horno montado en la pared, sea de menor tamaño que los conductores de fase cuando la demanda máxima de una cocina de 8,75 kW o más se haya calculado según la columna A de la Tabla 220-19, pero debe tener una capacidad de conducción de corriente no inferior a 70% de la capacidad nominal del circuito derivado y tamaño nominal no inferior a 5,26 mm² (10 AWG).

c) Otras cargas. Los conductores de circuitos derivados que suministren energía a cargas distintas de aparatos electrodomésticos de cocción, tal como se indica en el inciso anterior (b) y los contenidos en 210-2, deben tener una capacidad de conducción de corriente suficiente para las cargas conectadas y tamaño nominal no inferior a 2,08 mm² (14 AWG).

Excepción 1: Los conductores derivados para esas cargas deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que 15 A en los circuitos de capacidad nominal menor que 40 A, y no menor que 20 A en los circuitos de capacidad nominal de 40 A o 50 A, y sólo cuando esos conductores sirvan a cualquiera de las siguientes cargas:

a. Portalámparas individuales o dispositivos individuales cuyos receptáculos no sobresalgan más de 457 mm de cualquier parte del casquillo o portalámparas.

b. Artefactos con conductores de derivación como se indica en 410-67.

c. Tomas de corriente eléctrica individuales que no sean receptáculos, con derivaciones no mayores a 457 mm de largo.

d. Electrodomésticos de calefacción industrial por lámparas de infrarrojos.

e. Terminales no calentadoras de alfombras y cables derretidores de nieve y de deshielo.

Excepción 2: Los cables y cordones para artefactos, como están permitidos en 240-4.

210-20. Protección contra sobrecorriente. Los conductores de circuitos derivados y equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente con una capacidad nominal o ajuste:

- (1) que no exceda la especificada en la Sección 240-3 para los conductores,
 (2) que no exceda a la especificada en los Artículos aplicables de la Sección 240-2 para equipo y
 (3) lo establecido para dispositivos de salida en 210-21.

Excepción 1: Está permitido que los conductores en derivación permitidos en 210-19(c) estén protegidos por el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

Excepción 2: Los cables y cordones de artefactos, como están permitidos en 240-4.

NOTA: Para protección contra sobrecorriente, véase 240-1. Para cargas continuas, véanse 210-22 y 220-3.

210-21. Dispositivos de salida. Los dispositivos de salida deben tener una capacidad nominal de conducción de corriente eléctrica no menor que la carga que van a alimentar y deben cumplir lo establecido en los siguientes incisos (a) y (b):

a) Portalámparas. Cuando estén conectados a un circuito derivado de más de 20 A nominales, los portalámparas deben ser del tipo para trabajo pesado. Un portalámparas para servicio pesado debe tener una potencia nominal no inferior a 600 W si es de tipo medio y no inferior a 750 W si es de cualquier otro tipo.

b) Receptáculos

1) Un receptáculo sencillo instalado en un circuito derivado individual, debe tener una capacidad nominal no menor que la de dicho circuito.

Excepción 1: Si está instalado según se indica en 430-81(c).

Excepción 2: Está permitido que un receptáculo instalado exclusivamente para usar un equipo de soldadura por arco conectado con cordón y clavija, tenga una capacidad nominal de corriente eléctrica no inferior a la capacidad de conducción de corriente mínima de los conductores del circuito derivado, determinada como se establece en 630-11(a) para las máquinas de soldar por arco con transformador de c.a. y rectificador de c.c., y en 630-21(a) para las máquinas de soldar por arco tipo motogenerador.

2) Cuando estén conectados a un circuito derivado que suministre energía, a dos o más receptáculos o salidas, un receptáculo no debe alimentar a una carga total de aparatos eléctricos conectados con cordón y clavija, que exceda el máximo especificado en la Tabla 210-21(b)(2).

3) Cuando se conecten a un circuito derivado, que alimente a dos o más receptáculos o salidas, la capacidad nominal de los receptáculos debe corresponder a los valores de la Tabla 210-21(b)(3) o, si es de más de 50 A, la capacidad nominal del receptáculo no debe ser inferior a la capacidad nominal del circuito derivado.

Excepción: Se permite que los receptáculos instalados exclusivamente para usar una o más máquinas de soldar por arco conectadas con cordón y clavija, tenga una capacidad nominal no inferior a la capacidad de conducción de corriente mínima de los conductores del circuito derivado, tal como se permite en 630-11(a) o (b) para las máquinas de soldar por arco con transformador de c.a. y rectificador de c.c., y en 630-21(a) o (b) para las máquinas de soldar por arco accionadas por motor-generador.

4) Se permite que la capacidad nominal de un receptáculo para estufa se base en la carga demandada de una sola estufa, tal como se especifica en la Tabla 220-19.

TABLA 210-21 (b) (2).- Carga máxima conectada a un receptáculo por medio de un cordón y clavija

Capacidad nominal del circuito (A)	Capacidad nominal del receptáculo (A)	Carga máxima (A)
15 o 20	15	12
20	20	16
30	30	24

TABLA 210-21(b) (3).- Capacidad nominal receptáculos en circuitos de diversa capacidad (A)

Capacidad nominal del circuito (A)	Capacidad nominal del receptáculo (A)
15	No más de 15
20	15 o 20
30	30
40	40 o 50
50	50

210-22. Cargas máximas. La carga total no debe exceder la capacidad nominal del circuito derivado y no debe exceder las cargas máximas especificadas en 210-22 (a) a (c), en las condiciones allí indicadas.

a) Cargas operadas por motores y combinadas. Cuando un circuito suministra energía sólo a cargas operadas por motores, debe aplicarse el Artículo 430. Cuando un circuito suministre energía sólo a equipo de aire acondicionado, de refrigeración o ambos, debe aplicarse el Artículo 440. En circuitos que suministren energía a cargas consistentes en equipo de utilización fijo con motores de más de 93,0 W (1/8 CP), junto con otras, la carga total calculada debe ser 125% de la carga del motor más grande, más la suma de todas las demás.

b) Cargas inductivas de alumbrado. Para los circuitos que suministren energía a equipo de alumbrado con balastos, reactores, transformadores o autotransformadores, la carga calculada debe basarse en la capacidad nominal total de dichas unidades y no en la potencia (W) total de las lámparas.

c) Otras cargas. La capacidad nominal de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados que alimenten a cargas continuas, tales como el alumbrado de las tiendas y cargas similares, no debe ser inferior a la carga no continua más 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del circuito derivado, antes de la aplicación de cualquier factor de ajuste, debe tener una capacidad de conducción de corriente igual o superior a la de la carga no continua más 125% de la carga continua.

Excepción: Los circuitos alimentados por un conjunto que, junto con sus dispositivos de protección contra sobrecorriente, estén aprobados para funcionamiento continuo a 100% de su capacidad nominal.

Se acepta aplicar factores de demanda para cargas de estufas de acuerdo con lo indicado en la Tabla 220-19, incluida la Nota 4.

210-23. Cargas permisibles. En ningún caso la carga debe exceder a la capacidad nominal del circuito derivado. Está permitido que un circuito derivado individual suministre energía a cualquier tipo de carga dentro de su valor nominal. Un circuito derivado que suministre energía a dos o más salidas o receptáculos, sólo debe alimentar a las cargas especificadas en los incisos (a) a (d) y resumidas en 210-24 y en la Tabla 210-24, de acuerdo con su clasificación.

a) Circuitos derivados de 15 A y 20 A. Se permite que los circuitos derivados de 15 A o 20 A alimenten a unidades de alumbrado, otros equipos de utilización o una combinación de ambos. La capacidad nominal de cualquier equipo de utilización conectado mediante cordón y clavija no debe superar 80% de la capacidad nominal del circuito derivado. La capacidad total del equipo de utilización fijo en su lugar, no debe superar el 50% de la capacidad nominal del circuito, cuando también se conecten a este circuito unidades de alumbrado, equipo de utilización no fijo conectado mediante cordón y clavija o ambos a la vez.

Excepción: Los circuitos derivados para aparatos electrodomésticos pequeños y el circuito derivado para lavanderías de las unidades de vivienda, especificados en 220-4(b) y (c), sólo deben alimentar a las salidas de receptáculos especificadas en dicha Sección.

b) Circuitos derivados de 30 A. Se permite que los circuitos derivados de 30 A suministren energía a unidades fijas de alumbrado con portalámparas de servicio pesado, en edificios que no sean viviendas o a equipo de utilización en cualquier edificio. La capacidad nominal de cualquier equipo de utilización conectado con cordón y clavija no debe exceder 80% de la capacidad nominal del circuito derivado.

c) Circuitos derivados de 40 A y 50 A. Se permite que un circuito derivado de 40 A o 50 A suministre energía a equipo de cocina fijo en cualquier edificio. En edificios que no sean viviendas, se permite que tales circuitos suministren energía a unidades de alumbrado fijas con portalámparas de servicio pesado, unidades de calefacción por infrarrojos u otros equipos de utilización.

d) Circuitos derivados de más de 50 A. Los circuitos de más de 50 A sólo deben suministrar energía a salidas que no sean para alumbrado.

210-24. Requisitos de los circuitos derivados-Resumen. En la Tabla 210-24 se resumen los requisitos de los circuitos que tengan dos o más salidas o receptáculos distintos a los circuitos de receptáculos indicados en 220-4(b) y (c), como se ha especificado anteriormente.

TABLA 210-24.- Resumen de requisitos de los circuitos derivados

Clasificación de circuito (A)	15	20	30	40	50
Conductores (tamaño o designación nominal mínimo mm ² -AWG):					
Conductores del circuito*	2,08(14)	3,31(12)	5,26(10)	3,37(8)	13,3(6)
Derivaciones	2,08(14)	2,08(14)	2,08(14)	3,31(12)	3,31(12)
Cables y cordones de artefactos eléctricos, véase 240-4					
Protección contra sobrecorriente (A)	15	20	30	40	50
Dispositivos de salida:					
Portalámparas permitidos	De cualquier Tipo	De cualquier Tipo	Servicio pesado	Servicio pesado	Servicio pesado
Valor nominal del receptáculo**	15 A máx.	15 A o 20 A	30 A	40 A o 50 A	50 A
Carga Máxima, en amperes (A)	15	20	30	40	50
Carga Permisible	Véase 210-23(a)	Véase 210-23(a)	Véase 210-23(b)	Véase 210-23(c)	Véase 210-23 (c)
* Estos tamaños se refieren a conductores de cobre.					
** Para la capacidad de conducción de corriente de los artefactos eléctricos de alumbrado por descarga conectados con cordón y clavija, véase 410-30(c).					

210-25. Circuitos derivados para zonas comunes. Los circuitos derivados en unidades de vivienda sólo deben suministrar energía a las cargas de esa unidad o a las asociadas únicamente con esa unidad. Los circuitos derivados necesarios para alumbrado, alarmas centrales, señales, comunicaciones u otras necesidades de zonas públicas o comunes de viviendas dúplex o multifamiliares, no deben conectarse a los equipos que suministren energía a una vivienda individual.

C. Salidas necesarias

210-50. Disposiciones generales. Las salidas de receptáculos deben instalarse como se especifica en 210-52 a 210-60.

a) Cordón colgante. Un conector de cordón que esté soportado en un cordón colgante instalado permanentemente, se considera como salida para receptáculo.

b) Conexiones de cordón. Debe instalarse una salida para receptáculo siempre que se utilicen cordones flexibles con clavija de conexión. Cuando se permita que los cordones flexibles estén conectados permanentemente, se permite suprimir los receptáculos para dichos cordones.

c) Salidas para aparatos electrodomésticos. Las salidas para receptáculos instaladas en una vivienda con aparatos electrodomésticos específicos, tales como equipo de lavandería, deben instalarse a menos de 1,8 m del lugar definido para colocar el aparato electrodoméstico.

210-52. Salidas para receptáculos en unidades de vivienda

a) Disposiciones generales. En los cuartos de cocina, sala de estar, salas, salones, bibliotecas, cuartos de estudio, solarios, comedor, recibidor, vestíbulo, biblioteca, terraza, recámara, cuarto de recreo o cualquier habitación similar en unidades de vivienda, deben instalarse salidas para receptáculos de acuerdo con las disposiciones siguientes:

1) Separación. Las salidas para receptáculos deben instalarse de modo que ningún punto a largo de la línea del suelo de cualquier espacio de la pared esté a más de 1,8 m, medidos horizontalmente, de una salida para receptáculo en ese espacio.

2) Espacio de pared: Para los efectos de este Artículo debe entenderse "espacio de pared" lo siguiente:

a) Cualquier espacio de 60 cm o más de ancho inclusive el espacio que se mida al doblar las esquinas y no interrumpido por aberturas de puertas, chimeneas o similares.

b) El espacio ocupado por paneles fijos en la pared, excepto los deslizantes.

c) El espacio producido por divisores de ambiente fijos tales como mostradores independientes tipo bar o barandas.

3) Receptáculos de piso. Los receptáculos de piso no deben contarse como parte del número requerido de salidas de receptáculos, a menos que estén localizados a una distancia máxima de 45 cm de la pared.

b) **Aparatos electrodomésticos pequeños.** En la cocina, desayunador, comedor o áreas similares en las unidades de vivienda, se requiere de dos o más circuitos derivados de 20 A para aparatos electrodomésticos pequeños, según se especifica en 220-4(b), deben alimentar únicamente las salidas de receptáculos mencionados. Para la salida del receptáculo para conexión del refrigerador se permite instalar un circuito derivado independiente de 15 A o más.

c) **Receptáculos en mostradores y barras de cocina.** En las cocinas, cuartos de baño y comedores de las unidades de vivienda los receptáculos no deben instalarse con la cara hacia arriba en las superficies de trabajo. Los receptáculos no deben instalarse a más de 50 cm arriba del mostrador.

d) **Sótanos y cocheras.** En las viviendas unifamiliares, en cada sótano y en cada cochera adyacentes y en las cocheras independientes con instalación eléctrica, debe instalarse por lo menos una salida para receptáculo, además de la prevista para el equipo de lavandería. Véanse 210-8(a)(2) y 210-8(a)(4).

e) **Áreas de lavandería.** En unidades de vivienda debe instalarse por lo menos un receptáculo para el área de lavandería. Se debe instalar un circuito derivado independiente de 20 A para salida del receptáculo para conexión en el área de lavandería.

Excepción: En viviendas multifamiliares que cuenten con área de lavandería de uso general no se requiere receptáculo para lavandería en cada unidad habitacional.

f) En baños de unidades de vivienda debe instalarse cuando menos una salida para receptáculo de 20 A, en la pared cerca de cada lavabo, debiendo ésta contar con interruptor de circuito por falla a tierra, véase 210-8(a)(1).

g) En exteriores de unidades de vivienda debe instalarse cuando menos una salida para receptáculo, véase 210-8(a)(3).

210-60. Habitaciones de huéspedes. Las habitaciones de huéspedes de los hoteles, moteles y edificios similares deben tener instaladas salidas para receptáculos según se indica en 210-52. Véase 210-8(b)(1).

Excepción: En las habitaciones de hoteles y moteles se permite que las salidas para receptáculos necesarias según lo establecido en 210-52(a), estén situadas del modo más cómodo para la instalación permanente de los muebles, siendo fácilmente accesibles.

210-62. Aparadores. Directamente por encima de un aparador debe instalarse por lo menos una salida para receptáculo por cada 3,7 m lineales o fracción del área del aparador, medidos horizontalmente en su parte más ancha.

210-63. Salidas para equipos de calefacción, aire acondicionado y refrigeración. Debe instalarse una salida para receptáculo monofásica de 120 V 0 127 V y 15 A o 20 A en un lugar accesible para el servicio o mantenimiento de los equipos de calefacción, refrigeración y aire acondicionado en las azoteas, áticos y espacios de poca altura. La salida para receptáculo debe estar situada al mismo nivel y a una distancia dentro de los 760 mm del equipo de calefacción, refrigeración o aire acondicionado. La salida para receptáculo no debe conectarse del lado de la carga del medio de desconexión del equipo.

Excepción: Equipos en azoteas de viviendas unifamiliares y bifamiliares.

210-70. Salidas requeridas para alumbrado. Las salidas para alumbrado deben instalarse donde se especifica en 210-70(a), (b) y (c) siguientes:

a) **Unidad o unidades de vivienda.** En las unidades de vivienda, las salidas de alumbrado deben instalarse de acuerdo con (1), (2) y (3).

(1) **Cuartos habitables.** Debe instalarse al menos una salida para alumbrado controlada por un interruptor de pared, en todos los cuartos habitables y cuartos de baño.

Excepción 1: En otros recintos diferentes de cocinas y cuartos de baño se permite uno o más receptáculos controlados mediante interruptor de pared en lugar de salidas de alumbrado.

Excepción 2: Se permite que las salidas de alumbrado estén controladas por sensores de presencia que:

(1) Sean complementarios a los interruptores de pared, o

(2) Estén localizados donde se instalan normalmente los interruptores de pared y estén equipados con un control manual adicional que permita que el sensor funcione como interruptor de pared.

(2) **Lugares adicionales.** Se debe instalar al menos una salida de alumbrado controlada con un interruptor de pared, en pasillos, escaleras, garajes adjuntos y garajes separados con energía eléctrica y debe suministrarse iluminación en la parte exterior de entradas y salidas exteriores con acceso a nivel de piso. Una puerta vehicular en un garaje no debe considerarse como una entrada o salida exterior. Cuando estén instaladas salidas de alumbrado en escaleras interiores, debe haber un interruptor de pared al nivel de cada piso, para controlar la salida de alumbrado, en donde la diferencia entre los niveles de los pisos es de seis escalones o más.

Excepción: En pasillos, escaleras y accesos exteriores, se permite un control remoto, central o automático del alumbrado.

(3) **Espacios para almacenamiento o equipo.** En sótanos, espacios bajo el piso y cuartos de máquinas, debe instalarse al menos una salida para alumbrado con un interruptor o controlado por un interruptor de pared, en donde estos espacios se utilizan para almacenamiento o para contener equipo que requiere reparación. Al menos un punto de control debe estar en el punto habitual de entrada a estos espacios. La salida de alumbrado debe instalarse cerca del equipo que necesita reparación.

b) **Habitaciones de huéspedes.** En las habitaciones de huéspedes de los hoteles, moteles o inmuebles similares, debe haber al menos una salida para alumbrado o receptáculo controlada por un interruptor de pared.

c) **Otros lugares.** En los sótanos o espacios bajo el piso que albergan equipos que requieren reparación, tales como de calefacción, refrigeración o aire acondicionado, debe instalarse al menos una salida de alumbrado con interruptor, o controlada por un interruptor de pared. Al menos un punto de control debe estar en el punto habitual de entrada a estos espacios. La salida de alumbrado debe instalarse cerca del equipo que necesita reparación.

ARTICULO 215-ALIMENTADORES

215-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos de instalación, de la capacidad de conducción de corriente y tamaño nominal mínimo de los conductores, para los alimentadores que suministran energía a las cargas de los circuitos derivados, calculadas según el Artículo 220.

Excepción: Alimentadores de celdas electrolíticas de los que trata la Sección 668-3(c), Excepciones 1 y 4.

215-2. Capacidad nominal y tamaño mínimos del conductor. Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la necesaria para suministrar energía a las cargas calculadas de acuerdo a las partes B, C y D del Artículo 220. El tamaño nominal mínimo del conductor debe ser el especificado en los siguientes incisos (a) y (b) en las condiciones estipuladas. Los conductores alimentadores de una unidad de vivienda o de una casa móvil, no tienen que ser de mayor tamaño que los conductores de entrada de la acometida. Se permite utilizar lo indicado en la Sección 310-15(d) para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V y calcular el tamaño nominal de los conductores (Tablas 310-16 a 310-19).

a) **Para circuitos especificados.** La capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador no debe ser inferior a 30 A, cuando la carga alimentada consista en alguno de los siguientes tipos de circuitos:

- (1) dos o más circuitos derivados de dos conductores conectados a un alimentador de dos conductores,
- (2) más de dos circuitos derivados de dos conductores, conectados a un alimentador de tres conductores,
- (3) dos o más circuitos derivados de tres conductores conectados a un alimentador de tres conductores, y
- (4) dos o más circuitos derivados de cuatro conductores conectados a un alimentador de tres fases, cuatro conductores.

b) **Capacidad de conducción de corriente de los conductores de entrada de la acometida.** La capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador no debe ser inferior a la de los conductores de entrada de acometida cuando los conductores del alimentador transporten el total de la carga alimentada por los conductores entrada de acometida con una capacidad de conducción de corriente de 55 A o menos.

NOTA 1: Los conductores de alimentadores, tal como están definidos en el Artículo 100, con un tamaño nominal que evite una caída de tensión eléctrica superior a $\pm 3\%$ en la toma de corriente eléctrica más lejana para fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas, y en los que la caída máxima de tensión eléctrica sumada de los circuitos alimentadores y derivados hasta la salida más lejana no supere 5% , ofrecen una eficacia de funcionamiento razonable.

NOTA 2: Para la caída de tensión eléctrica de los conductores de los circuitos derivados, véase 210-19(a).

215-3. Protección contra sobrecorriente. Los alimentadores deben estar protegidos contra sobrecorriente según lo establecido en la parte A del Artículo 240.

215-4. Alimentadores con neutro común

a) Alimentadores con neutro común. Se permite utilizar un neutro común en los alimentadores de dos o tres conductores o en alimentadores de dos grupos de cuatro conductores o cinco conductores.

NOTA: Véase 220-22.

b) En canalizaciones o envoltentes metálicos. Cuando estén instalados en una canalización u otra envoltente metálica, todos los conductores del total de alimentadores con un neutro común deben estar encerrados en la misma canalización o envoltente, como se exige en 300-20.

215-5. Diagrama unifilar de alimentadores. Antes de la instalación de los circuitos alimentadores debe de elaborarse un diagrama unifilar que muestre los detalles de dichos circuitos. Este diagrama unifilar debe mostrar la superficie en metros cuadrados del edificio u otra estructura alimentada por cada alimentador; la carga total conectada antes de aplicar los factores de demanda; los factores de demanda aplicados; la carga calculada después de aplicar los factores de demanda; el tipo, tamaño nominal y longitud de los conductores utilizados y la caída de tensión de cada circuito derivado y circuito alimentador.

215-6. Medios de puesta a tierra de los conductores. Cuando un alimentador suministre energía a circuitos derivados que requieran conductores de puesta a tierra de equipo, el alimentador debe incluir o proveer un medio de puesta a tierra según lo establecido en 250-57, al que deben conectarse los conductores de puesta a tierra del equipo de los circuitos derivados.

215-7. Conductores no puestos a tierra derivados de sistemas puestos a tierra. Se permite derivar circuitos de c.c. de dos conductores y de c.a. de dos o más conductores no puestos a tierra, desde los conductores no puestos a tierra de circuitos que tengan un conductor neutro puesto a tierra. Los dispositivos de desconexión en cada circuito derivado deben tener un polo en cada conductor no puesto a tierra.

215-8. Medios para identificar el conductor con mayor tensión eléctrica a tierra. En circuitos de cuatro conductores, con el secundario conectado en delta, en los que el punto medio del devanado de una fase esté puesto a tierra para suministrar energía a cargas de alumbrado y similares, debe identificarse el conductor con mayor tensión eléctrica a tierra mediante un acabado externo de color naranja, una etiqueta u otro medio eficaz. Dicha identificación debe situarse en todos los puntos en los que se haga una conexión, si el conductor puesto a tierra está presente.

215-9. Protección de las personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra. Se permite que los alimentadores que proporcionen energía a circuitos derivados de 15 A y 20 A para receptáculos estén protegidos por un interruptor de circuito por falla a tierra, en vez de lo establecido para tales interruptores en 210-8 y en el Artículo 305.

NOTA: Para protección contra riesgos de incendio de origen eléctrico, los alimentadores que proporcionan corriente eléctrica a circuitos derivados de 15 A y 20 A pueden protegerse por dispositivos de corriente residual, esto complementa la protección establecida en 210-8 y en el Artículo 305.

215-10. Protección de equipos contra fallas a tierra. Todos los alimentadores con una corriente eléctrica de desconexión de 1 000 A o más, en un sistema conectado en estrella y sólidamente conectado a tierra con una tensión eléctrica a tierra de más de 150 V, pero que no supere 600 V entre fases, deben estar dotados de equipo de protección contra fallas a tierra de acuerdo con las disposiciones de la sección 230-95.

Excepción: No es necesaria la protección de los equipos contra fallas a tierra cuando exista la misma protección en el alimentador.

215-11. Circuitos derivados de autotransformadores. Los alimentadores no deben derivarse de autotransformadores, a menos que el sistema alimentado tenga un conductor que esté conectado eléctricamente a un conductor puesto a tierra de la instalación de suministro del autotransformador.

Excepción 1: Se permite un autotransformador que prolongue o añada un alimentador para una carga sin conexión a un conductor similar de tierra, cuando transforme energía de 208 V a 240 V nominales o de 240 V a 208 V.

Excepción 2: En edificios industriales donde se asegure que el mantenimiento y la supervisión de las instalaciones deben hacerse sólo por personal calificado, se permiten transformadores que suministren energía a cargas de 600 V nominales a partir de sistemas de 480 V, y a cargas de 480 V a partir de sistemas de 600 V nominales, sin conexión con un conductor similar puesto a tierra.

ARTICULO 220-CALCULO DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS, ALIMENTADORES Y ACOMETIDAS

A. Disposiciones generales

220-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos para determinar el número de circuitos derivados necesarios y calcular las cargas de los circuitos derivados, de los alimentadores y de las acometidas.

Excepción: Cálculos del alimentador y circuitos derivados para celdas electrolíticas, de los que se trata en 668-3(c), Excepciones 1 y 4.

220-2. Tensiones eléctricas. Si no se especifican otras tensiones eléctricas, para el cálculo de cargas del alimentador y de los derivados, deben aplicarse las tensiones eléctricas nominales de 120 V, 127 V, 120/240 V, 220Y/127 V, 208Y/120 V, 220 V, 440 V, 460 V, 480Y/277 V, 480 V, 600Y/347 V y 600 V.

220-3. Cálculo de los circuitos derivados. Las cargas de los circuitos derivados deben calcularse como se indica en los siguientes incisos:

a) Cargas continuas y no continuas. La capacidad nominal del circuito derivado no debe ser inferior a la suma de la carga no continua más el 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del circuito derivado, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe permitir una capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de la suma de la carga no continua, más el 125% de la carga continua.

Excepción: Cuando el equipo, incluidos los dispositivos de protección contra sobrecorriente, esté aprobado para funcionamiento continuo a 100% de su capacidad nominal.

b) Cargas de alumbrado por uso de edificios. La carga mínima de alumbrado por cada metro cuadrado de superficie del piso, debe ser mayor o igual que la especificada en la Tabla 220-3(b) para edificios indicados en la misma. La superficie del piso de cada planta debe calcularse a partir de las dimensiones exteriores del edificio, unidad de vivienda u otras zonas afectadas. Para las unidades de vivienda, la superficie calculada del piso no debe incluir los patios abiertos, las cocheras ni los espacios inutilizados o sin terminar, que no sean adaptables para su uso futuro.

NOTA: Los valores unitarios de estos cálculos se basan en las condiciones de carga mínima y en un factor de potencia del 100% y puede ser que no provean la capacidad suficiente para la instalación considerada. Estos valores corresponden al cálculo de los circuitos derivados y no se contraponen con los valores de densidad de potencia eléctrica por concepto de alumbrado W/m^2 establecidos en la NOM-007-ENER Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales vigente.

TABLA 220-3(b).- Cargas de alumbrado general por tipo del inmueble

Tipo del inmueble	Carga unitaria (VA/m ²)
Almacenes militares y auditorios	10
Bancos	35**
Bodegas	2,5
Casas de huéspedes	15
Clubes	20
Edificios de oficinas	35**
Edificios industriales y comerciales	20
Escuelas	30
Estacionamientos públicos	5
Hospitales	20
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina*	20
Iglesias	10
Juzgados	20

Peluquerías y salones de belleza	30
Restaurantes	20
Tiendas	30
Unidades de vivienda*	30
En cualquiera de las construcciones anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
- Lugares de reunión y auditorios	10
- Vestíbulo, pasillos, armarios, escaleras	5
- Lugares de almacenamiento	2,5
NOTAS:	
* Todas las salidas para receptáculos de uso general de 20 A nominales o menos, en unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares y en las habitaciones de los clientes de hoteles y moteles (excepto las conectadas a los circuitos de receptáculos de corriente eléctrica especificados en 220-4(b) y (c)), deben considerarse tomas para alumbrado general y en tales salidas no son necesarios cálculos para cargas adicionales.	
** Además debe incluirse una carga unitaria de 10 VA/m ² para las salidas de receptáculos de uso general cuando este tipo de salidas de receptáculos sea desconocido.	

c) Otras cargas-todas las construcciones. En todas las construcciones, la carga mínima de cada salida de uso general y receptáculos y salidas no utilizadas para alumbrado general, no debe ser menor que lo siguiente (las cargas utilizadas se basan en la tensión eléctrica nominal de los circuitos derivados):

1) Salida para un aparato electrodoméstico específico u otra carga, excepto para salida de motores: corriente eléctrica nominal en amperes del aparato electrodoméstico o carga conectada.

2) Salida de motor: véase 430-22 y 430-24 y Artículo 440.

3) Salida para luminarios empotrados: debe tener la máxima capacidad nominal en Volt-ampere (VA) para la que esté asignado dicho luminario.

4) Salida para portalámparas de trabajo pesado: debe considerarse carga mínima de 600 VA.

5) Rieles de alumbrado: véase 410-102.

6) Alumbrado para anuncios y de realce: debe considerarse carga mínima de 1 200 VA para cada circuito derivado requerido, especificado en 600-6(c).

7) Otras salidas*: debe considerarse carga mínima de 180 VA por salida.

Para salidas en receptáculos, cada receptáculo sencillo o múltiple instalado en el mismo puente debe considerarse a no menos de 180 VA.

*Esta disposición no debe aplicarse a las salidas para receptáculos conectados a los circuitos especificados en 220-4(b) y (c).

Excepción 1: Cuando se empleen receptáculos múltiples fijos, cada 1,50 m o fracción de cada tramo independiente y continuo, debe considerarse como una salida de capacidad no inferior a 180 VA, excepto si es probable que se vayan a utilizar varios aparatos electrodomésticos simultáneamente. En este caso, cada 30 cm o fracción, debe considerarse como salida de capacidad no inferior a 180 VA. Los requisitos de esta excepción no se aplican a unidades de viviendas o a habitaciones de huéspedes de hoteles o moteles.

Excepción 2: Para calcular la carga de las estufas eléctricas domésticas, se permite aplicar la Tabla 220-19.

Excepción 3: Por cada 305 mm de escarapate, medido horizontalmente a lo largo de su base, se permite una carga no inferior a 200 VA en vez de la unidad de carga especificada por salida.

Excepción 4: No deben tenerse en cuenta para los cálculos las cargas de las salidas para conmutadores telefónicos.

Excepción 5: Lo indicado en 220-18 se puede considerar como método permitido de cálculo de la carga de una o varias secadoras eléctricas domésticas de ropa.

d) Cargas para ampliación de las instalaciones existentes

1) Unidades de vivienda. Las cargas para ampliaciones estructurales de una unidad de vivienda existente o de una parte de una unidad de vivienda en la que no existía instalación, si superan 46,5 m² deben calcularse según el inciso anterior (b). Las cargas de circuitos nuevos o ampliados en unidades de vivienda con instalación anterior, deben calcularse según los incisos anteriores (b) o (c).

2) Inmuebles que no sean viviendas. Las cargas para circuitos nuevos o ampliados en inmuebles que no sean de viviendas, deben calcularse según los incisos anteriores (b) o (c).

220-4. Circuitos derivados requeridos. Los circuitos derivados para alumbrado y aparatos eléctricos, incluidos aparatos eléctricos operados por motor, deben estar previstos para las cargas calculadas según 220-3. Además deben instalarse circuitos derivados para las cargas no específicas, que no estén cubiertas por 220-3, si así lo exige esta Norma. Para aparatos electrodomésticos pequeños tal como se especifica en el siguiente inciso (b) y para lavanderías, tal como se indica en el inciso (c) siguiente.

a) Número de circuitos derivados. El número mínimo de circuitos derivados debe establecerse a partir de la carga total calculada y al tamaño o capacidad nominal de los circuitos utilizados. En todas las instalaciones, el número de circuitos debe ser suficiente para suministrar corriente eléctrica a la carga conectada. En ningún caso la carga de un circuito debe superar el máximo fijado en 210-22.

b) Circuitos derivados para aparatos electrodomésticos pequeños en unidades de vivienda. Además del número de circuitos derivados determinado según el anterior inciso (a), deben existir dos o más circuitos derivados de 20 A para aparatos electrodomésticos pequeños. Para todas las salidas de receptáculos especificadas en 210-52(b) para aparatos electrodomésticos pequeños.

c) Circuitos derivados para lavanderías en unidades de vivienda. Además del número de circuitos derivados determinado según los anteriores incisos (a) y (b), debe existir al menos otro circuito de 20 A para conectar las salidas de receptáculos para equipo de lavandería exigidas en 210-52(e). Este circuito no debe tener otras salidas.

d) Equilibrio de cargas entre circuitos derivados. Cuando se calcule la carga sobre la base de VA/m², el sistema de alambreado hasta los tableros de alumbrado incluyendo éstos, deben contar con capacidad para alimentar cargas no inferiores a las calculadas. Esta carga debe distribuirse proporcionalmente entre los distintos circuitos derivados dentro del tablero de alumbrado, con varias salidas, que se inicien en los diferentes tableros de alumbrado. Sólo es necesario instalar dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados de acuerdo a la carga conectada.

B. Alimentadores y acometidas**220-10. Disposiciones generales**

a) Capacidad de conducción de corriente y cálculo de cargas. Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de conducción de corriente suficiente para suministrar energía a las cargas conectadas. En ningún caso la carga calculada para un alimentador debe ser inferior a la suma de las cargas de los circuitos derivados conectados, tal como se establece en la parte A de este Artículo y después de aplicar cualquier factor de demanda permitido en las Partes B, C o D.

NOTA: En cuanto a la carga máxima permitida (A), para elementos de alumbrado que funcionen a menos del 100% de su factor de potencia, véase 210-22(b).

b) Cargas continuas y no continuas. Cuando un alimentador suministre energía a cargas continuas o a una combinación de cargas continuas y no continuas, la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser menor que la carga no continua, más el 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del alimentador, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe permitir una capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de la carga no continua más el 125% de la carga continua.

Excepción: Cuando el equipo, incluidos los dispositivos de protección contra sobrecorriente del alimentador, esté aprobado para funcionamiento continuo al 100% de su capacidad nominal, ni la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente, ni la capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador deben ser inferiores a la suma de la carga continua más la no continua.

220-11. Alumbrado general. Los factores de demanda de la Tabla 220-11 deben aplicarse a la parte de la carga total calculada para el alumbrado general. No deben aplicarse en el cálculo del número de circuitos derivados para alumbrado general.

NOTA: Para la aplicación de factores de demanda a circuitos de pequeños aparatos electrodomésticos y lavanderías en viviendas, véase 220-16.

TABLA 220-11.- Factores de demanda de cargas de alumbrado

Tipo de inmueble	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda (%)
Almacenes	Primeros 12 500 o menos	100
	A partir de 12 500	50
Hospitales*	Primeros 50 000 o menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los bloques de apartamentos sin cocina*	Primeros 20 000 o menos	50
	De 20 001 a 100 000	40
	A partir de 1 00000	30
Unidades de vivienda	Primeros 3 000 o menos	100
	De 3 001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Todos los demás	Total VA	100

* Los factores de demanda de esta Tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.

220-12. Alumbrado de aparadores. Para el alumbrado de aparadores debe incluirse una carga no inferior a 200 VA por cada 30 cm de aparador, medido horizontalmente a lo largo de su base.

NOTA: Para los circuitos derivados de escaparates, véase 220-3(c), Excepción 3.

220-13. Cargas para receptáculos en inmuebles que no sean de vivienda. En inmuebles que no sean de vivienda, se permite añadir a las cargas de alumbrado cargas para receptáculos de no más de 180 VA por salida, según 220-3(c)(7), sujetas a los factores de demanda de la Tabla 220-11 o también sujetas a los factores de demanda de la Tabla 220-13.

TABLA 220-13.- Factores de demanda para cargas de receptáculos que no son unidades de vivienda

Parte de la carga de receptáculos a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda (%)
Primeros 10 kVA o menos	100
A partir de 10 kVA	50

220-14. Motores. Las cargas de motores deben calcularse según se indica en 430-24, 430-25 y 430-26.

220-15. Calefacción eléctrica fija. Las cargas de calefacción eléctrica fija deben calcularse al 100% de la carga total conectada. No obstante, en ningún caso la capacidad de conducción de corriente de un alimentador debe ser inferior a la del circuito derivado conectado de mayor capacidad.

Excepción 1: Cuando resulten cargas menores en los conductores debido a que los equipos funcionen según ciclos, continua o intermitentemente o no funcionen todos a la vez, los conductores de suministro pueden tener una capacidad de conducción de corriente inferior a 100%, siempre que esa capacidad cubra todas las cargas así calculadas.

Excepción 2: Está permitido el uso opcional de los cálculos indicados en 220-30 y 220-31 para cargas de calefacción eléctrica fija en una unidad de vivienda. En viviendas multifamiliares se permite usar opcionalmente los cálculos indicados en 220-32.

220-16. Cargas de aparatos electrodomésticos pequeños y lavanderías en unidades de vivienda.

a) Cargas del circuito de aparatos electrodomésticos pequeños. En cada unidad de vivienda, la carga del alimentador debe calcularse a 1 500 VA por cada circuito derivado de dos conductores requerido en 220-4(b) para aparatos electrodomésticos pequeños conectados a receptáculos de 15 A o 20 A en los circuitos derivados de 20 A de la cocina, despensa, comedor y desayunador. Cuando la carga se subdivide entre dos o más alimentadores, la carga calculada para cada uno debe incluir no menos de 1 500 VA por cada circuito de dos conductores para aparatos electrodomésticos pequeños. Se permite que estas cargas se

incluyan con la carga de alumbrado general y se apliquen los factores de demanda permitidos en la Tabla 220-11 para las cargas de alumbrado general.

b) Carga del circuito de lavandería. La carga del alimentador debe calcularse a no menos de 1 500 VA por cada circuito derivado de dos conductores para lavandería que se exija en 220-4(c). Se permite que estas cargas se incluyan con la carga de alumbrado general y se apliquen los factores de demanda permitidos en 220-11 para las cargas de alumbrado general.

220-17. Carga de aparatos electrodomésticos en unidades de vivienda. Se permite aplicar un factor de demanda de 75% de la capacidad nominal de cuatro o más aparatos electrodomésticos fijos que no sean estufas eléctricas, secadoras de ropa, equipo de calefacción eléctrica o de aire acondicionado, conectados al mismo alimentador en viviendas unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares.

220-18. Secadoras eléctricas de ropa en unidades de vivienda. La carga de secadoras eléctricas de ropa en unidades de vivienda, debe ser la mayor que las siguientes: 5 000 W (Volt-Ampere) o la potencia nominal indicada en la placa de datos, para cada secadora conectada. Se permite aplicar factores de demanda indicados en la Tabla 220-18, para una o más secadoras.

TABLA 220-18.- Factores de demanda para secadoras domésticas de ropa

Número de secadoras	Factor de demanda, (%)
1	100
2	100
3	100
4	100
5	80
6	70
7	65
8	60
9	55
10	50
11-13	45
14-19	40
20-24	35
25-29	32,5
30-34	30
35-39	27,5
De 40 en adelante	25

220-19. Estufas eléctricas y otros aparatos electrodomésticos de cocción en unidades de vivienda. Se permite calcular el factor de demanda del alimentador para estufas eléctricas domésticas, hornos de pared y otros aparatos electrodomésticos de cocción, de capacidad nominal superior a 1,75 kW, según la Tabla 220-19. Cuando haya dos o más estufas eléctricas u otros electrodomésticos de cocción monofásicos conectados a un circuito trifásico de cuatro conductores, la carga total debe calcularse sobre la base del doble del número máximo conectado entre dos fases cualesquiera. Para las cargas calculadas en esta Sección, los kVA equivalen a kW.

TABLA 220-19.- Factores de demanda para estufas eléctricas domésticas, hornos de pared, parrillas eléctricas montadas en la superficie del mueble de cocina y otros aparatos electrodomésticos de cocción de más de 1,75 kW nominal (la columna A debe aplicarse en todos los casos, excepto los especificados en la Nota 3)

Número de aparatos electrodomésticos	Demanda máxima (véanse notas)	Factor de demanda por ciento (véase Nota 3)	
	Columna A (no más de 12 kW nominales) (kW)	Columna B (menos de 3 ½ kW nominales) (por ciento)	Columna C (de 3 ½ a 8 3/8 kW nominales) (por ciento)
1	8	80	80

2	11	75	65
3	14	70	55
4	17	66	50
5	20	62	45
6	21	59	43
7	22	56	40
8	23	53	36
9	24	51	35
10	25	49	34
11	26	47	32
12	27	45	32
13	28	43	32
14	29	41	32
15	30	40	32
16	31	39	28
17	32	38	28
18	33	37	28
19	34	36	28
20	35	35	28
21	36	34	26
22	37	33	26
23	38	32	26
24	39	31	26
25	40	30	26
26-30	15 más 1 por cada estufa	30	24
31-40		30	22
41-50	25 más 0,75 por cada estufa	30	20
51-60		30	18
De 61 en adelante		30	16

Observaciones a la Tabla 220-19

1.- Todas las estufas de más de 12 kW hasta 27 kW tienen el mismo valor nominal. Para las estufas individuales de más de 12 kW pero no más de 27 kW, debe aumentarse la demanda máxima de la columna A un 5% por cada kW adicional o fracción, por encima de los 12 kW.

2.- Las estufas de más de 8,75 kW hasta 27 kW son de distinto valor nominal. Para las estufas con potencia individual de más de 8,75 kW y de distinto valor nominal, pero que no superen 27 kW, debe calcularse un valor nominal medio, sumando los valores nominales de todas las estufas para obtener la carga total conectada (utilizando 12 kW por cada estufa de menos de 12 kW) y dividiendo el total por el número de estufas. Después debe aumentarse la demanda máxima de la columna A un 5% por cada kW o fracción por encima de 12 kW.

3.- De más de 1,75 kW hasta 8,75 kW. En lugar del método de la columna A, se permite añadir la potencia nominal de todos los aparatos electrodomésticos de cocción de más de 1,75 kW nominales, pero no más de 8,75 kW y multiplicar la suma por los factores de demanda de las columnas B o C, según el número de aparatos electrodomésticos. Cuando la potencia nominal de los aparatos electrodomésticos de cocción corresponda a las columnas B y C, deben aplicarse los factores de demanda de cada columna a los aparatos electrodomésticos de la misma y sumar los resultados.

4.- Carga del circuito derivado: es permisible calcular la carga del circuito derivado de una estufa según la Tabla 220-19. La carga del circuito de un horno de pared o de una estufa montadas en la superficie del mueble de cocina debe ser el valor de la placa de datos del aparato electrodoméstico. La carga de un circuito derivado de una estufa montadas en la superficie del mueble de cocina y no más de dos hornos de pared, conectados todos al mismo circuito derivado y situados en la misma cocina, debe calcularse sumando los valores de la placa de datos de cada aparato electrodoméstico y considerando ese total como equivalente a una estufa.

5.- Esta Tabla se aplica también a aparatos electrodomésticos de cocción de más de 1,75 kW utilizados en programas de instrucción.

220-20. Equipos de cocinas en inmuebles que no son unidades de vivienda. Las cargas de los equipos eléctricos de las cocinas comerciales, calentadores del agua de los lavaplatos, otros calentadores de agua y demás equipos de cocina, se deben calcular según la Tabla 220-20. Los factores de demanda de esta Tabla se aplican a todos los equipos de cocina controlados por termostato o de uso intermitente. No se aplican a equipos de calefacción eléctrica, ventilación o aire acondicionado.

No obstante, en ningún caso, la demanda del alimentador debe ser inferior a la suma de las dos mayores cargas de los equipos de cocina.

TABLA 220-20.- Factores de demanda de equipos de cocina en inmuebles que no son unidades de vivienda

Número de equipos	Factor de demanda (%)
1	100
2	100
3	90
4	80
5	70
6 o más	65

220-21. Cargas no coincidentes. Cuando no sea probable que se utilicen simultáneamente dos cargas distintas, se puede omitir la más pequeña de las dos, al calcular la carga total del alimentador.

220-22. Carga del neutro del alimentador. La carga del neutro del alimentador debe ser el máximo desequilibrio de la carga determinado por este Artículo. La carga de máximo desequilibrio debe ser la carga neta máxima calculada entre el neutro y cualquier otro conductor de fase; excepto que la carga así obtenida, se debe multiplicar por 140% para sistemas de dos fases tres conductores o dos fases cinco conductores. En un alimentador para estufas eléctricas domésticas, hornos de pared y secadoras eléctricas, la carga máxima de desequilibrio se debe considerar al 70% de la carga en los conductores de fase, calculada según la Tabla 220-19 para las estufas y 220-18 para las secadoras. Para los sistemas de tres conductores de c.c. o monofásicos de c.a.; sistemas de tres fases cuatro conductores, dos fases tres conductores o dos fases cinco conductores, se debe calcular otro factor de demanda de 70% para la parte de la carga en desequilibrio superior a 200 A. No debe reducirse la capacidad de conducción de corriente del neutro en la parte de la carga que consista en cargas no lineales alimentadas con un sistema de tres fases cuatro conductores, conectado en estrella ni en el conductor puesto a tierra de un circuito de tres conductores que esté formado por el conductor neutro y dos fases de un sistema tres fases cuatro conductores conectado en estrella.

NOTA: Un sistema de tres fases cuatro conductores conectado en estrella utilizado para suministrar corriente eléctrica a cargas no lineales, puede requerir que el sistema esté proyectado de modo que permita que pasen por el neutro corrientes altas producidas por armónicos.

C. Cálculos opcionales para las cargas de alimentadores y acometidas

220-30. Cálculos opcionales: unidades de vivienda

a) Carga del alimentador y de la acometida. En unidades de vivienda cuya carga total conectada esté alimentada por un solo conjunto de tres conductores a 120/240 V, 127/220 V o 208Y/120 V en el alimentador o en la entrada de acometida con capacidad de conducción de corriente de 100 A o más, está permitido calcular las cargas del alimentador y de la acometida según la Tabla 220-30 en lugar del método especificado en la parte B de este Artículo. Se permite que los conductores de los alimentadores y de la entrada de acometida cuya demanda venga determinada por este cálculo opcional, tengan la carga del neutro determinada como se indica en 220-22.

TABLA 220-30.- Cálculos opcionales en unidades de vivienda (Carga en kVA)

La mayor de las cinco posibilidades siguientes:

- 1) 100% de la capacidad o capacidades nominales de la placa de datos de los equipos de aire acondicionado y refrigeración, incluidos los compresores de las bombas de calefacción.
- 2) 100% de la capacidad o capacidades nominales de los acumuladores eléctricos y otros sistemas de calefacción cuando se espera que la carga sea continua y del valor máximo de la placa de datos. Los

sistemas acogidos a este inciso no deben figurar en ningún otro de esta Tabla.
3) 65% de la capacidad o capacidades nominales de los equipos de calefacción eléctrica central, incluida la calefacción suplementaria integrada en las bombas de calefacción.
4) 65% de la capacidad o capacidades nominales de los equipos de calefacción eléctrica si son inferiores a cuatro unidades controladas independientemente.
5) 40% de la capacidad o capacidades nominales de los equipos de calefacción eléctrica si son cuatro o más unidades controladas independientemente.
Más: 100% de los primeros 10 kVA de todas las demás cargas.
Más: 40% de todas las demás cargas.

b) Cargas. Las cargas a las que en la Tabla 220-30 se denomina "otras cargas" y "todas las demás cargas" son las siguientes:

1) 1 500 VA por cada circuito derivado de dos conductores y 20 A para aparatos electrodomésticos pequeños y cada circuito derivado para lavanderías, especificados en 220-16.

2) 30 VA/m² para alumbrado y receptáculos de uso general.

3) El valor nominal de la placa de datos de todos los aparatos electrodomésticos fijos, conectados permanentemente o colocados para conectarlos a un circuito dado, estufas, hornos de pared, secadoras de ropa y calentadores de agua.

4) El valor nominal en ampere (A) o en kilovolt-ampere (kVA) de todos los motores y de todas las demás cargas con bajo factor de potencia.

220-31. Cálculos opcionales de las cargas adicionales en las viviendas existentes. En las unidades de vivienda existentes, alimentadas actualmente por una instalación con acometida tres conductores a 120/240 V, 220Y/127 V o 208Y/120 V, se permite calcular las cargas como se indica en la Tabla 220-31.

TABLA 220-31.- Cálculo opcional de cargas adicionales en viviendas existentes

Carga (en kVA)	Por ciento de carga
Primeros 8	100
Resto de la carga	40

Los cálculos de cargas deben incluir alumbrado a 30 VA/m²; 1 500 VA por cada circuito de dos conductores para aparatos electrodomésticos pequeños; todos los circuitos derivados para lavadoras como se especifica en 220-16; las estufas u hornos de pared y otros aparatos electrodomésticos permanentemente conectados o fijos, a su valor nominal según la placa de datos.

Si se va a instalar equipo de aire acondicionado o de calefacción eléctrica, debe aplicarse la siguiente fórmula para saber si la acometida existente tiene capacidad suficiente:

Equipo de aire acondicionado*	100%
Equipo de calefacción central eléctrica*	100%
Menos de cuatro unidades de calefacción controladas independiente*	100%
Primeros 8 kVA de todas las demás cargas	100%
Resto de todas las demás cargas	40%

Las demás cargas incluyen:

1 500 VA por cada circuito de aparatos electrodomésticos de 20 A.

Alumbrado y aparatos electrodomésticos portátiles, 30 VA/m².

Estufas u hornos de pared y parrillas eléctricas montadas en la superficie del mueble de cocina.

Todos los demás aparatos electrodomésticos fijos en su lugar, incluidos cuatro o más aparatos electrodomésticos de calefacción controladas independiente; a la potencia nominal indicada en su placa de datos.

*Aplicar la mayor carga conectada para aire acondicionado o calefacción, pero no las dos.

220-32. Cálculos opcionales en viviendas multifamiliares

a) Carga del alimentador o de la acometida. Se permite calcular la carga del alimentador o de la acometida de una vivienda multifamiliar según se indica en la Tabla 220-32 en lugar de la Parte B de este Artículo, cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

1) Que ninguna unidad de vivienda esté alimentada por más de un circuito.

2) Que cada unidad de vivienda tenga equipo eléctrico de cocina.

Excepción: Cuando la carga calculada para viviendas multifamiliares sin electrodomésticos de cocción, según la parte B de este Artículo supere la calculada según la Parte C para igual carga, más los electrodomésticos de cocción (8 kW por unidad), se permite aplicar la menor de las dos cargas.

3) Que cada unidad de vivienda esté equipada con calefacción eléctrica, aire acondicionado o ambos.

Los conductores de los alimentadores y de las acometidas cuya carga de demanda venga determinada por este cálculo opcional, pueden tener la carga del neutro tal como se establece en 220-22.

b) Cargas en la vivienda. Las cargas en la vivienda se deben calcular según la Parte B de este Artículo y se deben sumar a las cargas de unidades de viviendas calculadas según lo indicado en la Tabla 220-32.

TABLA 220-32.- Cálculo opcional de los factores de demanda de unidades multifamiliares con tres o más viviendas

Número de unidades de vivienda	Factor de demanda (%)
3-5	45
6-7	44
8-10	43
11	42
12-13	41
14-15	40
16-17	39
18-20	38
21	37
22-23	36
24-25	35
26-27	34
28-30	33
31	32
32-33	31
34-36	30
37-38	29
39-42	28
43-45	27
46-50	26
51-55	25
56-61	24
De 62 en adelante	23

c) Cargas conectadas. Las cargas conectadas a las que se aplican los factores de demanda de la Tabla 220-32, deben incluir lo siguiente:

1) 1 500 VA por cada circuito derivado de dos conductores y 20 A para aparatos electrodomésticos pequeños y cada circuito derivado para lavanderías especificados en 220-16.

2) 30 VA/m² para alumbrado general y receptáculos de uso general.

3) El valor nominal de la placa de datos de todos los aparatos electrodomésticos fijos, conectados permanentemente o colocados para conectarlos a un circuito dado: estufas, hornos de pared, secadoras de ropa y calentadores de agua.

Si las resistencias eléctricas de los calentadores de agua están conectadas con un bloqueo de modo que no se pueden usar todas simultáneamente, se debe considerar que la carga máxima posible es la de la placa de datos del calentador.

4) El valor nominal en ampere (A) o en kilovolt-ampere (kVA) de todos los motores y todas las demás cargas con bajo factor de potencia.

5) La mayor de las cargas del equipo de aire acondicionado o de calefacción.

220-33. Cálculo opcional para viviendas dúplex. Cuando haya viviendas dúplex alimentadas por un solo alimentador y la carga calculada en la Parte B de este Artículo supere la de tres unidades idénticas calculada según se indica en 220-32, se permite usar la menor de las dos cargas.

220-34. Método opcional para escuelas. Se permite aplicar el cálculo de un alimentador o acometida para escuelas según se indica en la Tabla 220-34, en lugar de la Parte B de este Artículo, cuando esté equipada con calefacción eléctrica, aire acondicionado o ambos. La carga conectada a la que se aplican los factores de demanda indicados en la Tabla 220-34 debe incluir todas las cargas de alumbrado interiores y exteriores, fuerza, calentadores de agua, estufas, otras cargas y la mayor del aire acondicionado o calefacción eléctrica del edificio o estructura.

Se permite que los conductores de los alimentadores y acometidas cuya carga de demanda viene determinada por este cálculo opcional, tengan una carga al neutro determinada como se indica en 220-22. Cuando se calcule la carga del edificio o estructura por este método opcional, los alimentadores del edificio o estructura deben tener la intensidad nominal máxima que permite la parte B de este Artículo; no obstante, no se requiere que la capacidad de conducción de corriente de cada alimentador individual sea superior a la de todo el edificio. Esta Sección no se aplica a edificios con aulas portátiles.

TABLA 220-34.- Método opcional para calcular los factores de demanda de los conductores de alimentadores y de entrada de acometidas en escuelas y colegios

Carga conectada en VA/m ²	Factor de demanda (%)
Los primeros 30	100
Desde 30 hasta 200	75
Más de 200	25

220-35. Cálculos opcionales de cargas adicionales en instalaciones existentes. Para poder conectar cargas adicionales a los alimentadores y a las acometidas existentes, se permite aplicar las cifras de demanda real máxima para determinar la carga existente sobre un alimentador o una acometida, cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

1) Que existan datos de demanda máxima de todo un año.

Excepción: Si no existen datos de demanda máxima de todo un año, se permite que esos datos se basen en los amperes reales medidos continuamente durante un periodo mínimo de 30 días, en un amperímetro registrador conectado a la fase de mayor carga del alimentador o de la acometida. Para que los datos reflejen la demanda máxima verdadera del alimentador o de la acometida, deben ser tomados con el edificio ocupado y deben incluir por medición o por cálculo la mayor carga de los equipos de calefacción o aire acondicionado.

2) Que el 125% de la demanda máxima más la nueva carga, no supere la capacidad de conducción de corriente del alimentador o la capacidad de conducción de corriente de la acometida.

3) Que el alimentador tenga un dispositivo de protección contra sobrecorriente según se establece en 240-3 y que la acometida tenga protección contra sobrecargas como se indica en 230-90.

220-36. Cálculo opcional para restaurantes nuevos. Se permite hacer el cálculo de la carga del alimentador o de la acometida de un restaurante nuevo cuando el alimentador soporta la carga total, según se indica en la Tabla 220-36 en lugar de la Parte B de este Artículo.

La protección contra sobrecarga de los conductores de entrada de acometida debe cumplir lo establecido en 230-90 y 240-3.

No se requiere que los conductores del alimentador sean de mayor capacidad de conducción de corriente que los de la entrada de acometida.

Los conductores de entrada de acometida o del alimentador cuya carga venga determinada por este cálculo opcional, pueden tener la carga del neutro determinada como se indica en 220-22.

TABLA 220-36.- Método opcional-Factores de demanda de los conductores del alimentador y entrada de acometida de restaurantes nuevos

Carga total conectada (kVA)	Factor de demanda (%)	
	Todo eléctrico	No todo eléctrico
0-250	80	100
251-280	70	90
281-325	60	80
326-375	50	70
376-800	50	65
Más de 800	50	50

Nota: Para calcular la carga total conectada, sumar todas las cargas eléctricas, incluidas las de la calefacción y del aire acondicionado. De la tabla anterior elegir el factor de demanda a aplicar y multiplicar la carga total conectada por ese factor de demanda.

D. Método de cálculo de cargas en instalaciones agrícolas**220-40. Instalaciones agrícolas: edificios y otras cargas**

a) Unidades de vivienda. La carga del alimentador o de la acometida de una vivienda en una granja, se debe calcular según lo establecido en la Parte B o C de este Artículo. Si la vivienda tiene calefacción eléctrica y la granja tiene instalaciones eléctricas para el secado del grano, no se debe aplicar la parte C de este Artículo para calcular la carga de la vivienda.

b) Edificios no residenciales. Para cada edificio de la granja o carga alimentada por dos o más circuitos derivados, la carga de los conductores del alimentador, de entrada de acometida y del equipo de la acometida se debe calcular como mínimo según los factores de demanda de la Tabla 220-40.

TABLA 220-40.- Método para calcular las cargas de instalaciones agrícolas que no sean unidades de vivienda

Carga en amperes, a 240 V máximo	Factor de demanda (%)
- Cargas que se espera funcionen sin diversidad, pero a no menos del 125% de la corriente a plena carga del motor más grande y no menor que los primeros 60 A de carga.	100
- Siguiendo 60 A de todas las demás cargas	50
- Resto de las demás cargas	25

220-41. Cargas en instalaciones agrícolas: carga total. La carga total de los conductores de entrada de acometida y del equipo de la acometida de las instalaciones agrícolas, se debe calcular según la carga de la unidad de vivienda de la instalación agrícola y de los factores de demanda especificados en la Tabla 220-41. Cuando haya equipos en dos o más edificios de la instalación agrícola o cargas que tengan la misma función, dichas cargas se deben calcular según la Tabla 220-40 y se permite combinarlas como una sola carga en la Tabla 220-41 para calcular la carga total.

NOTA: Respecto de los conductores aéreos desde un poste a un edificio u otra estructura, véase 230-21.

TABLA 220-41.- Método de cálculo de la carga total de una instalación agrícola

Cargas individuales calculadas según la Tabla 220-40	Factor de demanda (%)
Carga máxima en magnitud	100
Segunda carga en magnitud	75
Tercera carga en magnitud	65

Cargas restantes	50
NOTA: A esta carga total se suma la carga de la unidad de vivienda calculada según las partes B o C de este Artículo. Si la unidad de vivienda tiene calefacción eléctrica y la instalación tiene sistemas de secado eléctrico de grano, no se debe aplicar la parte C de este Artículo para calcular la carga de la vivienda.	

ARTICULO 225-CIRCUITOS ALIMENTADORES Y DERIVADOS EXTERIORES

225-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos que deben cumplir los circuitos alimentadores y derivados exteriores tendidos sobre o entre edificios, estructuras o postes en las instalaciones, y de los equipos eléctricos y cableado para el suministro de los equipos de utilización, que estén situados o conectados al exterior de las construcciones, estructuras o postes.

Excepción: Circuito alimentador y derivados para celdas electrolíticas, de los que trata la Sección 668-3(c), Excepciones 1 y 4.

225-2. Otros Artículos. La aplicación de otros Artículos, incluyendo requisitos adicionales para casos específicos de equipo y conductores, es como se indica a continuación:

	Artículo
Acometidas	230
Alambrado soportado por un mensajero	321
Alambrado visible sobre aisladores	320
Albercas, fuentes e instalaciones similares	680
Alimentadores	215
Anuncios luminosos y alumbrado de realce	600
Antenas de televisión comunitarias y sistemas de distribución de radio	820
Areas peligrosas (clasificadas)	500
Areas peligrosas (clasificadas) específicas	510
Circuitos de comunicación	800
Circuitos Clase I, Clase II y Clase III para control remoto, señalización y de potencia limitada	725
Circuitos derivados	210
Conductores para alambrado en general	310
Construcciones flotantes	553
Equipo eléctrico fijo exteriores para descongelar y derretir nieve	426
Equipos de radio y televisión	810
Instalaciones con tensiones eléctricas nominales mayores de 600 V	710
Máquinas de riego operadas o controladas eléctricamente	675
Marinas y muelles	555
Protección contra sobrecorriente	240
Puesta a tierra	250
Sistemas de señalización para protección contra incendios	760
Sistemas solares fotovoltaicos	690
Uso e identificación de los conductores puestos a tierra	200

225-3. Cálculo de cargas

a) Circuitos derivados. La carga de un circuito derivado exterior debe ser determinada de acuerdo a lo establecido en 220-3.

b) Circuitos alimentadores. La carga de un circuito alimentador debe ser la determinada de acuerdo a lo establecido en la parte B del Artículo 220.

225-4. Aislamiento de los conductores. Cuando los conductores de circuitos ramales o alimentadores exteriores pasen a menos de 3 m de cualquier edificio u otra estructura que no sea poste o torre de soporte, los conductores deben estar aislados o cubiertos. Los conductores de los cables o las canalizaciones, excepto los cables de tipo MI, deben llevar forro elastomérico o termoplástico, y en los lugares mojados deben cumplir lo establecido en 310-8. Los conductores para alumbrado de ornato deben estar cubiertos con material elastomérico o termoplástico.

Excepción: Cuando esté permitido, los conductores de puesta a tierra de los equipos y los conductores puestos a tierra de los circuitos pueden estar desnudos o aislados, según lo que establezcan otras disposiciones de esta Norma.

225-5. Tamaño nominal de los conductores. La capacidad de los conductores de conducir la corriente en los circuitos alimentadores y derivados, exteriores, debe cumplir lo establecido en 310-15 basándose en las cargas determinadas según se indica en 220-3 y en la parte B del Artículo 220.

225-6. Tamaño nominal mínimo de los conductores

a) Claros aéreos. Los conductores individuales en claros aéreos, a la vista, deben ser de tamaño nominal no menor que lo siguiente:

1) Para 600 V nominales y menos, conductores de cobre de 5,26 mm² (10 AWG), o de 13,3 mm² (6 AWG) en aluminio, para tramos hasta de 15 m de longitud y de cobre de 8,37 mm² (8 AWG) o de aluminio de 13,3 mm² (6 AWG) para tramos más largos.

Excepción: Cuando estén soportados por cables mensajeros.

2) Para más de 600 V nominales, conductores de cobre de 13,3 mm² (6 AWG) o de aluminio de 21,2 mm² (4 AWG) cuando estén solos y desnudos y de cobre de 8,37 mm² (8 AWG) o de aluminio de 13,3 mm² (6 AWG) cuando formen cables.

b) Alumbrado de ornato. Los conductores aéreos para alumbrado de ornato no deben ser inferiores de 3,31 mm² (12 AWG).

Excepción: Cuando estén soportados por cables mensajeros.

NOTA: Para los portalámparas exteriores, véase 225-24.

Definición. Se entiende por alumbrado de ornato una tira de luces exteriores suspendida entre dos puntos.

225-7. Equipo de alumbrado instalado en exteriores

a) General. Los circuitos derivados que alimentan equipos para alumbrado, instalado en exteriores deben cumplir lo establecido en el Artículo 210 y las siguientes disposiciones:

b) Neutro común. La capacidad de conducción de corriente del conductor neutro no debe ser inferior a la carga máxima neta calculada entre el neutro y todos los conductores de fase, conectados a cualquiera de las fases del circuito.

c) 277 V a tierra. Se pueden emplear circuitos que excedan de 120 V o de 127 V nominales entre conductores y no superen 277 V nominales a tierra, para alimentar elementos para el alumbrado de zonas exteriores de edificios industriales, edificios de oficinas, escuelas, tiendas y otros edificios públicos o comerciales en los que los elementos de alumbrado estén a no menos de 910 mm de las ventanas, plataformas, salidas de emergencia y similares.

d) 600 V entre conductores. Se pueden emplear circuitos que excedan los 277 V nominales a tierra y no superen los 600 V nominales entre conductores, para alimentar a equipo auxiliar de lámparas de descarga, según se indica en 210-6(d)(1).

225-8. Desconexión

a) Medios de desconexión. Los medios de desconexión de los circuitos derivados y de los fusibles de los alimentadores deben cumplir lo establecido en 240-40.

b) Medios de desconexión de cada edificio o estructura. Cuando haya más de un edificio o estructura en la misma propiedad, alimentados por la misma acometida, cada edificio o estructura debe tener los medios de desconexión de todos los conductores de fase en el lado de carga del medio de desconexión de la acometida.

Los medios de desconexión deben instalarse, ya sea en el interior o en el exterior del edificio o estructura correspondiente, en un lugar fácilmente accesible lo más cerca posible del punto de entrada de los conductores de la acometida.

Los medios de desconexión deben instalarse cumpliendo los requisitos indicados en 230-71 y 230-72.

Excepción 1: En las instalaciones industriales de varios edificios con gran capacidad alimentados por la misma acometida, cuando se asegure que la desconexión se puede realizar mediante el establecimiento y mantenimiento de procedimientos de interrupción seguros, se permite que los medios de desconexión estén situados en cualquier lugar de la instalación.

Excepción 2: Edificios u otras estructuras que cumplan lo establecido en el Artículo 685.

Excepción 3: Postes o grupos de postes utilizados como soportes de alumbrado, cuando el medio de desconexión esté situado remotamente.

c) Adecuados para equipo de acometida. Los medios de desconexión especificados en el anterior inciso (b) deben ser adecuados para usarlos como equipo de acometida.

Excepción: Se permite como medio de desconexión en cocheras y en edificios exteriores residenciales, un desconectador de acción rápida o un conjunto de desconectadores de acción rápida de tres o cuatro vías, adecuados para su uso en circuitos derivados.

d) Identificación. Cuando un edificio o estructura esté alimentado por más de un circuito alimentador o derivado, o por una combinación de circuitos alimentadores, derivados y acometidas, en cada lugar de desconexión del circuito alimentador y en cada uno de los derivados, se debe instalar una placa de identificación permanente que indique todos los demás circuitos alimentadores, derivados y acometidas que suministren energía al edificio o estructura y a la zona cubierta por cada uno de ellos. Véase 230-2(b).

Excepción 1: No es necesaria la placa de identificación en instalaciones industriales de gran capacidad y en varios edificios bajo una sola administración, cuando se asegure que la desconexión se puede realizar mediante la instalación y mantenimiento de procedimientos de desconexión seguros.

Excepción 2: Esta identificación no es necesaria en circuitos derivados que van desde una unidad de vivienda a un segundo edificio o estructura

225-9. Protección contra sobrecorriente

a) General. La protección contra sobrecorriente de los circuitos alimentadores debe cumplir lo establecido en el Artículo 240 y la de los circuitos derivados debe cumplir lo establecido en 210-20.

b) Accesibilidad. Cuando no haya un dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito alimentador fácilmente accesible, se deben instalar estos dispositivos en los circuitos derivados en el lado de la carga, en un lugar fácilmente accesible y deben ser de menor capacidad nominal que el dispositivo de sobrecorriente del circuito alimentador.

225-10. Cableado de las construcciones. Se permite la instalación de cables exteriores sobre la superficie de las construcciones para circuitos de no más de 600 V nominales, tales como cables desnudos sujetos en aisladores, cables multiconductores como los tipos MC o MI, cables soportados por cables mensajeros, en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o ligero, en tubo (conduit) no metálicos tipo pesado, en soportes tipo charola para cables, en grupos de cables, canalizaciones, en canaletas auxiliares, en tubo (conduit) metálico flexible, en tubo (conduit) metálico y no metálico flexible a prueba de líquidos y en barras. Los circuitos de más de 600 V nominales deben instalarse como se prevé en 710-4. Los circuitos para anuncios y alumbrado de realce deben instalarse según el Artículo 600.

225-11. Entradas y salidas de los circuitos. Cuando los circuitos alimentadores o derivados en exteriores entran o salen de un edificio, se deben aplicar los requisitos establecidos en 230-52 y 230-54. Para los circuitos subterráneos, véase 225-23.

225-12. Soportes de los conductores desnudos. Los conductores desnudos deben estar soportados en aisladores de vidrio o de porcelana, en bastidores, abrazaderas o en aisladores tipo suspensión.

225-13. Soportes para series de alumbrado exterior. Si los tramos superan 12 m los conductores deben estar soportados por un cable mensajero y éste a su vez por aisladores tipo suspensión. Los conductores o los cables mensajeros no deben estar apoyados en ninguna salida de emergencia, bajadas ni en equipo de plomería.

225-14. Separación de los conductores desnudos

a) De 600 V nominales o menos. Los conductores de 600 V nominales o menos deben respetar las separaciones establecidas en la Tabla 230-51(c).

b) De más de 600 V nominales. Los conductores de más de 600 V nominales deben respetar las separaciones establecidas en la Parte D del Artículo 710.

c) Separación de otros circuitos. Los conductores desnudos deben estar separados no menos de 102 mm de los conductores desnudos de otros circuitos o instalaciones

d) Conductores en postes. Los conductores en postes, cuando no estén instalados en bastidores o por abrazaderas, deben tener una separación no inferior a 30 cm. Los conductores apoyados en postes deben tener una separación vertical sobre otros conductores horizontales no inferior a lo siguiente:

Conductores eléctricos bajo cables de comunicaciones	75 cm
Conductores eléctricos solos o sobre cables de comunicaciones	
De 300 V o menos	60 cm
De más de 300 V	75 cm
Cables de comunicaciones bajo conductores eléctricos	Igual que los conductores de energía
Cables de comunicaciones solos	Sin requisitos especiales

225-15. Soportes sobre edificios. Los soportes sobre edificios deben cumplir lo establecido en 230-29.

225-16. Punto de fijación al edificio. El punto de fijación al edificio debe cumplir lo establecido en 230-26.

225-17. Medios de fijación al edificio. Los medios de fijación al edificio deben cumplir lo establecido en 230-27.

225-18. Distancia hasta el suelo. Los tramos aéreos de conductores desnudos y cables de varios conductores expuestos a la intemperie de no más de 600 V nominales, deben cumplir lo siguiente:

3,0 m sobre la cubierta del piso, aceras o cualquier plataforma o saliente desde los que se puedan alcanzar, cuando los conductores de alimentación estén limitados a 150 V a tierra y sean accesibles sólo a los peatones.

3,7 m sobre edificios residenciales y sus accesos y sobre las zonas comerciales no sujetas a tráfico de camiones, cuando la tensión eléctrica esté limitada a 300 V a tierra.

4,5 m en las zonas de **3,7 m**, cuando la tensión eléctrica supere 300 V a tierra.

5,5 m sobre calles, avenidas o carreteras públicas, zonas de estacionamiento con tráfico de camiones, accesos a lugares distintos de las construcciones residenciales y otros lugares atravesados por vehículos, como las zonas de cultivo, césped, bosques y huertos.

NOTA: Para la distancia vertical de seguridad a los conductores en instalaciones de más de 600 V nominales, puede consultarse el apéndice B2.

225-19. Distancias de las construcciones a conductores de no más de 600 V nominales

a) Sobre los techados. Los tramos aéreos de conductores desnudos y cables de varios conductores expuestos a la intemperie de no más de 600 V nominales, deben estar a una distancia vertical no inferior a 2,5 m por encima de la superficie de los techados. La distancia vertical sobre el nivel del techado se debe mantener a una distancia no inferior a 1 m del borde del techado en todas las direcciones.

Excepción 1: La zona por encima de la superficie de un techado por la que pueda haber tráfico de peatones o de vehículos, debe estar a una distancia vertical desde la superficie del techado según las distancias establecidas en 225-18.

Excepción 2: Cuando la tensión eléctrica entre conductores no supere 300 V y el techado tenga una pendiente no inferior a 100 mm por cada 300 mm, se permite una reducción de la distancia a 1 m.

Excepción 3: Cuando la tensión eléctrica entre conductores no supere 300 V, se permite una reducción de la distancia únicamente sobre la parte que sobresalga del techado a no menos de 450 mm si **(1)** los conductores no pasan a más de 1,8 m y de 1,2 m en horizontal sobre la parte saliente del techado y **(2)** terminan en una canalización que atravesase el techado o en un apoyo aprobado.

Excepción 4: El requisito de mantener una distancia vertical de 1 m desde el borde del techado, no se debe aplicar al tramo final del conductor cuando éste está unido a un lateral del edificio.

b) Desde estructuras distintas de edificios o puentes. La distancia vertical, diagonal y horizontal a los anuncios, chimeneas, antenas de radio y televisión, depósitos y otras estructuras que no sean ni edificios ni puentes, no debe ser inferior a 1 m.

c) Distancia horizontal. La distancia horizontal no debe ser inferior a 1 m.

d) Tramos finales. Se permite sujetar al edificio los tramos finales de los cables de los circuitos alimentadores o de los circuitos derivados al edificio que suministran o desde el que toman la energía, pero deben mantenerse a no menos de 1 m de las ventanas que se puedan abrir, puertas, porches, balcones, escaleras, peldaños, salidas de emergencia o similares.

Excepción: Se permite que los conductores que pasan por encima de la parte superior de una ventana estén a menos de 1 m exigido anteriormente.

No se deben instalar conductores aéreos de circuitos alimentadores o derivados detrás de claros a través de los que se puedan pasar materiales, como los claros en granjas y en edificios comerciales, y no se deben instalar cuando obstruyan la entrada a esos claros.

e) Zonas para escaleras de incendios. En las construcciones de más de tres plantas o de 15 m de altura, las líneas aéreas se deben tender, siempre que sea posible, de modo que quede un espacio (o zona) libre de 1,8 m de ancho como mínimo, junto al edificio o que comience a no más de 2,5 m del edificio, para facilitar el uso de escaleras contra incendios cuando sea necesario.

NOTA: Para la distancia vertical de seguridad a los conductores en instalaciones de más de 600 V nominales, puede consultarse el apéndice B2.

225-20. Protección mecánica de los conductores. La protección mecánica de los conductores en edificios, estructuras o postes, debe cumplir lo establecido para las acometidas en 230-50.

225-21. Cables multiconductores en las superficies externas de las construcciones. Los soportes para cables multiconductores en las superficies exteriores de las construcciones deben estar de acuerdo con lo establecido en 230-51.

225-22. Canalizaciones sobre las superficies externas de las construcciones. Las canalizaciones en las superficies externas de las construcciones deben ser herméticas a la lluvia y permitir que se drene el agua.

Excepción: Lo que se permite en 350-5.

225-23. Circuitos subterráneos. Los circuitos subterráneos deben cumplir los requisitos indicados en 300-5.

225-24. Portalámparas exteriores. Cuando haya portalámparas exteriores colgantes, las conexiones a los cables del circuito deben estar escalonadas. Cuando esos portalámparas tengan terminales de un tipo que perfora el aislamiento y haga contacto con los conductores, se deben conectar únicamente a conductores de tipo trenzado.

225-25. Ubicación de lámparas en exteriores. Las lámparas para alumbrado exterior deben estar situadas por debajo de todos los conductores energizados, transformadores u otros equipos eléctricos de utilización.

Excepción 1: Cuando existan claros y otras medidas de seguridad.

Excepción 2: Cuando el equipo esté controlado por un medio de desconexión que se pueda bloquear en posición abierta.

225-26. Vegetación. La vegetación, como los árboles, no se debe utilizar como apoyo de los conductores aéreos.

Excepción: Las instalaciones provisionales, según lo establecido en el Artículo 305.

ARTICULO 230-ACOMETIDAS

230-1. Alcance. Este Artículo cubre a los conductores y equipos de acometida, dispositivos para el control, medición y protección de las acometidas así como de los requisitos para su instalación.

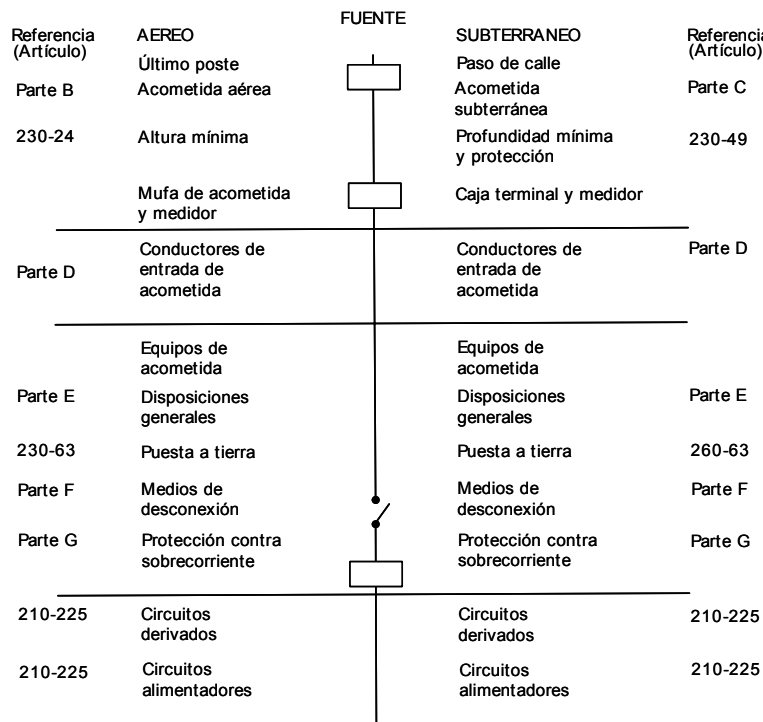


FIGURA 230-1.- Acometidas

A. Disposiciones generales

230-2. Número de acometidas

a) **Número.** Un edificio u otra estructura a la que se suministre energía eléctrica debe tener sólo una acometida.

Excepción 1: Cuando se requiera una acometida independiente para bombas contra incendios.

Excepción 2: Para sistemas eléctricos de emergencia, de reserva legalmente obligatorios, de reserva opcionales o sistemas generadores en paralelo, que requieran una acometida independiente.

Excepción 3: En edificios con ocupación múltiple. Por permiso especial, en edificios con ocupación múltiple cuando no haya espacio suficiente para equipo de acometida accesible a todos ellos.

Excepción 4: Por capacidad. Se permiten dos o más acometidas:

a. Cuando se requiera una capacidad de más de 2 000 A, a una tensión eléctrica de alimentación de 600 V o menos; o

b. Cuando los requisitos de carga de una instalación monofásica sean superiores a los que la compañía eléctrica suministra normalmente a través de una sola acometida, o

c. Por permiso especial.

Excepción 5: Edificios de gran superficie. Por permiso especial, en un solo edificio u otra estructura suficientemente grande como para necesitar dos o más acometidas.

Excepción 6: Para distintas características, por ejemplo distintas tensiones eléctricas, frecuencias o fases o para distintos usos, por ejemplo distintas tarifas.

Excepción 7: Exclusivamente para lo establecido en 230-40, Excepción 2, los grupos de conductores subterráneos de tamaño nominal de 53,5 mm² (1/0 AWG) o mayor y que se encuentren interconectados en el lado de la alimentación, no en el de la carga.

Excepción 8: Las partes de un edificio que tengan entrada independiente por la calle y que no se comuniquen interiormente con el resto del edificio, pueden considerarse edificios separados, y por lo tanto, abastecerse con diferentes acometidas.

b) Identificación. Cuando un edificio o estructura esté alimentado por más de una acometida o por una combinación de circuitos derivados, alimentadores y acometidas, se debe instalar una placa o un directorio permanente en cada lugar de conexión de acometida, identificando todas las demás acometidas, los alimentadores y los circuitos derivados que alimenten al inmueble o estructura y el área cubierta por cada uno de ellos. Véase 225-8(d).

230-3. Un edificio u otra estructura no debe estar alimentado desde otro. Los conductores de acometida de un edificio u otra estructura no deben pasar a través del interior de otro edificio o estructura.

230-6. Conductores considerados fuera del edificio. Se debe considerar que los conductores están fuera de un inmueble u otra estructura en cualquiera de las siguientes circunstancias:

- (1) si están instalados no menos de 50 mm de concreto por debajo del inmueble u otra estructura;
- (2) si están instalados en un edificio u otra estructura en una canalización empotrada no menos de 50 mm de concreto o tabique, o
- (3) si están instalados en una bóveda de transformadores que cumpla los requisitos del Artículo 450, Parte C.

230-7. Otros conductores en canalizaciones o cables. Los conductores que no sean los de acometida no se deben instalar en la misma canalización ni en el cable que los de la acometida.

Excepción 1: Conductores de puesta a tierra y puentes de unión.

Excepción 2: Conductores de equipo de control de carga que tenga protección contra sobrecorriente.

230-8. Sellado de las canalizaciones. Cuando una canalización de acometida entra desde un sistema de distribución subterránea, se debe sellar según 300-5. También se deben sellar las canalizaciones de reserva o no utilizadas. Los selladores deben estar identificados para utilizarse con el aislamiento, blindaje u otros componentes.

230-9. Separación con puertas, ventanas y similares. Los conductores de acometida instalados como conductores expuestos o cables multiconductores sin cubierta exterior, deben tener una separación mínima de 90 cm de las ventanas que se puedan abrir, puertas, porches, balcones, escaleras, peldaños, salidas de emergencia o similares.

Excepción: Se permite que los conductores que pasen por encima de la parte superior de una ventana estén a menos de los 90 cm exigidos anteriormente.

No se deben instalar conductores de acometida aérea por abajo de claros a través de los que puedan pasar materiales, como claros en granjas y en edificios comerciales, y no se deben instalar en donde obstruyan dichos claros.

B. Conductores de acometida aérea

230-21. Deben considerarse acometida aérea e instalarse como tal, a los conductores aéreos hasta un inmueble o estructura (como un poste) en donde se instala un medidor o un medio de desconexión.

230-22. Aislamiento o cubierta. Los conductores de acometida deben soportar normalmente la exposición a los agentes atmosféricos y a otras condiciones de uso, sin que se produzcan fugas de corriente eléctrica perjudiciales. Los conductores individuales deben estar aislados o cubiertos con un termoplástico extruido o con un aislante termofijo.

Excepción: Está permitido que el conductor puesto a tierra de un cable multiconductor sea desnudo.

230-23. Tamaño y capacidad nominal del conductor

a) Disposiciones generales. Los conductores deben tener suficiente capacidad de conducción de corriente para transportar la corriente eléctrica de la carga alimentada y calculada, según el Artículo 220, y deben tener una resistencia mecánica adecuada.

b) Tamaño nominal mínimo del conductor. Los conductores deben tener un tamaño nominal no menor que $8,37 \text{ mm}^2$ (8 AWG) si son de cobre o que $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) si son de aluminio.

Excepción: En instalaciones que tengan únicamente cargas limitadas de un solo circuito derivado, como un pequeño calentador de agua de varias fases con regulación de potencia y similares, los conductores no deben ser menores a $3,31 \text{ mm}^2$ (12 AWG) de cobre.

c) Conductores puestos a tierra. Un conductor puesto a tierra debe tener un tamaño nominal del conductor no menor que el requerido por 250-23(b).

230-24. Separaciones o "claros". Las separaciones verticales de todos los conductores de una acometida aérea se deben basar en una temperatura del conductor de 20°C, sin viento y con remate en el conductor o en el cable.

Los conductores de acometida aérea no deben ser fácilmente accesibles y, en las acometidas menores a 600 V nominales, deben cumplir las siguientes condiciones:

a) Sobre los techos de los inmuebles. Los conductores deben tener una separación vertical no menor que 2,45 m por encima de la superficie de los techos. La separación vertical sobre el nivel del techo se debe mantener a una separación no menor que 1 m del borde del techo en todas las direcciones.

Excepción 1: El área por encima de la superficie de un techo por la que pueda haber tráfico de peatones o de vehículos, debe tener una separación vertical desde la superficie del techo según las separaciones establecidas en 230-24(b).

Excepción 2: Cuando la tensión eléctrica entre conductores no supere 300 V y el techo tenga una pendiente no menor que 1/3 se permite una reducción de la separación a 1 m.

Excepción 3: Cuando la tensión eléctrica entre conductores no supere 300 V, la separación del techo puede reducirse hasta en 0,5 m, si:

(1) los conductores de la acometida pasan sobre el alero del techo en una longitud no mayor que 1,2 m y la parte menor de la acometida a 1,8 m, y

(2) terminan en una canalización de entrada o en un soporte aprobado.

NOTA: Para los soportes en postes, véase 230-28.

Excepción 4: Los requisitos de mantener una separación vertical de 1 m de la orilla del techo, no deben aplicarse al remate del conductor donde la acometida aérea esté sujeta a la pared de un inmueble.

b) Separación vertical del piso. Los conductores de acometida aérea de no más de 600 V nominales, deben cumplir lo siguiente:

3 m a la entrada de la acometida eléctrica a los inmuebles y además en el punto más bajo de la curva de goteo del cable aéreo a la entrada eléctrica del inmueble y las áreas sobre el piso terminado, aceras o cualquier plataforma accesible sólo para peatones, medidos desde el nivel final o superficie accesible desde los que se puedan alcanzar, cuando los conductores de alimentación estén limitados a 150 V a tierra.

3,7 m sobre inmuebles residenciales y sus accesos y sobre las zonas comerciales no sujetas a tráfico de camiones, cuando la tensión eléctrica esté limitada a 300 V a tierra.

4,5 m en las zonas de 3,7 m, cuando la tensión eléctrica supere 300 V a tierra.

5,5 m sobre la vía pública, calles o avenidas, zonas de estacionamiento con tráfico de vehículos de carga, vialidad en zonas no residenciales y otras áreas atravesadas por vehículos, tales como sembradíos, bosques, huertos o pastizales.

c) Separación de puertas, ventanas y similares. Véase 230-9.

d) Separaciones de las albercas. Véase 680-8.

230-26. Punto de fijación. El punto de fijación de los conductores de acometida aérea a un inmueble u otra estructura debe estar a la separación mínima especificada en 230-24. En ningún caso, este punto de fijación debe estar a menos de 3 m del piso terminado.

230-27. Medios de fijación. Los cables multiconductores utilizados en las acometidas aéreas se deben sujetar a los inmuebles u otras estructuras, por medio de accesorios o herrajes aprobados e identificados para su uso con conductores de acometida. Las acometidas con línea abierta deben fijarse con accesorios aprobados e identificados para el uso con conductores de acometida o aisladores no combustibles ni absorbentes, sólidamente fijados al inmueble o estructura.

230-28. Mástiles de acometida como soporte. Cuando se utilice un mástil de acometida como soporte de los conductores de acometida aérea, debe ser de una resistencia adecuada o estar sujeto por abrazaderas o por alambres de retención que soporten con seguridad los esfuerzos que origina el cable de acometida.

Cuando los mástiles que se utilizan sean de tipo canalización, todos los accesorios deben ser adecuados para su uso con mástiles de acometida. Sólo los conductores de acometida aérea deben estar sujetos a un poste de acometida.

230-29. Soportes sobre los inmuebles. Los conductores de acometida aérea que pasen sobre un techo, deben estar debidamente apoyados en estructuras sólidas. Cuando sea posible, dichos soportes deben estar independientes del inmueble.

C. Acometidas subterráneas

230-30. Aislamiento. Los conductores de acometida subterránea deben soportar las condiciones atmosféricas y otras circunstancias de uso, sin que se produzcan fugas de corriente eléctrica perjudiciales. Los conductores de acometida subterránea deben tener aislamiento para la tensión eléctrica aplicada.

Excepción: Se permite que el conductor puesto a tierra no tenga aislamiento, en los casos siguientes:

- a. Un conductor de cobre desnudo en una canalización.
- b. Un conductor de cobre desnudo directamente enterrado, si se estima que el cobre es adecuado para las condiciones del suelo.
- c. Un conductor de cobre desnudo directamente enterrado, sin tener en cuenta las condiciones del suelo, si forma parte de un cable especificado para uso subterráneo.
- d. Un conductor de aluminio o de cobre revestido de aluminio sin aislamiento o cubierta individual, si forma parte de un cable especificado para uso subterráneo directamente enterrado o dentro de una canalización enterrada.

230-31. Tamaño y capacidad nominales del conductor

a) Disposiciones generales. Los conductores de la acometida subterránea deben tener suficiente capacidad de conducción de corriente para transportar la que se ha calculado en la carga, según el Artículo 220, y deben tener una resistencia mecánica adecuada.

b) Tamaño o designación nominal mínimo del conductor. Los conductores deben tener un tamaño nominal no menor que $8,37 \text{ mm}^2$ (8 AWG), si son de cobre y de $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) si son de aluminio.

Excepción: En instalaciones que tengan sólo cargas limitadas de un solo circuito derivado, como un pequeño calentador de agua de varias fases con regulación de potencia y similares, los conductores no deben ser de menores a $3,31 \text{ mm}^2$ (12 AWG) de cobre.

c) Conductores de puesta a tierra. Un conductor de puesta a tierra debe tener un tamaño nominal del conductor no menor que el requerido en 250-23(b).

NOTA: Se puede conseguir un funcionamiento razonablemente eficiente si se toman en cuenta las caídas de tensión eléctrica al dimensionar los conductores de acometida subterránea.

230-32. Protección contra daños. Los conductores de acometida subterránea deben estar protegidos contra daños según 300-5. Los conductores de acometida subterránea que entren en un inmueble se deben instalar según se establece en 230-6 o proteger mediante una canalización de las identificadas en 230-43. Cuando una acometida se proporcione por medio de una estructura de transición, debe cumplirse lo indicado en 923-4.

D. Conductores de entrada de acometida

230-40. Conjuntos de conductores de entrada de acometida. Cada acometida aérea o subterránea sólo se debe conectar a un conjunto de conductores de entrada de acometida.

Excepción 1: Se permite que los inmuebles con más de un local tengan un grupo de conductores de entrada de acometida que vaya hasta cada zona de locales o grupo de locales.

Excepción 2: Cuando se agrupen en un local de dos a seis medios de desconexión de acometida, en envolventes separados que alimenten cargas separadas desde una acometida aérea o subterránea, se permite que un conjunto de conductores de entrada de acometida alimente a cada una de las envolventes que haya en la acometida.

Excepción 3: Se permite que una vivienda unifamiliar y una estructura separada tengan un grupo de conductores de entrada de acometida que vayan a cada una de ellas desde una única acometida aérea o subterránea.

230-41. Aislamiento de conductores de entrada de acometida. Los conductores de entrada de acometida deben soportar las condiciones atmosféricas y otras circunstancias de uso, sin que se produzcan fugas de corriente eléctrica perjudiciales. Los conductores de entrada de acometida que entren en un inmueble o estructura o en su exterior, deben estar aislados.

Excepción: Se permite que haya un conductor puesto a tierra sin aislar, en las siguientes circunstancias:

- a. Un conductor de cobre desnudo en una canalización.
- b. Un conductor de cobre desnudo directamente enterrado, si se estima que el cobre es adecuado a las condiciones del suelo.
- c. Un conductor de cobre desnudo, directamente enterrado con independencia de las condiciones del suelo, si forma parte de un cable identificado para uso subterráneo.
- d. Un conductor de aluminio o de cobre revestido de aluminio sin aislante o cubierta individual, si forma parte de un cable identificado para su uso en una canalización subterránea o directamente enterrado.

230-42. Tamaño nominal y capacidad de conducción de corriente del conductor

a) Disposiciones generales. Los conductores de entrada de acometida deben tener suficiente capacidad de conducción de corriente para transportar la misma para la que se ha calculado la carga, según se indica en el Artículo 220. La capacidad de conducción de corriente se establece en 310-15.

Excepción: La capacidad de conducción de corriente de los electroductos aprobados debe ser aquella para la cual el electroducto está aprobado e identificado.

b) Conductores de fase. Los conductores de fase deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que:

- 1) 100 A, a tres conductores para el servicio de una vivienda unifamiliar con seis o más circuitos derivados de dos conductores.
- 2) 100 A, a tres conductores para el servicio de una vivienda unifamiliar, con una carga inicial neta calculada de 10 kVA o más.
- 3) 60 A, para las demás cargas.

Excepción 1: Para cargas consistentes en no más de dos circuitos derivados de dos conductores, de cobre de $8,37 \text{ mm}^2$ (8 AWG) o de aluminio de $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG)

Excepción 2: Por permiso especial para cargas limitadas por la demanda o por la fuente de alimentación, de cobre de $8,37 \text{ mm}^2$ (8 AWG) o de aluminio de $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG)

Excepción 3: Para cargas limitadas a un solo circuito derivado, de cobre de $3,31 \text{ mm}^2$ (12 AWG), pero en ningún caso menor que la de los conductores del circuito derivado.

c) Conductores puestos a tierra. Un conductor puesto a tierra debe tener un tamaño nominal del conductor no menor del requerido por 250-23(b).

230-43. Métodos de alambrado para 600 V nominales o menos. Los conductores de entrada de acometida se deben instalar de acuerdo con los requisitos aplicables de esta Norma, relativos a los métodos de instalación utilizados y limitados a los siguientes:

- 1) Línea abierta sobre de aisladores;
- 2) cables de tipo IGS;
- 3) tubo (conduit) tipo pesado;
- 4) tubo (conduit) tipo semipesado;
- 5) tubo (conduit) metálico tipo ligero;
- 6) tubo (conduit) no metálico tipo ligero;
- 7) cables de entrada de acometida;
- 8) **canalizaciones.** Para atravesar muros de edificaciones, cimentaciones o calles, debe dejarse un ducto de reserva para uno, dos y tres circuitos. Para más de tres circuitos debe dejarse un ducto de reserva, por cada tres circuitos.
- 9) electroductos;

- 10) canales auxiliares;
- 11) tubo (conduit) no metálico tipo pesado;
- 12) soportes tipo charola para cables;
- 13) cables de tipo MC;
- 14) cables con aislamiento mineral y cubierta metálica;
- 15) tubo (conduit) metálico flexible no mayores que 1,8 m de longitud o tubo (conduit) metálico flexibles hermético a los líquidos no mayores que 1,8 m de longitud entre canalizaciones o entre una canalización y el equipo de acometida, con el puente de unión de equipo llevado con el tubo (conduit) metálico flexible o el tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos, según lo previsto en 250-79(a), (c), (d) y (f).
- 16) tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos.

Se permite el uso de sistemas de soporte tipo charola para cables, para soportar cables de entrada de acometida.

230-46. Conductores sin empalmes. Los conductores de entrada de acometida no deben presentar empalmes.

Excepción 1: Se permiten conexiones mediante conectadores o pernos en las envolventes de medidores.

Excepción 2: Cuando los conductores de entrada de acometida estén derivados para alimentar grupos de dos a seis medios de desconexión agrupados en un mismo lugar.

Excepción 3: En un punto de unión debidamente cubierto, cuando se cambie el método de alambrado subterráneo por otro tipo de alambrado.

Excepción 4: Se permite una conexión cuando los conductores de entrada de acometida se prolongan desde una acometida aérea a un cuarto exterior de medidores y regresan para conectarse con los conductores de acometida de otra instalación ya existente.

Excepción 5: Cuando la acometida es un electroducto, se permiten las conexiones necesarias para ensamblar las diferentes secciones y accesorios.

Excepción 6: En los conductores de acometidas ya existentes, se permite instalar juegos de empalme subterráneos para:

- a. Reparar los conductores existentes.
- b. Prolongar los conductores.

230-49. Protección contra daño físico en acometidas subterráneas. Los conductores de acometida subterránea se deben proteger contra daño físico según se indica en 300-5.

230-50. Protección de conductores y de cables sobre superficies expuestos contra daño. Los conductores de acometida instalados superficialmente, se deben proteger contra daño físico según lo establecido en (a) y (b) siguientes:

a) Cables de acometida. Los cables de acometida, expuestos a daño físico al estar instalados en lugares expuestos cercanos a banquetas, pasillos, andenes o cuando puedan entrar en contacto con toldos, persianas, rótulos u objetos similares que puedan oscilar, deben estar protegidos de una de estas maneras:

- (1) en tubo (conduit) tipo pesado;
- (2) en tubo (conduit) tipo semipesado;
- (3) en tubo (conduit) no metálico tipo pesado adecuado para el lugar;
- (4) en tubo (conduit) metálico tipo ligero o
- (5) por otro dispositivo aprobado.

b) Otros cables. Los cables y conductores individuales y distintos de los de la entrada de acometida, no se deben instalar a menos de 3 m del nivel del piso o donde estén expuestos a daño físico.

Excepción: Se permite instalar cables de tipo MI y MC a menos de 3 m del nivel del piso cuando no estén expuestos a daño físico o cuando estén protegidos según se establece 300-5(d).

230-51. Soportes y herrajes. Los cables o conductores individuales de acometida expuestos, deben ir sujetos como se especifica en (a), (b) o (c) siguientes:

a) Cables de acometida. Los cables de acometida deben sujetarse con abrazaderas u otro medio adecuado situado a menos de 30 cm de cada mufa de acometida, curva de goteo o entrada en una canalización o envolvente y a intervalos que no pasen de 75 cm.

b) Otros cables. Los cables no aprobados para instalarse en contacto con un inmueble u otra estructura, deben instalarse sobre soportes aislantes a intervalos no mayores de 4,5 m y de manera que tengan una separación no menor que 50 cm de la superficie sobre la que pasan.

c) Conductores individuales expuestos. Los conductores individuales expuestos deben instalarse según se indica en la Tabla 230-51(c). Donde estén expuestos a la intemperie, los conductores deben instalarse sobre aisladores o sobre soportes aislantes unidos a bastidores, soportes angulares u otro dispositivo adecuado. Si no están expuestos a la intemperie, los conductores deben instalarse sobre los aisladores de vidrio o porcelana.

TABLA 230-51(c).- Soportes y separación de los conductores individuales de acometida expuestos

Tensión eléctrica máxima (V)	Separación máxima entre soportes (m)	Separación mínima (mm)	
		Entre conductores	Desde la superficie
600	2,7	150	50
600	4,5	300	50
300	1,4	75	50
600*	1,4*	65*	25*

* No expuestos a la intemperie

230-52. Conductores individuales que entran en inmuebles o en otras estructuras. Los conductores individuales expuestos que entren a un inmueble o a otra estructura, deben hacerlo a través de boquillas para techo o de la pared, con una inclinación ascendente por medio de tubos aislados individuales, no combustibles y no absorbentes. En ambos casos deben dejarse curvas de goteo en el conductor, antes de entrar en los tubos.

230-53. Drenaje de las canalizaciones. Las canalizaciones que estén expuestas a la intemperie y que contengan a los conductores de acometida deben ser herméticas a la lluvia y tener drenaje. Cuando estén embebidas en concreto, deben llevar drenaje.

Excepción: Lo que se permita en 350-5.

230-54. Instalación de las acometidas aéreas

a) Mufa de acometida hermética a la lluvia. Las canalizaciones de acometida deben estar equipadas con mufa de acometida hermética a la lluvia en el punto de conexión con los conductores de la acometida aérea.

b) Cable de acometida equipado con una mufa de acometida hermética a la lluvia o con curva de goteo. Los cables de acometida deben:

1) estar equipados con mufa de acometida hermética a la lluvia o

2) formar una curva de goteo protegida por cinta aislante, pintada o protegida con cinta autoadhesiva termoplástica resistente a la intemperie.

c) Mufa de acometida por encima del punto de unión de la acometida aérea exterior. Las mufas y las curvas en "S" en los cables de entrada de acometida deben ubicarse por encima del punto de unión de los conductores de la acometida aérea al inmueble u otra estructura.

Excepción: Cuando no sea práctico colocar la mufa de acometida por encima del punto de unión, se permite colocarla a una distancia no mayor que 60 cm del mismo.

d) Sujeción. Los cables de acometida deben sujetarse firmemente.

e) Boquillas separadas. Las mufas de acometida separadas deben tener conductores de diferente potencial eléctrico al pasar a través de ellas por separado.

Excepción: Cables multiconductores de acometida en cubierta metálica sin empalmes.

f) Curvas de goteo. En conductores individuales deben formarse curvas de goteo. Para impedir la entrada de humedad, los conductores de acometida deben conectarse a los de la acometida aérea ya sea:

- 1) por debajo del nivel de la mufa de acometida, o
- 2) por debajo del nivel de la terminación de la cubierta del cable de entrada de acometida.

g) Disposición para que el agua no penetre en la canalización o equipo de acometida. Los conductores tanto de acometida aérea exteriores como de entrada deben estar dispuestos de manera tal que impida la penetración de agua a la canalización o al equipo de acometida.

230-55. Terminación en los equipos de acometida. Cualquier canalización de una acometida aérea o subterránea debe terminar en el interior de una caja o envolvente o en accesorios de canalización, equivalentes que cubran efectivamente todas las partes energizadas metálicas.

Excepción: Cuando el medio de desconexión de la acometida esté instalado en un tablero de distribución que tenga las barras colectoras en su parte posterior, está permitido que la canalización termine en boquillas.

230-56. Conductor de entrada de acometida con la mayor tensión eléctrica a tierra. En una acometida de cuatro conductores conectada en delta, en la cual el punto medio de una fase esté puesto a tierra, el conductor de entrada de acometida cuya tensión eléctrica a tierra sea mayor, se debe marcar de manera permanente y durable con un acabado de color exterior naranja u otro medio eficaz, en todos los puntos terminales o empalmes.

E. Equipo de acometida-Disposiciones generales

230-62. Equipo de acometida. Cubierto o resguardado. Las partes energizadas del equipo de acometida deben cubrirse como se especifica en el inciso (a) o protegerse como se especifica en (b):

a) Cubiertos. Las partes energizadas deben estar cubiertas de manera que no queden expuestas a contactos accidentales.

b) Resguardados. Las partes energizadas que no estén cubiertas deben instalarse dentro de un tablero de distribución, panel de alumbrado y control o de control, y deben estar resguardadas de acuerdo con lo indicado en 110-17 y 110-18. Dichas cubiertas deben estar provistas de cerradura con llave o de puertas selladas, las cuales den acceso a las partes energizadas.

230-63. Puesta a tierra y puente de unión. El equipo de acometida, canalizaciones, blindajes de los cables, cubiertas metálicas de los conductores, etc. y cualquier conductor de la acometida que esté puesto a tierra, debe ponerse a tierra de acuerdo con las siguientes Partes del Artículo 250:

- Parte B. Puesta a tierra de circuitos y sistemas eléctricos.
- Parte C. Ubicación de las conexiones de puesta a tierra de los sistemas.
- Parte D. Puesta a tierra de envolventes y canalizaciones.
- Parte F. Método de puesta a tierra.
- Parte G. Puentes de unión.
- Parte H. Sistema de electrodos de puesta a tierra.
- Parte I. Conductores del electrodo de puesta a tierra.

230-64. Espacio de trabajo. Se debe proveer un espacio de trabajo suficiente cercano al equipo de acometida que permita una operación segura, inspección y reparación. En ningún caso este espacio debe ser menor que el especificado en 110-16 y debe cumplir con lo establecido en 110-18.

230-65. Corriente eléctrica de cortocircuito disponible. El equipo de acometida debe ser adecuado para soportar la corriente eléctrica de cortocircuito disponible en sus terminales de alimentación.

230-66. Marcado. El equipo de acometida de 600 V o menos se debe marcar para identificar si es adecuado para su uso como tal. No se considera equipo de acometida a los tableros de medidores individuales.

F. Equipo de acometida-Medios de desconexión

230-70. Disposiciones generales. En un inmueble u otra estructura debe proveerse de un medio para desconectar todos los conductores a partir de los conductores de entrada de acometida.

a) Ubicación. Los medios para desconectar la acometida deben ser instalados, ya sea dentro o fuera de un edificio u otra estructura, en un lugar de rápido acceso en el punto más cercano de entrada de los conductores de acometida y a una distancia no mayor que 5 m del equipo de medición.

El medio de desconexión de la acometida no se debe instalar en cuartos de baño.

b) Marcado. Cada medio de desconexión debe estar marcado permanentemente para identificarlo como tal.

c) Apropiado para el uso. Todos los medios de desconexión de la acometida deben ser adecuados para las condiciones que se den en la misma. El equipo de desconexión instalado en áreas peligrosas (clasificadas) debe cumplir los requisitos de los Artículos 500 a 517.

230-71. Número máximo de desconectores

a) Disposiciones generales. El medio de desconexión de la acometida para cada una de ellas que se permita en 230-2 o para cada grupo de conductores de acometida que se permita en 230-40 Excepción 1, debe consistir en no más de seis interruptores o seis interruptores automáticos de circuitos instalados en un solo envolvente, en un grupo de envolventes independientes o en un tablero de control. No debe haber más de seis desconectores de acometida agrupados en un solo lugar.

Excepción: Para lo establecido en esta Sección, los medios de desconexión utilizados únicamente en el circuito de control del sistema de protección contra fallas a tierra instalado como parte del equipo aprobado, no debe considerarse medio de desconexión de la acometida.

b) Dispositivos unipolares. En los circuitos de alambrados múltiples se permiten dos o tres interruptores o interruptores automáticos unipolares, que puedan funcionar por separado, un polo para cada conductor de fase, como medio de desconexión para varios polos, siempre que estén equipados con manijas manuales o con una manija maestra para desconectar todos los conductores de la acometida sin hacer más de seis movimientos con la mano.

NOTA: Véase 384-16(a) para equipo de acometida en los paneles de alumbrado y control y 430-95 para equipo de acometida en centros de control de motores.

230-72. Agrupamiento de medios de desconexión

a) Disposiciones generales. Los dos a seis desconectores permitidos en 230-71 deben estar agrupados. Cada medio de desconexión debe estar marcado para indicar la carga que soporta.

Excepción: Se permite que uno de los dos a seis medios de desconexión permitidos en 230-71, esté situado en forma remota de los restantes medios de desconexión si se utiliza sólo para una bomba de agua que sirva también como bomba contra incendios.

b) Medios de desconexión adicionales de la acometida. El medio o medios adicionales de desconexión de la acometida para bombas contra incendios, emergencia, medios de reserva legalmente obligatorios o medios de reserva opcionales permitidos en 230-2, se deben instalar a una separación suficiente de los uno a seis medios de desconexión normales de la acometida, para reducir al mínimo la posibilidad de corte simultáneo de energía.

NOTA: Para las acometidas de instalaciones de emergencia, véase 700-12(d) y (e).

c) Acceso a los ocupantes. En inmuebles con diversas actividades y ocupantes, todos los habitantes deben tener acceso a los medios de desconexión de la acometida.

Excepción: En inmuebles con distintas actividades en los que el servicio y mantenimiento de la instalación eléctrica estén a cargo de la administración del inmueble, y se encuentren bajo la supervisión continua de la misma, el medio de desconexión de la acometida propia de más de una de las actividades debe estar accesible únicamente a personal calificado.

230-74. Apertura simultánea de los polos. Cada medio de desconexión de acometida debe desconectar simultáneamente todos los conductores de fase controlados por el sistema de alambrado del usuario.

230-75. Desconexión del conductor puesto a tierra. Cuando el medio de desconexión de la acometida no desconecte el conductor puesto a tierra del sistema de alambrado del usuario, debe instalarse otro medio en el equipo de acometida. Para tal fin, se puede instalar una terminal o barra a la que se conecten todos los conductores puestos a tierra mediante conectores de presión.

En un tablero de distribución dividido en varias partes debe haber un medio de desconexión para el conductor puesto a tierra en cada una de las partes, siempre que estén así marcadas.

230-76. Operación manual o eléctrica. Los medios de desconexión de los conductores de fase de la acometida deben consistir en:

1) Un desconectador de accionamiento manual o un interruptor automático, equipado con una manija u otro medio adecuado para su accionamiento, o;

2) Un desconectador accionado eléctricamente o un interruptor automático equipado de forma que se pueda abrir manualmente en el caso de falla de suministro de energía.

230-77. Indicación de la posición. Los medios de desconexión deben indicar claramente si está en posición abierta o cerrada.

230-78. Accionable desde afuera. Un medio de desconexión de la acometida instalado en un envolvente debe ser accionable desde afuera, sin que el operador se exponga a contacto con partes energizadas.

Excepción: Un interruptor accionado eléctricamente o un interruptor automático no requiere ser accionable a mano desde afuera, en posición cerrado.

230-79. Capacidad del equipo de desconexión. Los medios de desconexión de la acometida deben tener una capacidad nominal no menor que la carga a servir determinada según el Artículo 220. En ningún caso ese valor debe ser menor que el especificado en los siguientes incisos:

a) **Instalación de un solo circuito.** Para instalaciones que alimenten únicamente a cargas limitadas a un circuito derivado, el medio de desconexión de la acometida debe tener una capacidad no menor que 15 A.

b) **Instalaciones para dos circuitos.** En instalaciones que consistan en no más de dos circuitos derivados de dos conductores, los medios de desconexión de la acometida deben tener una capacidad no menor que 30 A.

c) **Viviendas unifamiliares.** En viviendas unifamiliares, el medio de desconexión de la acometida debe tener una capacidad no menor que 100 A en tres conductores, siempre que se dé alguna de las siguientes circunstancias:

(1) si la carga calculada inicialmente es de 10 kVA o más o

(2) si la instalación inicial consiste en seis o más circuitos derivados de dos conductores.

d) **Todos los demás casos.** En todas las demás instalaciones, el medio de desconexión de la acometida debe tener una capacidad no menor que 60 A.

230-80. Capacidades combinadas de los medios de desconexión. Cuando el medio de desconexión de la acometida consista en más de un desconectador o interruptor automático, tal como se permite en 230-71, la capacidad combinada de todos los interruptores o interruptores automáticos usados no debe ser menor que la que se establece en 230-79.

230-81. Conexión a las terminales. Los conductores de la acometida deben conectarse a los medios de desconexión de la acometida, mediante conectores a presión, mordazas u otros accesorios adecuados. No se deben utilizar conexiones que dependan de soldaduras.

230-82. Equipos conectados en el lado del medio de desconexión de la acometida. No debe conectarse ningún equipo en el lado del suministro de los medios de desconexión de la acometida.

Excepción 1: Los limitadores para cables u otros dispositivos limitadores de corriente eléctrica.

Excepción 2: Los fusibles y medios de desconexión o interruptores automáticos situados en bases de medidores, conectados en serie sin conexión a tierra de la acometida y ubicados fuera del inmueble alimentado.

Excepción 3: Los medidores cuya tensión eléctrica nominal no sobrepase 600 V, siempre que todas las partes metálicas y las cubiertas de la acometida estén conectadas a tierra según se establece en el Artículo 250.

Excepción 4: Los transformadores de medición (corriente y tensión eléctricas), derivaciones de alta impedancia, dispositivos de protección contra sobretensiones eléctricas aprobados para usarse en el lado del suministro del medio de desconexión, dispositivos de control de carga y apartarrayos.

Excepción 5: Derivaciones utilizadas únicamente para alimentar a dispositivos de control de carga, circuitos de sistemas de emergencia, sistemas de potencia de reserva, equipos para bombas contra incendios y alarmas contra incendios y de rociadores automáticos, si están dotados de equipo de acometida e instalados siguiendo los requisitos de los conductores de acometida.

Excepción 6: Los sistemas solares fotovoltaicos o fuentes de producción de energía eléctrica interconectadas. Véanse los Artículos 690 y 705 en lo que afecta a estos sistemas.

Excepción 7: Cuando los medios de desconexión de la acometida sean accionados eléctricamente, se permite que el circuito de control esté conectado antes del medio de desconexión de la acometida si dispone de dispositivos adecuados de desconexión y protección contra sobrecorriente.

Excepción 8: Los sistemas de protección contra fallas a tierra, si están instalados como parte de equipo aprobado y si disponen de medios de desconexión y protección contra sobrecorriente adecuados.

230-83. Equipo de transferencia. El equipo de transferencia, incluyendo los desconectores de transferencia, debe funcionar de tal manera que todos los conductores de fase de una fuente de alimentación se desconecten antes de que se conecte cualquier conductor de fase a la segunda fuente.

Excepción 1: Cuando se utilice un equipo manual aprobado e identificado para ese fin o un equipo automático adecuado, se permite que haya dos o más fuentes conectadas en paralelo a través del equipo de transferencia.

Excepción 2: Cuando haya una instalación en paralelo dotada de un equipo adecuado de control, automático o manual.

G. Equipo de acometida - Protección contra sobrecorriente

230-90. Cuándo es necesario. Todos los conductores de fase de la acometida deben tener protección contra sobrecarga.

a) Conductores de fase. Dicha protección debe consistir en un dispositivo contra sobrecorriente en serie con cada conductor de fase de la acometida que tenga una capacidad nominal o ajuste no superior a la capacidad de conducción de corriente del conductor.

Excepción 1: Para corrientes de arranque de motores, se permiten capacidades que cumplan lo establecido en 430-52, 430-62 y 430-63.

Excepción 2: Los fusibles e interruptores automáticos con una capacidad nominal que cumpla lo establecido en 240-3(b) o (c) y en 240-6.

Excepción 3: Se permiten hasta seis interruptores automáticos de circuito o hasta seis juegos de fusibles como dispositivo de protección contra sobrecorriente, que protejan al circuito contra sobrecargas. Se permite que la suma de las capacidades nominales de los interruptores automáticos o fusibles supere a la capacidad de conducción de corriente de los conductores de la acometida, siempre que la carga calculada de acuerdo con el Artículo 220 no supere la capacidad de conducción de corriente de los conductores de acometida.

Excepción 4: Bombas contra incendios. Cuando se juzgue que la acometida al cuarto de bombas contra incendios deba estar fuera del inmueble, no se deben aplicar estas disposiciones. El dispositivo de protección contra sobrecorriente de la acometida a las bombas contra incendios, se debe elegir o programar de modo que pueda transportar indefinidamente la corriente de rotor bloqueado del motor o motores.

Excepción 5: Acometidas monofásicas a tres conductores a 120/240 V o 127/220 V para viviendas, tal como se permite en la NOTA 3 a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V, 310-15.

Se entiende por conjunto de fusibles a todos los fusibles necesarios para proteger todos los conductores de fase de un circuito. Los interruptores automáticos unipolares agrupados según lo establecido en 230-71(b), se deben considerar como un dispositivo de protección.

b) No en un conductor puesto a tierra. En un conductor de acometida puesto a tierra no se debe intercalar ningún dispositivo de protección contra sobrecorriente, excepto un interruptor automático que abra simultáneamente a todos los conductores del circuito.

230-91. Ubicación de la protección contra sobrecorriente

a) Disposiciones generales. El dispositivo de protección contra sobrecorriente debe formar parte integrante del medio de desconexión de la acometida y debe estar situado en un lugar adyacente a ellos.

b) Más de un inmueble. En una propiedad que comprenda más de un inmueble, bajo una administración común, los conductores de fase que alimenten a cada inmueble deben estar protegidos por dispositivos de sobrecorriente, los cuales deben estar ubicados en el inmueble servido o en otro inmueble de la misma propiedad, siempre que estén accesibles a los ocupantes del inmueble servido.

c) Acceso a los ocupantes. En un inmueble con varios ocupantes, todos ellos deben tener acceso a los dispositivos de protección contra sobrecorriente.

Excepción: La que se permite en 240-24 (b), Excepción 1.

230-92. Dispositivos de protección contra sobrecorriente de la acometida bajo llave. Cuando los dispositivos de protección contra sobrecorriente de la acometida estén sellados o bajo llave o no sean fácilmente accesibles por cualquier otra razón, se debe instalar dispositivos de sobrecorriente de los circuitos derivados en el lado de las cargas, instalados en un lugar fácilmente accesible y deben ser de menor capacidad nominal que el dispositivo de sobrecorriente de la acometida.

230-93. Protección de circuitos específicos. Cuando sea necesario evitar la manipulación indebida, se permite sellar o poner bajo llave el dispositivo automático de protección contra sobrecorriente que proteja a los conductores de acometida que alimenten sólo a una carga específica cuando se ubiquen en un lugar accesible, por ejemplo un calentador de agua.

230-94. Ubicación relativa del dispositivo de protección contra sobrecorriente respecto a otros equipos de acometida. El dispositivo de protección contra sobrecorriente debe proteger a todos los circuitos y dispositivos.

Excepción 1: El desconectador de la acometida puede instalarse del lado del suministro.

Excepción 2: Los circuitos en derivación de alta impedancia, pararrayos, capacitores de protección contra sobretensión y los transformadores de medición (de corriente y de tensión eléctricas), pueden conectarse e instalarse del lado del suministro de los medios de desconexión de la acometida, tal como lo permite la Sección 230-82.

Excepción 3: Se permite que los circuitos de alimentación de emergencia y los dispositivos de control de cargas se conecten en el lado del suministro, antes del dispositivo de sobrecorriente de la acometida, cuando lleven protección independiente contra sobrecorriente.

Excepción 4: Se permite que los circuitos utilizados únicamente para el funcionamiento de alarmas contra incendios, otros sistemas de señales de protección o para la alimentación de los equipos de las bombas contra incendios, se conecten en el lado del suministro del dispositivo de protección contra sobrecorriente de la acometida, cuando lleven protección contra sobrecorriente separada para ellos.

Excepción 5: Los medidores con tensión eléctrica nominal no mayor que 600 V, siempre que todas las cajas metálicas y cubiertas de la acometida estén puestas a tierra según el Artículo 250.

Excepción 6: Cuando el equipo de la acometida se accione eléctricamente, se permite que el circuito de control esté conectado antes del medio de desconexión de la acometida si dispone de dispositivos adecuados de desconexión y protección contra sobrecorriente.

230-95. Protección de equipo contra fallas a tierra. Se debe proveer protección a los equipos contra fallas a tierra en las acometidas de sistemas en "Y" (estrella) sólidamente puestos a tierra con tensión eléctrica a tierra superior a 150 V, pero que no supere 600 V entre fases para cada dispositivo de desconexión de la acometida de 1 000 A nominales o más.

Se debe considerar que la capacidad nominal admisible del medio de desconexión de la acometida es la del mayor fusible que se pueda instalar o la mayor corriente eléctrica de disparo continuo, al que se pueda ajustar el dispositivo de protección contra sobrecorriente instalado en el interruptor automático del circuito.

Definición. "Sólidamente puesto a tierra" significa que el conductor puesto a tierra (neutro) lo está sin necesidad de intercalar ninguna resistencia o dispositivo de impedancia.

Excepción 1: Las disposiciones de protección contra fallas a tierra de esta Sección no se aplican a un medio de desconexión de acometida para procesos industriales continuos, en los que una parada inesperada puede crear condiciones de peligro.

Excepción 2: Las disposiciones de protección contra fallas a tierra de esta Sección no se aplican a las bombas contra incendios.

a) Ajuste. El sistema de protección contra fallas a tierra debe funcionar haciendo que el medio de desconexión de la acometida abra todos los conductores de fase del circuito en falla. El máximo ajuste de esa protección debe ser de 1 200 A y el retardo máximo debe ser de un segundo para corrientes de falla a tierra iguales o mayores a 3 000 A.

b) Fusibles. Cuando se use una combinación de desconectores y fusibles, los fusibles utilizados deben ser capaces de interrumpir cualquier corriente eléctrica mayor que su capacidad de interrupción, antes de que el sistema de protección contra fallas a tierra provoque la apertura del desconector.

NOTA 1: La protección contra fallas a tierra que funcione abriendo el desconector de la acometida, no ofrece protección contra fallas del lado del dispositivo de protección. Sólo sirve para limitar daño a los conductores y a equipos del lado de las cargas, si se produjera una falla a tierra que diera lugar a un arco en el lado de la carga del elemento protector.

NOTA 2: Esta protección adicional del equipo de la acometida puede hacer necesario revisar toda la instalación para coordinar adecuadamente los dispositivos de protección contra sobrecorriente. Puede ser necesario instalar nuevos equipos de protección contra fallas a tierra en el circuito de alimentación y en los derivados, cuando sea máxima la necesidad de la continuidad en el servicio eléctrico.

NOTA 3: Cuando exista dispositivo de protección contra fallas a tierra para el medio de desconexión de la acometida y se conecte con otro sistema de alimentación a través de un dispositivo de transferencia, pueden ser necesarios otros medios o dispositivos que aseguren la detección de las fallas a tierra por el equipo de protección de falla a tierra.

b) Pruebas de funcionamiento. Una vez instalado, se debe probar el funcionamiento del sistema de protección contra fallas a tierra. La prueba se debe hacer siguiendo las instrucciones que se suministren con el equipo. Se debe hacer un informe escrito de esta prueba y ponerlo a disposición de la autoridad competente.

H. Acometidas de más de 600 V nominales

230-200. Disposiciones generales. Los conductores y equipos de acometida utilizados en circuitos de más de 600 V nominales deben cumplir las disposiciones aplicables de todas las secciones anteriores de este Artículo y las siguientes, que complementan o modifican a las anteriores. En ningún caso se debe aplicar lo establecido en la Parte H a los equipos instalados del lado de alimentación en el punto de acometida.

230-202. Conductores de acometida. Los conductores de acometida a inmuebles o a construcciones se deben instalar conforme a lo siguiente:

a) Tamaño nominal de los conductores. Los conductores de entrada de acometida no deben ser menores a 13,3 mm². (6 AWG), excepto en cables multiconductores. Los cables multiconductores no deben ser menores a 8,37 mm² (8 AWG).

b) Métodos de alambrado. Los conductores de acometida se deben instalar según alguno de los métodos de alambrado que se indican en 710-4.

c) Cruce de calles y acceso a edificios. Para atravesar muros de edificaciones, cimentaciones o calles, debe dejarse un conducto de reserva por cada circuito.

230-203. Letreros de advertencia. En todos los lugares en los que personas no calificadas puedan entrar en contacto con partes energizadas, se deben poner a la vista letreros de advertencia con las palabras.

"PELIGRO, ALTA TENSION ELECTRICA ¡ALEJESE!"

230-204. Desconectores de aislamiento

a) Cuando se requieren. Cuando el medio de desconexión de la acometida sea un interruptor automático en hexafluoruro de azufre o un desconector en aceite, aire o al vacío, debe instalarse un desconector de aislamiento en aire en el lado del suministro del medio de desconexión y el equipo de acometida asociado.

Excepción: Cuando dichos equipos vayan instalados sobre paneles removibles o tableros metálicos que no se puedan abrir si no se desconecta el circuito y que, cuando se quitan de su posición normal de funcionamiento, desconectan automáticamente al desconector o interruptor automático de todas las partes energizadas.

b) Fusibles utilizados como interruptor de aislamiento. Cuando los fusibles sean de un tipo que permita utilizarlos como medio de desconexión, un grupo de dichos fusibles se puede utilizar como desconector de aislamiento.

c) Accesible sólo a personas calificadas. El desconector de aislamiento sólo debe ser accesible a personas calificadas.

d) Conexión de puesta a tierra. Los desconectores de aislamiento deben estar provistos de medios para conectar directamente a tierra a los conductores del lado de la carga, cuando se desconecten de la fuente de alimentación.

No es necesario un medio de conexión a tierra de los conductores del lado de la carga para los desconectores de aislamiento duplicados, que estén instalados y mantenidos por la compañía suministradora de energía eléctrica.

230-205. Medios de desconexión

a) Ubicación. Los medios de desconexión de la acometida deben estar localizados según lo establecido en 230-70.

b) Tipo. Cada medio de desconexión de la acometida debe desconectar simultáneamente a todos los conductores de fase de la acometida no puestos a tierra que dependan de él, y debe tener una corriente de interrupción no menor que la corriente eléctrica máxima de cortocircuito posible en las terminales de alimentación.

Cuando se instalen interruptores con fusibles o fusibles de montaje separado, se permite que las características del fusible contribuyan a fijar la capacidad de cierre bajo falla del medio de desconexión.

230-206. Dispositivos de protección contra sobrecorriente utilizados como medio de desconexión. Cuando el interruptor automático de un circuito o el medio alternativo utilizado según se indica en 230-208 como dispositivo de sobrecorriente de la acometida, cumplan los requisitos indicados en 230-205, deben constituir el medio de desconexión de la acometida.

230-208. Requisitos de protección contra sobrecorriente. Un dispositivo de protección contra cortocircuitos debe ser provisto en el lado de la carga o como parte integral de la desconexión de la acometida, y debe proteger a todos los conductores de fase que dependan de él. El dispositivo de protección debe ser capaz de detectar e interrumpir cualquier corriente eléctrica que supere su punto de disparo o de fusión y que pueda producirse en la instalación. Se debe considerar que un fusible de capacidad nominal continua que no supere al triple de la capacidad de conducción de corriente del conductor o un interruptor automático con un valor de disparo que no supere en seis veces la capacidad de conducción de corriente de los conductores, ofrece protección adecuada contra cortocircuitos.

NOTA: Para capacidad de conducción de corriente de conductores de 2001 V nominales en adelante, véanse las Tablas 310-69 a 310-86.

Los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben cumplir los siguientes requisitos:

a) Tipo de equipo. Los equipos utilizados para proteger los conductores de entrada de acometida, deben cumplir los requisitos indicados en el Artículo 710 Parte C.

b) Dispositivos de sobrecorriente en cubiertas. La limitación de 80% de la capacidad nominal de un dispositivo de sobrecorriente en una cubierta o envolvente para cargas continuas, no se debe aplicar a dichos dispositivos si están instalados en acometidas que funcionen a más de 600 V.

230-209. Dispositivos de sobretensión eléctrica. En cada conductor de fase de la acometida aérea no puesto a tierra, se permite instalar dispositivos de sobretensión eléctrica de acuerdo con los requisitos indicados en el Artículo 280.

230-210. Equipo de acometida. Disposiciones generales. El equipo de acometida, incluidos los transformadores de medición, debe cumplir lo establecido en el Artículo 710 Parte B.

230-211. Tableros en envolventes metálicos. Los tableros en envolventes metálicos deben consistir en una estructura metálica sólida y una cubierta envolvente de chapa metálica. Cuando se instale sobre suelo combustible, debe ir debidamente protegido.

230-212. Acometidas de más de 15 000 V. Cuando la tensión eléctrica entre conductores sea superior a 15 000 V, debe entrar, ya sea a través de cubiertas metálicas o en una bóveda de transformadores, que cumplan los requisitos establecidos en 450-41 a 450-48.

ARTICULO 240-PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE

240-1. Alcance. Las Partes A a la G de este Artículo cubren los requisitos generales para la protección contra sobrecorriente y los dispositivos de protección contra sobrecorriente para no más de 600 V nominales. La parte H cubre la protección contra sobrecorriente de instalaciones de más de 600 V nominales.

NOTA: La protección contra sobrecorriente de los conductores y de equipo se instala de modo que abra el circuito si la corriente eléctrica alcanza un valor que pudiera causar una temperatura excesiva o peligrosa

de los conductores o de su aislamiento que den posibilidad de un incendio. Véase 110-9, requisitos de interrupción, y 110-10, requisitos de protección contra fallas a tierra.

A. Disposiciones generales

240-2. Protección del equipo. El equipo debe protegerse contra sobrecorrientes de acuerdo con cada Artículo de esta Norma, que trata específicamente de cada tipo de equipo como se indica en la siguiente lista:

	Artículo
Acometidas	230
Anuncios luminosos y alumbrado de realce	600
Aparatos Electrodomésticos y similares	422
Bombas contra incendios	695
Capacitores	460
Celdas electrolíticas	668
Circuitos Clase 1, Clase 2 y Clase 3 para control remoto, señalización y de potencia limitada	725
Circuitos derivados	210
Convertidores de fase	455
Ductos con barras (Electroductos)	364
Elevadores, montacargas, escaleras eléctricas y pasillos móviles, escaleras y elevadores para sillas de ruedas	620
Equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente	424
Equipo eléctrico fijo para descongelar y derretir nieve	426
Equipo eléctrico fijo para calentamiento de tuberías para líquidos y recipientes	427
Equipos de aire acondicionado y de refrigeración	440
Equipos de calentamiento por inducción y por pérdidas dieléctricas	665
Estudios de cine, televisión y lugares similares	530
Equipos de grabación de sonido y similares	640
Equipos de rayos X	660
Generadores	445
Grúas y polipastos	610
Instalaciones y lugares de atención de la salud	517
Lugares de reunión	518
Luminarios, portalámparas, lámparas y receptáculos	410
Maquinaria industrial	670
Máquinas de soldar eléctricas	630
Motores, circuitos de motores y sus controladores	430
Organos tubulares	650
Sistemas de distribución de energía en lazo cerrado y programado	780
Sistemas de emergencia	700
Sistemas de alarma contra incendios	760
Sistemas solares fotovoltaicos	690
Tableros de distribución y tableros de alumbrado y control	384
Teatros, áreas de audiencia en cines y estudios de televisión y lugares similares	520
Transformadores y bóvedas de transformadores	450

240-3. Protección de los conductores. Los conductores que no sean cordones flexibles y cables para artefactos eléctricos, se deben proteger contra sobrecorriente según su capacidad de conducción de corriente, como se especifica en 310-15, excepto los casos permitidos o exigidos de (a) a (k) siguientes:

a) Riesgo de pérdida de energía. No es necesaria la protección de los conductores contra sobrecarga, cuando la apertura del circuito podría crear un riesgo, por ejemplo en los circuitos magnéticos de una grúa de transporte de materiales o de bombas contra incendios, pero sí deben llevar protección contra cortocircuitos.

NOTA: Para información adicional para la instalación de bombas centrífugas contra incendio, véase apéndice B2.

b) Dispositivos de 800 A nominales o menos. Se permite usar el dispositivo de protección contra sobrecorriente del valor nominal inmediato superior a la capacidad de conducción de corriente de los conductores que proteja, siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:

1) Que los conductores protegidos no formen parte de un circuito derivado de salidas múltiples que alimenten a receptáculos para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija;

2) que la capacidad de conducción de corriente de los conductores no corresponda con la capacidad nominal de un fusible o interruptor, sin ajuste para disparo por sobrecarga encima de su valor nominal (pero está permitido que tenga otros ajustes de disparo o valores nominales).

3) Que el valor nominal inmediato superior seleccionado no supere 800 A.

c) Dispositivos de más de 800 A. Cuando el dispositivo de protección contra sobrecorriente tenga una intensidad máxima de disparo de más de 800 A nominales, la capacidad de conducción de corriente de los conductores que protege debe ser igual o mayor que la capacidad nominal del dispositivo, tal como se define en 240-6.

d) Conductores en derivación. Se permite que los conductores en derivación estén protegidos contra sobrecorriente según se indica en 210-19 (c), 240-21, 364-11, 364-12 y 430-53(d).

Conductores en derivación: conductores derivados que se unen permanentemente a otros conductores principales o a ductos con barras o cajas de barras.

e) Conductores para circuitos de aparatos eléctricos a motor. Se permite que los conductores de los circuitos de aparatos eléctricos a motor estén protegidos contra sobrecorriente según se establece en las Partes B y D del Artículo 422.

f) Conductores para circuitos de motores y de control de motores. Se permite que los conductores de circuitos de motores y de control de motores estén protegidos contra sobrecorriente según se indica en las Partes C, D, E y F del Artículo 430.

g) Conductores de alimentación de convertidores de fase. Se permite que los conductores de alimentación de los convertidores de fase para cargas motorizadas y no motorizadas, estén protegidos contra sobrecorriente como se indica en 455-7.

h) Conductores de circuitos para equipos de refrigeración y aire acondicionado. Se permite que los conductores de los circuitos de equipo de refrigeración y aire acondicionado estén protegidos contra sobrecorriente como se indica en las Partes C y F del Artículo 440.

i) Conductores del secundario de los transformadores. Los conductores del secundario de un transformador monofásico (excepto los de dos conductores) y polifásicos (excepto los de conexión delta-delta tres conductores), no se consideran protegidos por el dispositivo de protección contra sobrecorriente del primario. Los conductores alimentados desde el secundario de un transformador monofásico con dos conductores (una sola tensión eléctrica) o trifásico con conexión delta-delta con tres conductores (una tensión eléctrica), se permite que se protejan mediante el dispositivo de protección contra sobrecorriente del primario (lado del suministro) del transformador, siempre que esa protección cumpla lo establecido en 450-3 y no supere el valor resultante de multiplicar la capacidad de conducción de corriente del conductor del secundario por la relación de transformación del secundario al primario.

j) Conductores de los circuitos de capacitores. Se permite que los conductores de los circuitos de capacitores estén protegidos contra sobrecorriente como se indica en 460-8(b) y 460-25(a) a (d).

k) Conductores de los circuitos para máquinas de soldar eléctricas. Se permite que los conductores de circuitos para máquinas de soldar estén protegidos contra sobrecorriente como se indica en 630-12, 630-22 y 630-32.

240-4. Protección de los cordones flexibles y cables para artefactos eléctricos. Los cordones flexibles, incluidos los de tinsel y las extensiones, se deben proteger contra sobrecorriente según su capacidad de conducción de corriente, tal como se establece en las Tablas 400-5(a) y 400-5(b). Los cables para artefactos eléctricos se deben proteger contra sobrecorriente de acuerdo con su capacidad de conducción de corriente, tal como se establece en la Tabla 402-5. Se permite como medio aceptable para proporcionar esta protección el dispositivo suplementario contra sobrecorriente que establece 240-10.

Excepción 1: Cuando un cordón flexible o tinsel aprobado y utilizado con un electrodoméstico específico aprobado o una lámpara portátil, se conecte a un circuito derivado del Artículo 210 según lo siguiente:

Circuitos de 20 A, cordón tinsel o cordón de 0,824 mm² (18 AWG) y mayor.

Circuitos de 30 A, cordón de 1,31 mm² (16 AWG) y mayor.

Circuitos de 40 A, cordón de 20 A y mayor.

Circuitos de 50 A, cordón de 20 A y mayor.

Excepción 2: Cuando el cable del artefacto se conecte a un circuito derivado de 120 V, 127 V o más como se indica en el Artículo 210, de acuerdo con lo siguiente:

Circuitos de 20 A, 0,824 mm² (18 AWG) hasta 15,2 m de largo.

Circuitos de 20 A, 1,31 mm² (16 AWG) hasta 30,5 m de largo.

Circuitos de 20 A, 2,08 mm² (14 AWG) y mayor.

Circuitos de 30 A, 2,08 mm² (14 AWG) y mayor.

Circuitos de 40 A, 3,31 mm² (12 AWG) y mayor.

Circuitos de 50 A, 3,31 mm² (12 AWG) y mayor.

Excepción 3: Cuando un cordón flexible usado con extensiones aprobadas, se conecte a un circuito derivado del Artículo 210 según lo siguiente:

Circuitos de 20 A, 1,31 mm² (16 AWG) y mayor.

240-6. Capacidades nominales de corriente eléctrica normalizadas

a) Fusibles e interruptores de disparo fijo. Para selección de fusibles y de interruptores de disparo inverso, se deben considerar los siguientes valores normalizados de corriente eléctrica nominal: 15 A, 20 A, 25 A, 30 A, 35 A, 40 A, 45 A, 50 A, 60 A, 70 A, 80 A, 90 A, 100 A, 110 A, 125 A, 150 A, 175 A, 200 A, 225 A, 250 A, 300 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A, 600 A, 700 A, 800 A, 1 000 A, 1 200 A, 1 600 A, 2 000 A, 2 500 A, 3 000 A, 4 000 A, 5 000 A y 6 000 A. Se consideran como tamaños normalizados los fusibles de 1 A, 3 A, 6 A, 10 A y 601 A. Se permite el uso de fusibles e interruptores automáticos de tiempo inverso con valores de corriente nominal diferentes a los valores indicados en este inciso.

b) Interruptores de disparo ajustable. La capacidad nominal de corriente eléctrica normalizada de los interruptores de disparo ajustable, del tipo con retardo de tiempo largo (capacidad nominal en ampere o por sobrecarga) que tengan medios externos de ajuste, debe ser el del máximo ajuste posible.

Excepción: Los interruptores automáticos que tengan tapas removibles selladas sobre los medios de ajuste o que estén situados detrás de las puertas atornilladas de las envolventes de los equipos o detrás de las puertas cerradas accesibles sólo a personas calificadas, pueden tener un nivel de disparo igual al correspondiente ajuste de tiempo largo.

NOTA: No se intenta prohibir el uso de fusibles e interruptores de tiempo inverso de capacidades no normalizadas.

240-8. Fusibles o interruptores automáticos de circuitos en paralelo. Los fusibles, interruptores de circuitos o combinaciones de ambos no se deben conectar en paralelo.

Excepción: Los interruptores automáticos o fusibles montados en paralelo en fábrica y aprobados como una sola unidad.

240-9. Dispositivos térmicos. Los relevadores térmicos y otros dispositivos no diseñados para abrir corrientes eléctricas de cortocircuito, no se deben usar para la protección de conductores contra sobrecorrientes producidas por cortocircuitos o fallas a tierra, pero se permite su uso para proteger contra sobrecargas a los conductores de los circuitos de motores si están protegidos como se indica en 430-40.

240-10. Protección suplementaria contra sobrecorriente. Cuando se utilice protección suplementaria contra sobrecorriente en luminarios, aparatos electrodomésticos y otro equipo o para los circuitos y componentes internos de equipo, no se debe usar como sustituta de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados ni en lugar de la protección de los circuitos derivados tal como especifica el Artículo 210. Los dispositivos suplementarios de sobrecorriente no tienen que ser necesariamente de fácil acceso.

NOTA: El uso de dispositivos de corriente residual se reconoce como medida adicional de protección contra choque eléctrico por contactos directos y se permite como medio adicional de protección contra contacto indirecto.

240-11. Definición de dispositivo de protección de sobrecorriente limitador de corriente eléctrica. Un dispositivo de protección contra sobrecorriente tipo limitador de corriente eléctrica es aquel que, cuando interrumpe corrientes dentro de su gama de funcionamiento, puede reducir la corriente eléctrica que pasa por el circuito en falla hasta una cantidad sustancialmente inferior a la que se conseguiría en el mismo circuito si el limitador fuese sustituido por un conductor macizo de impedancia comparable.

240-12. Coordinación de los sistemas eléctricos. Cuando se requiera una interrupción ordenada para minimizar el riesgo o riesgos para las personas y para el equipo, se permite un sistema de coordinación basado en las dos condiciones siguientes:

- 1) Protección coordinada contra cortocircuitos.
- 2) Indicación de sobrecarga mediante sistemas o dispositivos de supervisión.

La coordinación se define como la localización adecuada de una condición de falla para limitar las interrupciones de suministro a los equipos afectados, realizada mediante dispositivos selectivos de protección contra fallas.

NOTA: El sistema de supervisión puede hacer que esa situación produzca una alarma que permita tomar medidas correctivas o abrir ordenadamente el circuito, minimizando así los riesgos para las personas y daño para el equipo.

240-13. Protección de los equipos por falla a tierra. Se debe proteger a los equipos contra fallas a tierra de acuerdo con lo establecido en 230-95 para instalaciones eléctricas sólidamente conectadas a tierra y en estrella, de más de 150 V a tierra pero que no superen 600 V entre fases, para cada dispositivo individual utilizado como medio de desconexión a la red del edificio o estructura que sea de 1 000 A nominales o más.

Excepción 1: Las disposiciones de esta Sección no se aplican a los medios de desconexión de procesos industriales continuos, en los que la parada inesperada podría aumentar los riesgos o producir otros nuevos.

Excepción 2: Las disposiciones de protección contra fallas a tierra de esta Sección no se aplican a las bombas contra incendios.

B. Localización

240-20. Conductores no puestos a tierra

a) Dispositivo de protección contra sobrecorriente. Un fusible o la unidad de disparo por sobrecorriente de un interruptor, debe estar conectado en serie con cada conductor de fase. Una combinación de transformador de corriente y relevador de sobrecorriente se considera equivalente a la unidad de disparo por sobrecorriente.

NOTA: Para los circuitos de motores, véanse las Partes C, D, F y J del Artículo 430.

b) Interruptor automático como dispositivo de sobrecorriente. Los interruptores automáticos deben abrir todos los conductores de fase del circuito, a no ser que permitan otra cosa los siguientes incisos:

1) Excepto con las limitaciones establecidas en 210-4(b), se permiten los interruptores automáticos individuales unipolares con las manijas de disparo unidas o sin unir, como protección de cada uno de los conductores de los circuitos derivados multiconductores que suministran corriente eléctrica únicamente a cargas monofásicas.

2) En sistemas puestos a tierra se permiten interruptores automáticos individuales unipolares, con las manijas de disparo aprobadas como protección de cada uno de los conductores de fase, para cargas conectadas entre fases en circuitos monofásicos o en circuitos de c.c. de tres conductores.

3) Para cargas entre fases en sistemas de tres fases cuatro conductores o dos fases cinco conductores que tienen el neutro puesto a tierra y sin conductores que funcionen a tensiones eléctricas superiores a los permitidos en 210-6, se permiten interruptores automáticos individuales unipolares con manijas de disparo aprobados como protección de cada conductor de fase.

c) Sistemas de distribución en anillo. Como sustitutos de los fusibles o de interruptores automáticos, se permiten los dispositivos aprobados que ofrezcan una protección equivalente contra sobrecorriente en sistemas de distribución en anillo.

240-21. Localización en el circuito. El dispositivo de sobrecorriente debe conectarse a cada conductor de fase del circuito, del siguiente modo:

a) Conductores de alimentadores y circuitos derivados. Los conductores de los alimentadores y de los circuitos derivados deben estar protegidos por dispositivos de protección contra sobrecorriente conectados en el punto en el que los conductores reciben la energía, excepto lo que se permita a continuación.

b) Derivaciones no superiores a 3 m de largo. Se permite conectar conductores en derivación, sin protección contra sobrecorriente en el punto de derivación, a un alimentador o al secundario de un transformador, cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

1) La longitud de los conductores en derivación no debe ser mayor que 3 m.

2) La capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación sea:

a. No inferior a la suma de cargas calculadas del circuito alimentado por los conductores en derivación, y

b. No inferior a la capacidad nominal del dispositivo alimentado por los conductores en derivación o no menor que la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente en el punto de la terminal de los conductores en derivación.

3) Los conductores en derivación no deben ir más allá del tablero de distribución, centro de carga, medio de desconexión o dispositivos de control a los que suministran energía.

4) Excepto en el punto de conexión con el circuito alimentador, los conductores en derivación van en una canalización que debe ir desde la derivación hasta el envolvente de cualquier tablero de distribución cerrado, tablero de control y alumbrado o hasta la parte posterior de un tablero de distribución abierto.

5) Para instalaciones de campo en las que los conductores en derivación salgan de la envolvente o bóveda en que se hace la derivación, la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente en el lado del suministro de los conductores en derivación, no debe ser superior a 1 000% de la capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación.

NOTA: Para tableros de circuitos de alumbrado y aparatos eléctricos véase 384-16(a) y (d).

c) Derivaciones de alimentadores no superiores a 8 m de largo. Se permite conectar conductores en derivación, sin protección contra sobrecorriente en el punto de derivación, a un alimentador, cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

1) La longitud de los conductores en derivación no sea mayor que 8 m.

2) La capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación no sea menor que 1/3 de la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador de suministro.

3) Los conductores en derivación terminen en un solo interruptor automático o en un solo juego de fusibles que limite la carga a la capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación. Este dispositivo debe permitir instalar cualquier número de dispositivos adicionales de sobrecorriente en el lado de la carga.

4) Los conductores en derivación estén debidamente protegidos contra daño físico o en una canalización.

d) Derivaciones de alimentadores para un transformador (el primario más el secundario no deben medir más de 8 m de largo). Está permitido conectar conductores en derivación del alimentador del primario de un transformador, sin dispositivo de protección contra sobrecorriente en la derivación, cuando se cumplan las siguientes condiciones:

1) La capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación no sea menor que 1/3 de la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador de suministro.

2) Los conductores que reciben corriente eléctrica del secundario del transformador deben tener una capacidad de conducción de corriente tal que, cuando se multiplica por la relación de transformación del secundario al primario, resulte como mínimo 1/3 de la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente que protege a los conductores de alimentación.

3) La longitud total del conductor del primario más la del secundario, excluyendo cualquier parte del conductor del primario que esté protegida a su corriente eléctrica nominal, no sea superior a 8 m.

4) Los conductores del primario y del secundario estén adecuadamente protegidos contra daño físico.

5) Los conductores del secundario terminen en un solo interruptor o en un juego de fusibles que limiten la corriente eléctrica de la carga a un valor no superior a la capacidad de conducción de corriente del conductor permitida en 310-15.

e) Derivaciones de más de 7,62 m de largo. Se permite que conductores de más de 7,62 m de largo se deriven de un alimentador, en plantas industriales, con paredes de más de 10,67 m de alto, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que los sistemas son atendidos únicamente por personas calificadas. Los conductores en derivación sin dispositivo de protección contra sobrecorriente en la derivación, pueden tener no más de 7,62 m en la horizontal y no más de 30,5 m de longitud total, cuando se cumplan las siguientes condiciones:

1) La capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación no sea menor que 1/3 de la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador de suministro.

2) Los conductores en derivación terminen en un solo interruptor automático o un solo juego de fusibles que limite la carga a la capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación. Este dispositivo debe permitir instalar cualquier número de dispositivos adicionales de sobrecorriente en el lado de la carga.

3) Los conductores de la derivación estén debidamente protegidos contra daño físico o en una canalización.

4) Los conductores en derivación sean continuos de un extremo a otro, sin empalmes.

5) Los conductores en derivación sean de tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) de cobre o de 21,2 mm² (4 AWG) de aluminio.

6) Los conductores en derivación no atraviesen paredes, pisos o techos.

7) La derivación esté hecha a no menos de 9 m del piso.

f) Conexiones en derivación de los circuitos derivados. Se permite considerar protegidas a las conexiones en derivación a salidas individuales y a los conductores de un circuito que suministre energía a una sola estufa doméstica, por el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado, cuando cumplan los requisitos indicados en 210-19, 210-20 y 210-24.

g) Derivaciones de electroductos. Se permite que los electroductos y derivaciones de electroductos se protejan contra sobrecorriente como se indica en 364-10 a 364-13.

h) Derivaciones en circuitos de motores. Se permite que los conductores en derivación de los alimentadores y de los circuitos derivados de motores sean protegidos contra sobrecorriente como se indica en 430-28 y 430-53, respectivamente.

i) Conductores desde las terminales de un generador. Se permite que los conductores desde las terminales de un generador estén protegidos contra sobrecorriente como se indica en 445-5.

j) Conductores del secundario de un transformador de sistemas derivados separadamente para instalaciones industriales. Se permite que los conductores estén conectados al secundario de un transformador de un sistema derivado separadamente para instalaciones industriales, sin protección contra sobrecorriente en ese punto, cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

1) La longitud de los conductores en derivación no sea mayor que 8 m.

2) La capacidad de conducción de los conductores secundarios no debe ser menor que la corriente secundaria del transformador y la suma de los dispositivos de protección contra sobrecorriente no debe exceder la capacidad de conducción de los conductores del secundario del transformador.

3) Todos los dispositivos de protección contra sobrecorriente estén agrupados.

4) Los conductores del secundario estén adecuadamente protegidos contra daño físico.

m) Derivaciones de alimentadores exteriores. Se permiten hacer conexiones en derivación en exteriores a partir del alimentador o del secundario de un transformador sin protección contra sobrecorriente en el punto de derivación, cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

1) Los conductores estén debidamente protegidos contra daño físico.

2) Los conductores en derivación terminen en un solo interruptor automático o en un solo juego de fusibles que limite la carga a la capacidad de conducción de corriente de los conductores en derivación. Este dispositivo debe permitir instalar cualquier número de dispositivos adicionales de sobrecorriente en el lado de la carga.

3) Los conductores de la derivación estén instalados en el exterior, excepto en el punto terminal.

4) El dispositivo de sobrecorriente de los conductores forme parte integrante de un medio de desconexión o esté situado inmediatamente al mismo.

5) Los medios de desconexión de los conductores estén instalados en un lugar fácilmente accesible, ya sea fuera del edificio o estructura o en el punto más cercano de entrada de los conductores.

n) Conductores de acometida. Se permite que los conductores en derivación de la acometida se protejan con dispositivos de sobrecorriente como se indica en 230-91.

240-22. Conductores puestos a tierra. Ningún dispositivo de sobrecorriente se debe conectar en serie a un conductor que esté intencionadamente puesto a tierra.

Excepción 1: Cuando el dispositivo de sobrecorriente abra todos los conductores del circuito, incluido el puesto a tierra, y esté diseñado para que ningún polo pueda funcionar independientemente.

Excepción 2: Para protección de los motores contra sobrecarga, según se exige en 430-36 y 430-37.

240-23. Cambio de tamaño nominal del conductor puesto a tierra. Cuando se produzca un cambio de tamaño nominal del conductor de fase, se permite hacer un cambio similar en el tamaño nominal del conductor puesto a tierra.

NOTA 1: La reducción de los conductores puede ser por uso de conductores en derivación (Ver 240-21).

NOTA 2: El aumento de los conductores puede ser por caída de tensión mayor para circuitos derivados (Ver 210-19(a)), o para alimentadores (Ver 215-2(c)), o bien por presencia de corriente con armónicos (Ver 250-5).

240-24. Ubicación en las propiedades de los usuarios

a) Fácilmente accesibles. Los dispositivos de sobrecorriente deben ser fácilmente accesibles.

Excepción 1: Los electroductos, según se permite en 364-12.

Excepción 2: Los dispositivos de protección suplementaria contra sobrecorriente, tal como se describe en 240-10.

Excepción 3: Los dispositivos de sobrecorriente de la acometida, como se describe en 225-9(b) y 230-92.

Excepción 4: Los dispositivos de sobrecorriente instalados cerca de motores, aparatos electrodomésticos u otros equipos a los que suministren energía, pueden ser accesibles por medios portátiles.

b) Fácil acceso de los ocupantes. En un edificio, todos los ocupantes deben tener fácil acceso a todos los dispositivos de sobrecorriente que protejan a los alimentadores del edificio.

Excepción 1: En las construcciones con varios ocupantes en los que el servicio y el mantenimiento de la instalación eléctrica corren a cargo de la administración del edificio y esa instalación esté bajo supervisión continua de la administración del edificio, se permite que los dispositivos de protección contra sobrecorriente de la acometida y de los circuitos que suministran energía a más de uno de los ocupantes sean accesibles únicamente al personal autorizado por la administración.

Excepción 2: En las habitaciones de huéspedes de hoteles y moteles para su ocupación transitoria y que estén bajo la supervisión continua de la administración del edificio, se permite que los dispositivos de sobrecorriente sean accesibles únicamente al personal autorizado por la administración.

c) No expuestos a daño físico. Los dispositivos de sobrecorriente deben estar situados donde no queden expuestos a daño físico.

NOTA: Véase 110-11, Agentes deteriorantes.

d) Alejados de materiales fácilmente combustibles. Los dispositivos de sobrecorriente no deben estar colocados cerca de materiales fácilmente combustibles, como en muebles guardarropa.

e) Fuera de los cuartos de baño. En unidades de vivienda y en habitaciones de huéspedes de hoteles y moteles, los dispositivos de sobrecorriente que no sean los de protección suplementaria contra sobrecorriente, no deben estar situados en los cuartos de baño tal como se define en el Artículo 100.

C. Envolventes

240-30. General. Los dispositivos de sobrecorriente deben estar encerrados en envolventes o cajas para cortacircuitos.

Excepción 1: Cuando formen parte de un conjunto que ofrezca una protección equivalente.

Excepción 2: Cuando vayan montados en tableros de distribución, tablero de alumbrado y control o tableros de control tipo abierto que estén en cuartos o cubiertas libres de humedad y de materiales fácilmente combustibles y que sean accesibles sólo a personal calificado.

Excepción 3: Se permite que la manija de accionamiento de un interruptor sea accesible sin necesidad de abrir ninguna puerta o tapa.

240-32. Lugares húmedos o mojados. Las cubiertas para dispositivos de sobrecorriente en lugares húmedos o mojados deben cumplir lo establecido en 373-2(a).

240-33. Posición vertical. Las cubiertas de dispositivos de sobrecorriente se deben montar en posición vertical.

Excepción: Cuando eso sea imposible y se cumpla con lo indicado en 240-81.

D. Desconexión y resguardo

240-40. Medios de desconexión para los fusibles. Se deben instalar medios de desconexión en el lado de suministro de todos los fusibles en circuitos de más de 150 V a tierra y en los fusibles de cartucho de cualquier tensión eléctrica, cuando sean accesibles a personal no calificado, de modo que cada circuito protegido con fusible se pueda desconectar independientemente de la fuente de energía eléctrica.

Excepción 1: Un dispositivo instalado como limitador de corriente en el lado de la alimentación del medio de desconexión de la acometida, tal como se permite en 230-82.

Excepción 2: Se permite un solo medio de desconexión en el lado de la alimentación de más de un conjunto de fusibles, como establece en 430-112 para motores en grupo y en 424-22 para equipo fijo de calefacción eléctrica.

240-41. Partes que puedan formar arco eléctrico o moverse de repente. Las partes que puedan formar arco eléctrico o moverse de repente deben cumplir con las siguientes disposiciones:

a) Localización. Los fusibles e interruptores deben estar situados o blindados de manera que las personas que los manipulen no se quemen ni sufran otro tipo de daño.

b) Partes que se mueven de repente. Las manijas o palancas de los interruptores y otras partes similares que se pueden mover de repente de modo que pudieran herir a las personas que hubiera en la cercanía, deben estar resguardadas o separadas.

E. Fusibles de tapón, portafusibles y adaptadores

240-50. Disposiciones generales

a) Tensión eléctrica máxima. No se deben utilizar fusibles tipo tapón ni portafusibles en circuitos de más de 127 V entre conductores.

Excepción: En circuitos alimentados por una instalación que tenga el neutro a tierra y ningún otro conductor a más de 150 V a tierra.

b) Marcado. Todos los fusibles, portafusibles y adaptadores deben estar marcados con su capacidad nominal.

c) De forma hexagonal. Los fusibles tipo tapón de 15 A nominales y menores deben identificarse por la forma hexagonal de la ventanilla, tapa u otra parte prominente que los distinga de los fusibles de mayor capacidad nominal.

d) Sin partes energizadas. Los fusibles tipo tapón, portafusibles y adaptadores no deben tener partes energizadas expuestas, después de que hayan quedado instalados.

e) De base roscada. La base roscada de un portafusibles se debe conectar al lado de la carga del circuito.

240-51. Fusibles con base Edison

a) Clasificación. Los fusibles de tapón con base de tipo Edison deben clasificarse a no más de 127 V y 30 A o menos.

b) Sólo como recambios. Los fusibles de tapón con base de tipo Edison se deben usar sólo como recambios en las instalaciones existentes, cuando no haya evidencias de que se modificaron.

240-52. Portafusibles base Edison. Los portafusibles base Edison deben instalarse sólo cuando están hechos para aceptar fusibles del tipo S mediante el uso de adaptadores.

240-53. Fusibles de Tipo S. Los fusibles de tipo S deben ser a presión y cumplir con las disposiciones a continuación.

a) Clasificación. Los fusibles de Tipo S deben clasificarse a no más de 127 V y de 0 a 15 A, de 16 A a 20 A o de 21 A a 30 A.

b) No intercambiables. Los fusibles de Tipo S de las capacidades nominales descritas en el anterior inciso (a) no se deben intercambiar con fusibles de menor capacidad nominal. Deben estar diseñados de manera que no se puedan utilizar en portafusibles distintos de los de Tipo S o que tengan instalado un adaptador de Tipo S.

240-54. Fusibles, adaptadores y portafusibles de Tipo S

a) Para montar en portafusibles con base Edison. Los adaptadores de Tipo S se deben poder instalar en portafusibles con base Edison.

b) Sólo para montar con fusibles de Tipo S. Los portafusibles y adaptadores de Tipo S deben estar diseñados de modo que el propio portafusibles o un portafusibles con un adaptador de Tipo S insertado, sólo se pueda usar con un fusible de Tipo S.

c) No desmontables. Los adaptadores de Tipo S deben estar diseñados de modo que, una vez instalados en un portafusibles, no se puedan desmontar.

d) No manipulables. Los fusibles, portafusibles y adaptadores de Tipo S deben estar diseñados de modo que resulte difícil manipularlos o puentearlos.

e) Intercambiables. Las dimensiones de los fusibles, portafusibles y adaptadores de Tipo S se deben normalizar para que se puedan intercambiar, independientemente del fabricante.

F. Fusibles y portafusibles de cartucho

240-60. Disposiciones generales

a) Tensión eléctrica máxima - De 300 V. Los fusibles y portafusibles de cartucho del tipo de 300 V no se deben usar en circuitos de más de 300 V entre conductores.

Excepción: En circuitos monofásicos de fase a neutro alimentados desde sistemas de tres fases cuatro conductores con el neutro sólidamente puesto a tierra y en los que la tensión eléctrica de fase a neutro no supere 300 V.

b) No intercambiables-portafusibles de cartucho de 0 - 6 000 A. Los portafusibles deben estar diseñados de modo que resulte difícil poner un fusible de cualquier clase en un portafusibles diseñado para

una menor corriente eléctrica o para una mayor tensión eléctrica que la de la clase a la que pertenezca el fusible. Los portafusibles de fusibles limitadores de corriente eléctrica no deben permitir la inserción de fusibles que no sean limitadores de corriente eléctrica.

c) Marcado. Los fusibles deben estar claramente marcados, mediante impresión en el cuerpo del fusible o mediante etiqueta pegada al cuerpo, que indique lo siguiente:

- (1) corriente eléctrica nominal;
- (2) tensión eléctrica nominal;
- (3) corriente de interrupción máxima para todos los que no sean de 10 000 A;
- (4) "limitadores de corriente eléctrica" cuando lo sea, y
- (5) la marca o nombre del fabricante.

Excepción: En los fusibles utilizados como protección suplementaria no es necesario que aparezca la corriente de interrupción máxima.

240-61. Clasificación. Los fusibles y portafusibles de cartucho se deben clasificar por su tensión y corriente eléctricas nominales. Se permite usar fusibles de 600 V nominales o menos a tensiones eléctricas iguales o inferiores a su tensión eléctrica nominal.

G. Interruptores automáticos de circuito

240-80. Modo de funcionamiento. Los interruptores automáticos de circuitos deben ser de disparo libre y se deben poder abrir o cerrar manualmente. Se permite su modo normal de funcionamiento, por ejemplo eléctrico o neumático, si además cuentan con medios para su accionamiento manual.

Excepción: Lo establecido en 230-76(2) para los interruptores automáticos de circuitos utilizados como medios de desconexión de la acometida.

240-81. Indicación. Los interruptores automáticos de circuitos deben indicar claramente si están en posición abierta "desconectado" o cerrada "conectado".

Cuando las manijas de los interruptores automáticos de circuitos se accionen verticalmente en vez de rotacional u horizontalmente, la posición de circuito cerrado debe ser con la manija hacia arriba.

240-82. No manipulables. Un interruptor automático de circuito debe estar diseñado de modo que cualquier alteración de su punto de disparo (calibración) o del tiempo necesario para su funcionamiento, exija desmontar el dispositivo o romper un sello para realizar ajustes distintos a los previstos.

240-83. Marcado

a) Duraderas y visibles. Los interruptores automáticos de circuitos deben estar marcados con su capacidad de corriente eléctrica nominal de forma duradera y visible después de instalarlos. Se permite que tales marcas sean visibles quitando una tapa o protección.

b) Localización. Los interruptores automáticos de circuitos de 100 A nominales o menos y 600 V nominales o menos deben llevar su capacidad de corriente eléctrica nominal moldeada, estampada, grabada o marcada de algún modo similar en la manija de operación o en cualquier parte de su escudo.

c) Corriente de interrupción. Todos los interruptores automáticos de circuitos con corriente de interrupción distinta de 5 000 A deben llevar visible el valor de su corriente de interrupción.

Excepción: No es necesaria corriente de interrupción en los interruptores automáticos de circuitos utilizados como protección suplementaria.

Si se utiliza un interruptor en un circuito que tenga una corriente eléctrica de falla superior a la marcada en su corriente de interrupción máxima, si éste es conectado del lado de la carga de un dispositivo aceptable con mayor intervalo de intensidad nominal, se debe marcar esta mayor corriente de interrupción máxima en serie, en todos los equipos de utilización, tales como tableros de distribución y paneles de alumbrado y control.

d) Usados como desconectores. Los interruptores automáticos de circuitos usados como medios de desconexión en instalaciones de lámparas fluorescentes de 120 V, 127 V y 277 V deben estar identificados con las letras "SWD".

e) Marcado de la tensión eléctrica. Los interruptores se deben marcar con una tensión eléctrica nominal no inferior a la tensión nominal del sistema, que sea indicativa de su capacidad de interrumpir corrientes eléctricas de falla entre fases o entre fase y tierra.

240-85. Aplicaciones. Se permite la instalación de un interruptor con tensión eléctrica nominal de 240 V o 480 V, en un circuito en el que la tensión eléctrica nominal entre dos conductores cualesquiera no supere la tensión nominal del interruptor automático. Un interruptor de dos polos no debe ser usado para proteger circuitos de tres fases conectados en delta con una esquina puesta a tierra, si el interruptor no lleva las marcas 1F- 3H que indiquen dicha capacidad.

Se permite la instalación de un interruptor con capacidad separada por una diagonal como 120/240 V, 220Y/127 V, 440Y/254 480Y/277 V, en un circuito en el que la tensión eléctrica nominal de cualquier conductor a tierra no exceda el valor inferior de los dos valores de tensión y la correspondiente entre dos fases cualesquiera no supere la mayor del interruptor.

H. Instalaciones industriales supervisadas

240-90. Generalidades. La protección contra sobrecorriente en áreas de instalaciones industriales supervisadas debe cumplir con todas las disposiciones aplicables de las otras secciones de este Artículo, excepto como se establece en esta parte H. Sólo se permite la aplicación de las disposiciones de esta parte H a las partes del sistema eléctrico en la instalación industrial supervisada utilizadas exclusivamente para actividades de producción o de control de procesos.

240-91. Definición de instalación industrial supervisada. Para los propósitos de esta parte H, instalación industrial supervisada se define como las partes industriales de una instalación en donde se cumplen todas las condiciones siguientes:

(1) Las condiciones de supervisión de mantenimiento e ingeniería aseguran que únicamente personal calificado realiza el monitoreo y servicio técnico al sistema.

(2) El sistema de alambrado del predio tiene una carga de 2 500 kVA o superior, utilizada en procesos industriales de actividades de producción, o en ambos, calculada de acuerdo con el Artículo 220.

(3) El predio posee al menos una acometida que tiene más de 150 V a tierra y más de 300 V entre fases.

Esta definición no debe aplicarse a aquellas instalaciones en edificaciones utilizadas por la industria para oficinas, bodegas, garajes, talleres mecánicos e instalaciones recreativas que no son parte integral de la planta industrial, subestación o centro de control.

240-92. Ubicación en el circuito. Un dispositivo de protección contra sobrecorriente debe conectarse en cada conductor del circuito no puesto a tierra, como se indica a continuación:

(a) **Conductores de alimentadores y circuitos ramales.** Los alimentadores y circuitos ramales deben protegerse en el punto en que los conductores reciben su alimentación, como se permite en la Sección 240-21, o según se permita algo diferente en (b) o (c).

(b) **Conductores del secundario del transformador de sistemas derivados separados.** Se permite que los conductores estén conectados al secundario de un transformador de un sistema derivado separadamente, sin protección contra sobrecorriente en la conexión, si se cumplen las condiciones de (1), (2) y (3).

(1) **Protección contra cortocircuito y fallas a tierra.** Los conductores deben protegerse de las condiciones de cortocircuito y fallas a tierra, mediante la conformidad con alguna de las siguientes condiciones:

(a) La longitud de los conductores del secundario no supera los 15 m y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del primario del transformador tiene una capacidad nominal o ajuste que no supera el 150% del valor obtenido al multiplicar la capacidad de corriente del conductor del secundario por la relación de transformación de tensión del secundario al primario.

(b) La longitud de los conductores del secundario no supera 23 m y los conductores están protegidos por un relevador diferencial con un ajuste de disparo igual o inferior a la capacidad de corriente del conductor.

(c) Debe considerarse que los conductores están protegidos cuando la longitud de los conductores del secundario no supera los 23 m y si los cálculos, realizados bajo supervisión técnica, determinan que los dispositivos de sobrecorriente protegen los conductores dentro de los límites reconocidos de tiempo contra corriente, para todas las condiciones de cortocircuito y de falla a tierra.

(2) **Protección contra sobrecarga.** Los conductores deben protegerse contra condiciones de sobrecarga, mediante el cumplimiento de alguna de las siguientes condiciones:

(a) Los conductores terminan en un solo dispositivo de protección contra sobrecorriente, que limita la carga a la capacidad de corriente del conductor.

(b) La suma de los dispositivos de sobrecorriente en el extremo del conductor limita la carga a la capacidad de corriente del conductor. Los dispositivos de sobrecorriente deben constar de un máximo de seis interruptores automáticos o juegos de fusibles, montados en un solo envolvente, en un grupo de envolventes separados o en un tablero de distribución. No debe haber más de seis dispositivos de sobrecorriente agrupados en un solo sitio.

(c) La protección con relevadores de sobrecorriente se conecta (con un(os) transformador(es) de corriente, si es necesario) para detectar toda la corriente del conductor del secundario y limitar la carga a la capacidad de corriente del conductor, al abrir los dispositivos en cualquier sentido de flujo de la corriente.

(d) Los conductores deben considerarse protegidos si los cálculos, realizados bajo supervisión técnica, determinan que los dispositivos de sobrecorriente del sistema protegen los conductores en condiciones de sobrecarga.

(3) **Protección física.** Los conductores del secundario deben protegerse adecuadamente contra daño físico.

(c) **Derivaciones del alimentador al exterior.** Se permite que los conductores exteriores se deriven de un alimentador o estén conectados a un secundario del transformador, sin protección contra sobrecorriente en la derivación o conexión, si se cumplen en su totalidad las condiciones siguientes:

(1) Los conductores están protegidos adecuadamente contra daño físico.

(2) La suma de los dispositivos de sobrecorriente en el extremo final del conductor limita la carga a la capacidad de corriente del conductor. Los dispositivos de sobrecorriente deben constar de un máximo de seis interruptores automáticos o juegos de fusibles, montados en un solo encerramiento, en un grupo de encerramientos separados o en un tablero de distribución. No debe haber más de seis dispositivos de sobrecorriente agrupados en un solo sitio.

(3) Los conductores de derivación están instalados en el exterior, excepto en el punto de terminación.

(4) El dispositivo de protección contra sobrecorriente de los conductores es parte integral de un medio de desconexión o debe ubicarse inmediatamente adyacente a él.

(5) El medio de desconexión para los conductores está instalado en un lugar de fácil acceso, ya sea en el exterior de la edificación o de la estructura o en el interior, lo más cerca del punto de entrada de los conductores.

I. Protección contra sobrecorriente a más de 600 V nominales

240-100. Alimentadores. Los alimentadores deben tener un dispositivo de protección contra cortocircuito en cada conductor de fase o cumplir el Artículo 710, Parte C. El equipo utilizado para proteger los conductores de suministro debe cumplir los requisitos indicados en 710-20 y 710-21. El dispositivo o dispositivos de protección deben ser capaces de detectar e interrumpir corrientes eléctricas de todos los valores que se puedan producir en la instalación por encima de su ajuste de disparo o punto de fusión. En ningún caso la capacidad de corriente eléctrica nominal continua del fusible debe ser mayor que tres veces la capacidad de conducción de corriente del conductor. El ajuste del elemento de disparo con retardo de tiempo de un interruptor o el mínimo ajuste de disparo de un fusible accionado electrónicamente, no debe ser mayor que seis veces la capacidad de conducción de corriente del conductor.

Excepción: Véase 695-3, excepciones 1 y 2.

Se permite que los conductores en derivación de un alimentador sean protegidos por el dispositivo de sobrecorriente del alimentador cuando dicho dispositivo proteja también a los conductores en derivación.

NOTA: Deben coordinarse el tiempo de funcionamiento del dispositivo protector, la corriente eléctrica de cortocircuito y el conductor utilizado, para evitar daños o temperaturas peligrosas en los conductores o a su aislamiento si se produjera un cortocircuito.

240-101. Circuitos derivados. Los circuitos derivados deben tener un dispositivo protector contra cortocircuito en cada conductor de fase o cumplir lo indicado en el Artículo 710, Parte B. El equipo utilizado para proteger los conductores de suministro debe cumplir los requisitos establecidos en 710-20 y 710-21. El dispositivo o dispositivos de protección deben ser capaces de detectar e interrumpir corrientes eléctricas de todos los valores que se puedan producir en la instalación por encima de su ajuste de disparo o punto de fusión.

ARTICULO 250-PUESTA A TIERRA

A. Disposiciones generales

250-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos generales para la unión y la puesta a tierra en las instalaciones eléctricas y, además, los requisitos específicos que se indican a continuación:

a) En sistemas, circuitos y equipos en los que se exige, se permite o donde no se permite que estén puestos a tierra.

b) El conductor del circuito que es puesto a tierra en sistemas puestos a tierra.

c) Ubicación de las conexiones de puesta a tierra.

d) Tipos y tamaños nominales de los conductores de unión, de puesta a tierra y de los electrodos de puesta a tierra.

e) Método de unión y de puesta a tierra.

f) Condiciones en las que se puede sustituir a los resguardos, separaciones o aislamiento por la puesta a tierra.

NOTA 1: Los sistemas y los conductores de circuito son puestos a tierra para limitar las sobretensiones eléctricas debidas a descargas atmosféricas, transitorios en la red o contacto accidental con líneas de alta tensión, y para estabilizar la tensión eléctrica a tierra durante su funcionamiento normal. Los conductores de puesta a tierra del equipo se unen al conductor puesto a tierra del sistema para que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla, y que faciliten el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra.

NOTA 2: Los materiales conductores que rodean a conductores o equipo eléctricos o que forman parte de dicho equipo, son puestos a tierra para limitar la tensión a tierra de esos materiales y para facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra. Véase 110-10.

250-2. Aplicación de otros Artículos. En otros Artículos relativos a casos particulares de instalación de conductores y equipo, hay otros requisitos adicionales a los de este Artículo o que modifican a los mismos:

	Artículo	Sección
Acometidas	230	
Albercas, fuentes e instalaciones similares	680	
Anuncios luminosos y alumbrado de realce	600	
Antenas de televisión comunitarias y sistemas de distribución de radio		820-33, 820-40
Aparatos eléctricos		422-16
Aparatos eléctricos y equipo de alumbrado		410-17, 410-18, 410-19, 410-21, 410-105(b)
Áreas peligrosas (clasificadas)	500-517	
Cables y cordones flexibles		400-22, 400-23
Canalizaciones prealumbradas		365-9
Capacitores		460-10, 460-27
Casas móviles, casas prefabricadas y sus estacionamientos	550	
Celdas electrolíticas	668	
Circuitos Clase 1, Clase 2 y Clase 3 para control remoto, señalización y de potencia limitada		725-6
Circuitos de comunicación	800	
Circuitos derivados		210-5, 210-6, 210-7
Circuitos y equipos que operan a menos de 50 V		
Conductores para alambrado en general	720 310	
Construcciones agrícolas		547-8
Construcciones flotantes		553-8, 553-10, 553-11
Desconectores		380-12
Elevadores, montacargas, escaleras eléctricas y pasillos móviles, escaleras y elevadores para sillas de ruedas	620	230-63
Equipos de acometida	665	427-21, 427-29
Equipos de calentamiento por inducción y por pérdidas dieléctricas		427-48,
Equipo eléctrico fijo para calentamiento de tuberías y recipientes		426-27
Equipo eléctrico fijo para descongelar y derretir nieve		424-14
Equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente		640-4
Equipos de grabación de sonido y similares		645-15
Equipos de procesamiento de datos y de cómputo electrónico		

Equipos de radio y televisión	810	
Equipos de rayos X	660	517-78
Estudios de cine, televisión y lugares similares		530-20, 530-66
Grúas y polipastos	610	
Instalaciones en lugares de atención de la salud	517	
Equipos que operan a tensiones eléctricas nominales mayores de 600 V		
Maquinaria industrial	670	
Máquinas de riego operadas o controladas eléctricamente		710-4(b)(1) 675-11(c), 675-12, 675-13, 675-14 675-15 555-7
Marinas y muelles		
Motores, circuitos de motores y sus controladores	430	
Organos tubulares	650	
Tableros de distribución y tableros de alumbrado y control		384-20
Luminarios, portalámparas, lámparas y receptáculos		410-58, 210-7
Salidas, dispositivos, cajas de jalado y de empalmes, cajas de paso y accesorios		370-4, 370-25 780-3
Sistemas de distribución programada		504-50
Sistemas intrínsecamente seguros		760-6
Sistemas de señalización para protección contra incendios		690-41, 690-42, 690-43, 690-45
Sistemas solares fotovoltaicos		690-44
Tableros de distribución y tableros de alumbrado y control		384-3(d), 384-11
Teatros, áreas de audiencia en cines y estudios de televisión y lugares similares		520-81
Transformadores y bóvedas de transformadores		450-10
Uso e identificación de los conductores puestos a tierra	200	
Vehículos de recreo y sus estacionamientos	551	

B. Puesta a tierra de circuitos y sistemas eléctricos

250-3. Sistemas de corriente eléctrica continua (c.c.)

a) **Sistemas de corriente eléctrica continua de dos conductores.** Los sistemas de c.c. de dos conductores que suministren energía al sistema de alambrado de usuarios, deben estar puestos a tierra.

Excepción 1: Un sistema equipado con un detector de falla a tierra y que suministre energía sólo a equipos industriales en zonas limitadas.

Excepción 2: Un sistema que funcione a 50 V o menos entre conductores.

Excepción 3: Un sistema que funcione a más de 300 V entre conductores.

Excepción 4: Un sistema de c.c. derivado de un rectificador y alimentado desde un sistema de c.a. que cumpla con 250-5.

Excepción 5: Los circuitos de c.c. de alarma contra incendios con una corriente eléctrica máxima de 0,030 A, como se especifica en el Artículo 760 Parte C.

b) **Sistemas de corriente eléctrica continua de tres conductores.** El conductor neutro de todos los sistemas de c.c. de tres conductores que suministren energía al sistema de alambrado de usuarios debe ser puesto a tierra.

250-5. Sistemas y circuitos de c.a. que deben ser puestos a tierra. Los sistemas y circuitos de c.a. deben ser puestos a tierra, según se establece en los siguientes incisos:

NOTA: Un ejemplo de un sistema que puede ser puesto a tierra es una conexión en delta del transformador con un vértice puesto a tierra. Para el conductor que debe ser puesto a tierra, véase 250-25 (4).

a) **Circuitos de c.a. de menos de 50 V.** Los circuitos de corriente alterna de menos de 50 V se deben poner a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

1) Cuando estén alimentados por transformadores, si el sistema de suministro del transformador excede de 150 V a tierra.

2) Cuando estén alimentados por transformadores si el sistema que alimenta al transformador no está puesto a tierra.

3) Cuando estén instalados como conductores aéreos fuera de los inmuebles.

b) Sistemas de c.a. de 50 V a 1 000 V. Los sistemas de corriente alterna de 50 V a 1 000 V que suministren energía a instalaciones y a sistemas de alambrado de usuarios, deben estar puestos a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

1) Cuando el sistema puede ser puesto a tierra de modo que la tensión eléctrica máxima a tierra de los conductores no puestos a tierra no exceda 150 V.

2) Cuando en un sistema de tres fases y cuatro conductores conectado en estrella el neutro se utilice como conductor del circuito.

3) Cuando en un sistema de tres fases y cuatro conductores conectado en delta el punto medio del devanado de una fase se utilice como conductor del circuito.

4) Cuando un conductor de acometida puesto a tierra no esté aislado, según las excepciones de 230-22, 230-30 y 230-41.

Excepción 1: Los sistemas eléctricos usados exclusivamente para suministrar energía a hornos eléctricos industriales para fundición, refinado, templado y usos similares.

Excepción 2: Los sistemas derivados separadamente utilizados exclusivamente para rectificadores que alimenten sólo a motores industriales de velocidad variable.

Excepción 3: Los sistemas derivados separadamente alimentados por transformadores cuya tensión eléctrica nominal del primario sea inferior a 1 000 V, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

a. Que el sistema se use exclusivamente para circuitos de control.

b. Que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personas calificadas atienden la instalación.

c. Que haya continuidad de la energía en el control.

d. Que tengan instalados detectores de falla a tierra en el sistema de control.

Excepción 4: Los sistemas aislados, tal como lo permiten los Artículos 517 y 668.

NOTA: El uso de detectores de falla a tierra adecuados en sistemas no puestos a tierra, puede ofrecer mayor protección.

Excepción 5: Los sistemas con neutro puesto a tierra a través de una alta impedancia en la que la impedancia puesta a tierra, generalmente una resistencia, limite al mínimo el valor de la corriente eléctrica de falla a tierra. Se permiten sistemas con neutro puesto a tierra a través de una alta impedancia en instalaciones trifásicas de corriente alterna de 480 V a 1 000 V, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

a. Que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personas calificadas atienden la instalación.

b. Que se requiera continuidad en la energía.

c. Que se instalen detectores de falla a tierra en el sistema.

d. Que el sistema no alimente cargas de línea a neutro.

c) Sistemas de corriente alterna de 1 kV y más. Los sistemas de c.a. que suministren energía a equipos móviles o portátiles, deben ser puestos a tierra como se especifica en 250-154. Si suministra energía a otros equipos que no sean portátiles, se permite que tales sistemas sean puestos a tierra. Cuando esos sistemas estén puestos a tierra, deben cumplir las disposiciones de este Artículo que les sean aplicables.

d) Sistemas derivados separadamente. Un sistema de alambrado de usuario cuya alimentación se deriva de los devanados de un generador, transformador o convertidor y no tenga conexión eléctrica directa, incluyendo un conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, para alimentar conductores que se originan en otro sistema, sí debe ser puesto a tierra según lo anteriormente indicado en (a) o (b). Debe ser puesto a tierra como se indica en 250-26.

NOTA 1: Una fuente alterna de energía de corriente alterna, por ejemplo un generador, no es un sistema derivado separadamente si el neutro está sólidamente interconectado al neutro de la instalación que parte de una acometida.

NOTA 2: Para los sistemas que no son derivados separadamente y que no se exige que estén puestos a tierra como se especifica en 250-26, véase en 445-5 el tamaño nominal mínimo de los conductores que deben transportar la corriente eléctrica de falla.

250-6. Generadores portátiles y montados en vehículos

a) Generadores portátiles. No se exige que el armazón de un generador portátil sea puesto a tierra, y sí se permite que sirva como electrodo de puesta a tierra de una instalación alimentada por el generador, con las siguientes condiciones:

1) Que el generador alimente sólo al equipo montado en el propio generador o al equipo conectado a través de cordón y clavija en receptáculos montados en el generador, o ambas cosas.

2) Que las partes metálicas no conductoras del equipo y el conductor de puesta a tierra del equipo de las terminales de los receptáculos se unan a la armazón del generador.

b) Generadores montados en vehículos. Se permite que el chasis del vehículo sirva como electrodo de puesta a tierra del sistema alimentado por el generador montado en el vehículo, con las siguientes condiciones:

1) Que el armazón del generador esté conectado al chasis del vehículo, y

2) Que el generador alimente sólo a equipo montado sobre el vehículo o a equipo conectado a través de cordón y clavija en receptáculos montados en el vehículo o en el generador o a un equipo montado en el vehículo y otro conectado con cordón y clavija en receptáculos montados en el vehículo o en el generador.

3) Que las partes metálicas no conductoras del equipo y el conductor de puesta a tierra del equipo de las terminales de los receptáculos se unan a la armazón del generador.

4) Que el sistema cumpla todas las demás disposiciones de este Artículo.

c) Unión del conductor neutro. Un conductor neutro debe unirse al armazón del generador cuando el generador sea un componente de un sistema derivado separadamente. No se exige la unión al armazón del generador de ningún otro conductor, excepto el neutro.

NOTA: Para la puesta a tierra de generadores portátiles que alimenten a instalaciones fijas, véase 250-5(d).

250-7. Circuitos que no deben ser puestos a tierra. No deben ser puestos a tierra los siguientes circuitos:

a) Grúas. Los circuitos de grúas eléctricas que funcionen sobre fibras combustibles en locales Clase III, como establece 503-13.

b) Instituciones de salud (clínicas y hospitales). Los circuitos que establece el Artículo 517.

c) Celdas electrolíticas. Los circuitos que establece el Artículo 668.

C. Ubicación de las conexiones de puesta a tierra de los sistemas

250-21. Corrientes eléctricas indeseables en los conductores de puesta a tierra

a) Arreglo del sistema para evitar corrientes eléctricas indeseables. La puesta a tierra de sistemas eléctricos, circuitos, apartarrayos y elementos metálicos de equipo y materiales que normalmente no conducen corriente, debe realizarse de tal manera que se eviten trayectorias que favorezcan la circulación de corrientes indeseables por los conductores de puesta a tierra.

b) Modificaciones para evitar corrientes eléctricas indeseables. Si la instalación de varias conexiones de puesta a tierra producen un flujo de corrientes eléctricas indeseables, se permite hacer una o más de las siguientes modificaciones, siempre que se cumplan los requisitos de 250-51:

1) Desconectar una o más de dichas conexiones de puesta a tierra, pero no todas.

2) Cambiar la posición de las conexiones a tierra.

3) Interrumpir la continuidad del conductor o de la trayectoria conductora interconectando las conexiones de puesta a tierra.

4) Tomar otras medidas adecuadas.

c) **Corriente eléctrica temporal que no se considera indeseable.** A efectos de lo especificado en los anteriores incisos, no se consideran corrientes eléctricas indeseables a las temporales que se produzcan accidentalmente, como las debidas a fallas a tierra, y que se presentan sólo mientras los conductores de puesta a tierra cumplen sus funciones de protección previstas.

d) **Limitaciones a las alteraciones permitidas.** Las disposiciones de esta Sección no se deben tomar como permiso de utilización de equipo electrónico en instalaciones o circuitos derivados de c.a. que no estén puestos a tierra como lo exige este Artículo. Las corrientes eléctricas que originan ruidos o errores en los datos de equipos electrónicos no se consideran como las corrientes eléctricas indeseables de las que trata esta Sección.

250-22. Punto de conexión de sistemas de c.c. Los sistemas de c.c. puestos a tierra deben tener sus conexiones de puesta a tierra en una o más de sus fuentes de alimentación. La conexión de puesta a tierra no debe hacerse en acometidas individuales ni en ningún otro punto del sistema de alambrado del usuario.

Excepción: Cuando la fuente de alimentación del sistema de c.c. esté situada en el sistema de alambrado del usuario, se debe hacer una conexión de puesta a tierra (1) en la fuente de alimentación o en el primer medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente del sistema o (2) mediante cualquier otro medio que ofrezca una protección equivalente al sistema y que utilice equipos aprobados e identificados para ese uso.

250-23. Puesta a tierra de sistemas de corriente alterna alimentados desde una acometida

a) **Conexiones de puesta a tierra del sistema.** Un sistema de alambrado de los usuarios que se alimenta por medio de un sistema de acometida de corriente alterna puesto a tierra debe tener en cada acometida un conductor de electrodo de puesta a tierra el cual debe estar conectado al(los) electrodo(s) de puesta a tierra que cumpla(n) con lo establecido en la Parte H del Artículo 250. El conductor de electrodo de puesta a tierra debe estar conectado al conductor puesto a tierra de la acometida en cualquier punto accesible del lado de la carga de la acometida aérea o subterránea hasta, e incluyendo, la terminal o barra a la que esté conectado el conductor puesto a tierra de la acometida en el medio de desconexión de la acometida. Cuando el transformador de alimentación de la acometida esté situado fuera del edificio, se debe hacer como mínimo otra conexión de puesta a tierra desde el conductor puesto a tierra de la acometida hasta el electrodo de puesta a tierra, ya sea en el transformador o en cualquier otro punto fuera del edificio. No se debe hacer ninguna conexión de puesta a tierra a ningún conductor puesto a tierra de circuitos en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida.

NOTA: Véase 230-21.

Excepción 1: Un conductor para electrodo de puesta a tierra se debe conectar al conductor puesto a tierra de un sistema derivado separadamente según, lo establecido en 250-26(b).

Excepción 2: Se debe hacer una conexión a un conductor de puesta a tierra en cada edificio independiente cuando lo requiera la Sección 250-24.

Excepción 3: En las estufas, estufas montadas en barras, hornos montados en la pared, secadoras de ropa y equipo de medición, según lo permite 250-61.

Excepción 4: En las acometidas con doble conexión a la red (doble terminación) en un envolvente común o agrupadas en envolventes distintos con una conexión al secundario, se permite una sola conexión al electrodo de puesta a tierra del punto de conexión de los conductores puestos a tierra de cada fuente de alimentación.

Excepción 5: Cuando el puente de unión principal descrito en 250-53(b) y 250-79 sea un cable o una barra instalado (a) desde la barra o conexión del neutro a la barra terminal de puesta a tierra del equipo de la acometida, se permite que el conductor del electrodo de puesta a tierra se conecte a la barra terminal de puesta a tierra del equipo al que vaya conectado el puente de unión principal.

Excepción 6: Lo que se establece en 250-27 para conexiones de puesta a tierra de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una alta impedancia.

b) **Conductor puesto a tierra llevado al equipo de la acometida.** Cuando un sistema de c.a. de menos de 1 000 V esté puesto a tierra en cualquier punto, el conductor puesto a tierra se debe llevar hasta cada medio de desconexión de acometida y debe unirse al envolvente de cada uno de ellos. Este conductor se

debe llevar junto con los conductores de fase y no debe ser inferior al conductor del electrodo de puesta a tierra requerido en la Tabla 250-94 y, además, para los conductores de fase de acometidas de más de 1 100 kcmil (cobre) o 1 750 kcmil (aluminio), el tamaño nominal del conductor puesto a tierra no debe ser inferior a 12,5% del tamaño nominal mayor de los conductores de fase de las acometidas. Cuando los conductores de fase de entrada a la acometida vayan en paralelo, el tamaño nominal del conductor puesto a tierra se debe calcular sobre la base de una sección transversal equivalente para conductores en paralelo, como se indica en esta Sección.

NOTA: Para la puesta a tierra de conductores conectados en paralelo, véase 310-4.

Excepción 1: No se exige que el conductor puesto a tierra sea de tamaño mayor que el del mayor conductor de fase de entrada a la acometida que no vaya puesto a tierra.

Excepción 2: Lo que establece la Sección 250-27 para conexiones de puesta a tierra de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una alta impedancia.

Excepción 3: Cuando haya más de un medio de desconexión de la acometida en un conjunto aprobado como equipo de acometida, debe llevarse un conductor puesto a tierra hasta ese conjunto y unirse al envolvente del equipo.

250-24. Suministro de energía desde la misma acometida a dos o más edificios o estructuras

a) Sistemas puestos a tierra. Cuando se suministre energía desde la misma acometida de corriente alterna a dos o más edificios o estructuras, el sistema puesto a tierra en cada edificio o estructura debe tener un electrodo de puesta a tierra como se describe en la Parte H, conectado al envolvente metálico del medio de desconexión del edificio, y al conductor puesto a tierra de la instalación de c.a., en el lado de alimentación del medio de desconexión del edificio. Cuando el conductor de puesta a tierra del equipo, descrito en 250-91(b), no vaya junto con los conductores del circuito de suministro, el tamaño nominal del conductor puesto a tierra de la instalación de c.a. en el lado de alimentación del medio de desconexión, no debe ser inferior al tamaño nominal especificado en la Tabla 250-95 para los conductores de puesta a tierra de equipo.

Excepción 1: No es necesario un electrodo de puesta a tierra en edificios o estructuras independientes cuando sólo tengan un circuito derivado y en el edificio o estructura no haya equipo que requiera la puesta a tierra.

Excepción 2: No es necesario conectar el conductor puesto a tierra del circuito al electrodo de puesta a tierra en un edificio o estructura independiente, si se instala un conductor de puesta a tierra de equipo junto con los conductores del circuito para la puesta a tierra de cualquier equipo metálico que no conduce corriente eléctrica, sistemas interiores de tubería metálica y estructuras metálicas del edificio y el conductor de puesta a tierra del equipo va conectado al electrodo de puesta a tierra del medio de desconexión de otro edificio o estructura, como se describe en la Parte H. Si no hay electrodos de puesta a tierra y el edificio o estructura recibe el suministro de más de un circuito derivado, se debe instalar un electrodo de puesta a tierra que cumpla los requisitos de la Parte H. En establos, la parte del conductor de puesta a tierra del equipo que va subterránea hasta el medio de desconexión debe ser de cobre aislado o forrado.

NOTA: En cuanto a los requisitos especiales para la puesta a tierra de edificios agrícolas, véase la Excepción de 547-8(a).

b) Sistemas no puestos a tierra. Cuando dos o más inmuebles o estructuras estén alimentados por una acometida común de un sistema no puesto a tierra desde un solo equipo de acometida, cada inmueble o estructura debe tener un electrodo de puesta a tierra, como se especifica en la Parte H, conectado a la envolvente metálica de los medios de desconexión del inmueble o estructura.

Excepción 1: No es necesario un electrodo de puesta a tierra en edificios o estructuras independientes cuando sólo se alimenta un circuito derivado y en el edificio o estructura no haya equipo que requiera la puesta a tierra.

Excepción 2: No se requiere un electrodo de puesta tierra ni conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra a la envolvente metálica del medio de desconexión del edificio o estructura, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

a. Se instale un conductor de puesta a tierra de equipo con los conductores del circuito hasta el medio de desconexión del edificio o estructura para la puesta a tierra cualquier equipo metálico que no conduce corriente, sistemas de tuberías metálicas interiores y estructuras metálicas del edificio.

b. No existan electrodos de puesta a tierra como se describen en la Parte H.

c. El edificio o estructura se alimente solamente por un circuito derivado.

d. En establos, la parte del conductor de puesta a tierra del equipo que vaya subterránea hasta el medio de desconexión, debe ser de cobre aislado o forrado.

NOTA: Véase la Excepción de 547-8(a), para los requisitos especiales de puesta a tierra en edificios agrícolas.

c) Medios de desconexión situados en edificios o estructuras separadas pero en la misma instalación del usuario. Cuando haya uno o más medios de desconexión que suministren energía a uno o más edificios o estructuras bajo la misma administración y esos medios de desconexión estén situados fuera de esos edificios o estructuras según lo establecido en 225-8(b), Excepciones 1 y 2, deben cumplirse las siguientes condiciones:

1) No debe realizarse la conexión del conductor puesto a tierra del circuito al electrodo de puesta a tierra en un edificio o estructura independiente.

2) Debe tenderse, junto con los conductores del circuito hasta un edificio o estructura independiente, un conductor de puesta a tierra para equipo metálico no energizado normalmente, para sistemas tubería metálica interiores y para estructuras metálicas de edificios, y conectarse a los electrodos de puesta a tierra existente descritos en la Parte H o, si no existieran esos electrodos, se debe instalar un electrodo de puesta a tierra que cumpla los requisitos de la Parte H, cuando se suministre energía desde un edificio o estructura independiente a más de un circuito derivado.

3) La unión del conductor de puesta a tierra del equipo al conductor del electrodo de puesta a tierra a un edificio o estructura independiente, se debe hacer en una caja de conexión, panel de alumbrado y control o envolvente similar situado inmediatamente dentro o fuera del otro edificio o estructura.

Excepción 1: No es necesario un electrodo de puesta a tierra en edificios o estructuras independientes cuando sólo se alimente un circuito derivado y en el edificio o estructura no haya equipo que requiera la puesta a tierra.

Excepción 2: En establos, la parte del conductor de puesta a tierra del equipo que vaya subterránea hasta el medio de desconexión, debe ser de cobre aislado o forrado.

d) Conductor de puesta a tierra. El tamaño nominal del conductor de puesta a tierra hasta el electrodo o electrodos de puesta a tierra, no debe ser inferior a lo indicado en la Tabla 250-95 y su instalación debe cumplir con lo establecido en 250-92(a) y (b).

Excepción 1: No se exige que el conductor de puesta a tierra tenga un tamaño nominal mayor que el mayor de los conductores no puestos a tierra del suministro.

Excepción 2: Cuando se conecte a electrodos de puesta a tierra fabricados, como se indica en 250-83(c) o (d), no se exige que la parte del conductor de puesta a tierra que constituya la única conexión entre el electrodo o electrodos de puesta a tierra y el conductor de puesta a tierra o puesto a tierra o la envolvente metálica del medio de desconexión del edificio, sea de mayor tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) en cobre o que 21,2 mm² (4 AWG) en aluminio.

250-25. Conductor que se debe poner a tierra en sistemas de c.a. Para sistemas de c.a. en sistemas de alambrado de usuarios, el conductor que debe ser puesto a tierra es el que se especifica a continuación:

1) Sistemas monofásicos de dos conductores: un conductor.

2) Sistemas monofásicos de tres conductores: el conductor neutro.

3) Sistemas de varias fases con un conductor común a todas las fases: el conductor común.

4) Sistemas de varias fases en las que se requiera que una fase sea puesta a tierra: el conductor de una fase.

5) Sistemas de varias fases en las que una fase se utilice como la (2) anterior: el conductor neutro.

Los conductores puestos a tierra deben identificarse como se especifica en el Artículo 200.

250-26. Puesta a tierra de los sistemas de c.a. derivados separadamente. Un sistema de c.a. derivado separadamente que requiera ser puesto a tierra, debe hacerse según se especifica a continuación:

a) Puente de unión. Se debe instalar un puente de unión, de tamaño nominal que cumpla lo establecido en 250-79 (d) para los conductores de fase derivados para conectar los conductores de puesta a tierra del equipo del sistema derivado al conductor puesto a tierra. Excepto como se permite en las Excepciones 4 o 5 de 250-23(a), esta conexión se debe hacer en cualquier punto del sistema derivado separadamente, desde su fuente hasta el primer medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente del sistema o en la fuente del sistema derivado separadamente que no tenga medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente.

Excepción 1: El tamaño nominal del puente de unión de un sistema que suministre energía a un circuito de Clase 1, Clase 2 o Clase 3 y que se derive de un transformador de no más de 1 000 VA nominal, no debe ser inferior al de los conductores de fase derivados y en ningún caso inferior a 2,08 mm² (14 AWG).

Excepción 2: Lo establecido en 250-27, 250-153 y 250-5(b), Excepción 5 para los requisitos de puesta a tierra de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una alta impedancia.

b) Conductor del electrodo de puesta a tierra. Se debe utilizar un conductor del electrodo de puesta a tierra de tamaño nominal acorde con lo establecido en 250-94 para los conductores de fase derivados para conectar el conductor puesto a tierra del sistema derivado con el electrodo de puesta a tierra, como se especifica a continuación en (c). Excepto lo que se permita en 250-23(a), Excepción 4, esta conexión se debe hacer en cualquier punto del sistema derivado separadamente, desde su fuente hasta el primer medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente del sistema o en la fuente del sistema derivado separadamente que no tenga medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente.

Excepción 1: No es necesario un conductor hasta el electrodo de puesta a tierra en un sistema que suministre energía a circuitos de la Clase 1, Clase 2 o Clase 3 y se derive de un transformador de no más de 1 000 VA nominales, siempre que el conductor puesto a tierra del sistema se conecte a la estructura o al envolvente del transformador por medio de un puente de unión de tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en 250-26, Excepción 1 para el anterior caso (a), y la estructura o el envolvente del transformador estén puestos a tierra por cualquiera de los medios especificados en 250-57.

Excepción 2: Lo establecido en 250-27, 250-153 y 250-5(b), Excepción 5, para los requisitos de puesta a tierra de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una alta impedancia.

c) Electrodo de puesta a tierra. El electrodo de puesta a tierra debe ser lo más accesible posible y estar preferiblemente en la misma zona que la conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra al sistema. El electrodo de puesta a tierra debe ser: (1) el elemento metálico de la estructura o edificio más cercano puesto a tierra eficazmente o (2) la tubería metálica de agua puesta a tierra eficazmente que esté más cerca o (3) cuando no se disponga de los electrodos especificados en los anteriores incisos (1) y (2) deben usarse los electrodos especificados en 250-81 y 250-83.

NOTA: Para los requisitos de unión de los sistemas derivados separadamente, véase 250-80(a).

d) Métodos de puesta a tierra. En todos los demás aspectos, los métodos de puesta a tierra deben cumplir los requisitos establecidos en otras partes de esta norma.

250-27. Conexiones de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una alta impedancia. Los sistemas con neutro puesto a tierra a través de una alta impedancia, tal como se permite en la Excepción 5 de 250-5(b), deben cumplir las siguientes condiciones:

a) Ubicación de la impedancia de puesta a tierra. La impedancia de puesta a tierra debe instalarse entre el conductor del electrodo (o sistema de electrodos) de puesta a tierra y el neutro del sistema. Cuando no haya neutro disponible, la impedancia de puesta a tierra se debe instalar entre el conductor del electrodo (o sistema de electrodos) de puesta a tierra y el neutro derivado de un transformador de puesta a tierra.

b) Conductor neutro. El conductor procedente del punto neutro de un transformador o de un generador hasta su punto de conexión con la impedancia de puesta a tierra, debe estar completamente aislado.

El conductor neutro debe tener una capacidad de conducción de corriente no inferior a la corriente eléctrica máxima nominal de la impedancia de puesta a tierra. En ningún caso el conductor neutro debe ser inferior a 8,37 mm² (8 AWG) en cobre o a 13,3 mm² (6 AWG) en aluminio.

c) Conexión del neutro del sistema. El conductor neutro del sistema no debe ser puesto a tierra excepto a través de la impedancia de puesta a tierra.

NOTA: La impedancia se elige normalmente para que limite la intensidad de una corriente eléctrica de falla a tierra, a un valor igual o ligeramente superior a la carga capacitiva del sistema. Ese valor de impedancia

debe limitar también las sobretensiones transitorias a valores seguros. Puede consultarse el Apéndice B2 para la orientación sobre los criterios para limitar las sobretensiones transitorias.

d) Trayectoria del conductor neutro. Se permite instalar el conductor que conecta el punto neutro de un transformador o de un generador a una impedancia de puesta a tierra en una canalización independiente. No es necesario que este conductor se instale junto a los conductores de fase hasta el primer medio de desconexión o dispositivo contra sobrecorriente del sistema.

e) Puente de unión del equipo. El puente de unión del equipo (la conexión entre los conductores de puesta a tierra del equipo y la impedancia de puesta a tierra) debe ser un conductor sin empalmes que corra desde el primer medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente del sistema hasta el lado puesto a tierra de la impedancia de puesta a tierra.

f) Ubicación del conductor al electrodo de puesta a tierra. El conductor del electrodo de puesta a tierra se debe conectar en cualquier punto a partir del lado puesto a tierra de la impedancia de tierra a la conexión de puesta a tierra del equipo en la acometida o en el primer medio de desconexión del sistema.

D. Puesta a tierra de envolventes y canalizaciones

250-32. Envolventes y canalizaciones de la acometida. Deben ser puestos a tierra los envolventes y canalizaciones metálicos de los conductores y el equipo de la acometida.

Excepción: Un codo metálico instalado en una instalación subterránea de tubo (conduit) rígido no metálico que esté aislado de posibles contactos con cualquier parte del codo por una cubierta de 457 mm, mínimo.

250-33. Envolventes y canalizaciones para otros conductores. Deben ser puestos a tierra los envolventes y canalizaciones metálicos para los conductores que no son de la acometida.

Excepción 1: No se requiere que sean puestos a tierra las canalizaciones y las cubiertas metálicas de conductores que se añaden a instalaciones existentes de línea abierta, y los cables de cubierta no metálica que no constituyen la puesta a tierra del equipo, si no tienen más de 8 m, si están libres de posibles contactos con tierra, metales puestos a tierra, rejillas metálicas u otro material conductor y protegidos contra el contacto de las personas.

Excepción 2: No se requiere que sean puestos a tierra las partes cortas de canalizaciones o cubiertas metálicas utilizadas como soporte o protección de cables contra daños físicos.

Excepción 3: No se requiere que sean puestos a tierra los envolventes cuando no se exija en 250-43(i).

Excepción 4: Un codo metálico instalado en una instalación subterránea de tubo (conduit) rígido no metálico que esté aislado de posibles contactos con cualquier parte del codo por una separación mínima de 45 cm.

E. Puesta a tierra de los equipos

250-42. Equipo fijo o conectados de forma permanente. Las partes metálicas expuestas y no conductoras de corriente eléctrica del equipo fijo que no estén destinadas a transportar corriente y que tengan probabilidad de energizarse, deben ser puestos a tierra si se presenta cualquiera de las circunstancias mencionadas en los siguientes incisos:

a) Distancias horizontales y verticales. Si están a menos de 2,5 m en vertical o de 1,50 m en horizontal de tierra u objetos metálicos puestos a tierra y que puedan entrar en contacto con personas.

b) Lugares mojados o húmedos. Cuando estén instaladas en lugares mojados o húmedos y no estén aisladas.

c) Contacto eléctrico. Cuando estén en contacto eléctrico con metales.

d) Áreas peligrosas (clasificadas). Cuando estén en un área peligrosa (clasificada) de los cubiertos en los Artículos 500 a 517.

e) Método de alambrado. Cuando estén alimentados por medio de cables con forro metálico, recubiertos de metal, en canalizaciones metálicas u otro método de instalación que pueda servir de puesta a tierra del equipo, excepto lo que se permita en 250-33 para tramos cortos de envolventes metálicos.

f) De más de 150 V a tierra. Cuando el equipo funcione con cualquier terminal a más de 150 V a tierra.

Excepción 1: Las cubiertas de desconectadores o interruptores automáticos de circuitos que se utilicen para medios que no sean de equipo de acometida y sólo sean accesibles a personal calificado.

Excepción 2: Carcasas metálicas de artefactos eléctricos de calefacción exentas por permiso especial, en cuyo caso las carcasas deben estar permanente y eficazmente aisladas de tierra.

Excepción 3: Equipo de distribución, como por ejemplo tanques de transformadores y de capacitores, montados en postes de madera y a una altura superior a 2,5 m sobre el nivel del suelo.

Excepción 4: No se requiere la puesta a tierra de equipo aprobado como protegido por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente marcado.

250-43. Equipo fijo o conectado de forma permanente-específico. Deben ser puestos a tierra, independientemente de su tensión eléctrica nominal, las partes metálicas expuestas y no conductoras de corriente eléctrica del equipo descrito a continuación ((a) a (j)), y las partes metálicas no destinadas a conducir corriente eléctrica del equipo y de envolventes descritas en (k) y (l):

a) Armazones y estructuras de tableros de distribución. Los armazones y estructuras de tableros de distribución en los que esté instalado equipo de interrupción.

Excepción: Los armazones de tableros de distribución de c.c. a dos conductores que estén eficazmente aislados de tierra.

b) Organos de tubos. Las estructuras y carcasas de motores y generadores de órganos de tubos que funcionen con motor eléctrico.

Excepción: Cuando el generador esté eficazmente aislado de tierra y de su motor.

c) Armazones de motores. Los armazones de motores, como se establece en 430-142.

d) Cubiertas de los controladores de motores. Las cubiertas de los controladores de motores.

Excepción 1: Envolventes conectados a equipo portátil no puesto a tierra.

Excepción 2: Las tapas continuas de interruptores de acción rápida.

e) Grúas y elevadores. Equipo eléctrico de grúas y elevadores.

f) Estacionamientos públicos, teatros y estudios cinematográficos. El equipo eléctrico de los estacionamientos públicos, teatros y estudios cinematográficos.

g) Anuncios luminosos. Los anuncios luminosos, alumbrado de realce y equipo asociado, como establece el Artículo 600.

h) Equipo de proyección de películas. El equipo de proyección de películas.

i) Circuitos de control remoto, señalización y alarma contra incendios de energía limitada. El equipo alimentado por circuitos de energía limitada de Clase 1 y los de control remoto y señalización de Clase 1, Clase 2 y Clase 3 y los circuitos de alarma contra incendios, deben ser puestos a tierra cuando la puesta a tierra del sistema se exija en la Parte B de este Artículo.

j) Luminarios. Las luminarios, tal como se establece en la Parte E del Artículo 410.

k) Bombas de agua operadas por motor. Las bombas de agua operadas por motor, incluso las de tipo sumergible.

l) Ademes metálicos de pozos. Cuando se use una bomba sumergible con ademe metálico dentro de un pozo, el ademe se debe unir al conductor de puesta a tierra del circuito de la bomba.

250-44. Equipo no eléctrico. Deben ser puestos a tierra las partes metálicas del equipo no eléctrico descrito en los siguientes incisos:

a) Grúas y elevadores. Las estructuras y rieles metálicos de las grúas y de elevadores.

b) Cabinas de elevadores. Estructuras de cabinas de elevadores no eléctricos que contengan conductores eléctricos.

c) Elevadores eléctricos. Los cables metálicos manuales de elevación de elevadores eléctricos.

d) Separaciones metálicas. Las separaciones metálicas, rejillas y otros elementos metálicos similares alrededor de equipo de 1 kV y más entre conductores, excepto en subestaciones o bóvedas que sean únicamente accesibles a la compañía suministradora.

e) Casas móviles y vehículos recreativos. Las casas móviles y los vehículos recreativos, como se establece en los Artículos 550 y 551.

NOTA: Cuando haya partes metálicas en edificios que puedan quedar electrificadas y entrar en contacto con las personas, una adecuada unión y puesta a tierra ofrecen protección adicional.

250-45. Equipo conectado con cordón y clavija. En cualquiera de las condiciones descritas abajo, deben ser puestos a tierra las partes metálicas no conductoras de corriente eléctrica y expuestas de equipo conectado por cordón y clavija, las cuales pudieran energizarse:

a) En áreas peligrosas (clasificadas). En las áreas peligrosas (clasificadas) (véase los Artículos 500 a 517).

b) De más de 150 V a tierra. Cuando funcionen a más de 150 V a tierra.

Excepción 1: Los motores, cuando estén protegidos.

Excepción 2: Las carcasas metálicas de artefactos eléctricos de calefacción, exentas por permiso especial, en cuyo caso las carcasas deben estar permanente y eficazmente aisladas de tierra.

Excepción 3: No requiere ser puesto a tierra equipo aprobado como protegido por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente marcado.

c) En construcciones residenciales. En las construcciones residenciales:

(1) los refrigeradores, congeladores y artefactos eléctricos de aire acondicionado;

(2) las lavadoras, secadoras, lavavajillas, eliminadores de residuos de cocina, bombas de sumideros y equipo eléctrico de acuarios;

(3) las herramientas manuales a motor, las herramientas fijas a motor, las herramientas ligeras industriales a motor;

(4) los artefactos eléctricos a motor de los siguientes tipos: limpiadoras de pisos que se basen en agua, podadoras de césped, esparcidores de nieve y lavadores móviles;

(5) los luminarios portátiles.

Excepción: Las herramientas y artefactos eléctricos aprobados como protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente marcado.

d) En construcciones no residenciales. En las construcciones no residenciales:

(1) los refrigeradores, congeladores y aparatos eléctricos de aire acondicionado;

(2) las lavadoras, secadoras, lavavajillas, computadoras electrónicas y equipo de proceso de datos, bombas de sumideros y equipo eléctrico de acuarios;

(3) las herramientas manuales a motor, las herramientas fijas a motor, las herramientas ligeras industriales a motor;

(4) los aparatos eléctricos a motor de los siguientes tipos: podadoras, esparcidores de nieve y lavadores móviles;

(5) los aparatos eléctricos conectados con cordón y clavija utilizados en locales húmedos o mojados por personas que permanecen de pie sobre el suelo o sobre suelos metálicos o que trabajan dentro de depósitos o calderas metálicas;

(6) las herramientas que se puedan utilizar en lugares mojados o conductores, y

(7) los luminarios portátiles.

Excepción 1: No es necesario que las herramientas y portalámparas portátiles que se puedan utilizar en lugares mojados o conductivos sean puestos a tierra cuando reciben energía a través de un transformador de aislamiento con el secundario no puesto a tierra y de no más de 50 V.

Excepción 2: Las herramientas manuales, herramientas a motor, herramientas fijas aprobadas a motor, herramientas industriales ligeras y aparatos eléctricos aprobados y listados como protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente marcado.

250-46. Separación de los conductores de bajada de los pararrayos. Las canalizaciones, envolventes, estructuras y partes metálicas de equipo eléctrico que no transporten normalmente corriente eléctrica, se deben mantener alejadas 1,8 m como mínimo de los conductores de bajada de los electrodos de puesta a tierra de los pararrayos o deben unirse cuando la distancia a los conductores de bajada sea inferior a 1,8 m.

NOTA: Para el sistema de los electrodos de puesta a tierra de pararrayos, véase 250-86. Véanse también separadamente de los conductores de bajada de los pararrayos, en 800-13 y 820-10(f)(3).

F. Método de puesta a tierra

250-50. Conexiones de los conductores de puesta a tierra de equipo. Las conexiones de los conductores de puesta a tierra del equipo en la fuente de suministro de los sistemas derivados separadamente, se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 250-26(a). Las conexiones de los conductores de puesta a tierra del equipo de la acometida, se deben hacer según los siguientes incisos:

a) En sistemas puestos a tierra. La conexión se debe hacer por la unión del conductor de puesta a tierra de equipo, al conductor puesto a tierra de la acometida y al conductor del electrodo de puesta a tierra.

b) En sistemas no puestos a tierra. La conexión se debe hacer por la unión del conductor de puesta a tierra de equipo, al conductor del electrodo de puesta a tierra.

Excepción a (a) y (b): Para reemplazar los receptáculos sin terminal de puesta a tierra por receptáculos con terminal de puesta a tierra y para ampliaciones de circuitos derivados sólo de instalaciones ya existentes que no tengan conductor de puesta a tierra de equipo en el circuito derivado, se permite que el conductor de puesta a tierra de los receptáculos con terminal de puesta a tierra se conecte a un punto accesible de la instalación del electrodo de puesta a tierra, como se indica en 250-81 o a cualquier punto accesible del conductor del electrodo de puesta a tierra.

NOTA: Para el uso de receptáculos con interruptor de circuitos con protección por falla a tierra, véase 210-7(d).

250-51. Trayectoria efectiva de puesta a tierra. La trayectoria a tierra desde los circuitos, equipo y cubiertas metálicas de conductores debe ser:

(1) permanente y eléctricamente continua;

(2) de capacidad suficiente para conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica de falla que pueda producirse, y

(3) de una impedancia suficientemente baja como para limitar la tensión eléctrica a tierra y facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección del circuito.

El terreno natural no se debe utilizar como el único conductor de puesta a tierra de equipo.

250-53. Trayectoria de puesta a tierra hasta el electrodo de puesta a tierra en la acometida

a) Conductor al electrodo de puesta a tierra. Debe usarse un conductor del electrodo de puesta a tierra para establecer la conexión entre el electrodo de puesta a tierra y los conductores de puesta a tierra de equipo, así como con los envolventes de equipo de acometida y, si el sistema está puesto a tierra, también con el conductor puesto a tierra de la acometida.

Excepción: Lo que establece 250-27 para conexiones de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una alta impedancia.

NOTA: Para la puesta a tierra de los sistemas de corriente eléctrica alterna, véase 250-23(a).

b) Puente de unión principal. Para sistemas puestos a tierra debe usarse un puente de unión principal, sin empalmes, para conectar el (los) conductor(es) de puesta a tierra de equipo y el envolvente del medio de desconexión de la acometida al conductor puesto a tierra del sistema en cada punto de desconexión de la acometida.

Excepción 1: Cuando haya más de un medio de desconexión de la acometida en un conjunto aprobado y listado para usarse como equipo de acometida, es necesario tender un conductor puesto a tierra hasta el equipo y unirlo al envolvente.

Excepción 2: Lo que se establece en 250-27 y 250-153 para sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia.

250-54. Electrodo común de puesta a tierra. Cuando se conecta un sistema de c.a. a un electrodo de puesta a tierra en, o a un edificio, tal como lo especifican 250-23 y 250-24, ese mismo electrodo de puesta a tierra se debe usar para la puesta a tierra de los envolventes y el equipo en o a ese edificio. Cuando al mismo edificio lleguen dos acometidas independientes y haya que conectarlas a un electrodo de puesta a tierra, se debe usar el mismo electrodo de puesta a tierra.

Dos o más electrodos de puesta a tierra eléctricamente unidos entre sí se deben considerar a este respecto, un solo electrodo de puesta a tierra.

250-55. Cable subterráneo de acometida. Cuando la acometida a un inmueble se realiza desde un sistema subterráneo basado en cables con cubierta metálica continua, la cubierta o armadura del cable de acometida, debe ponerse a tierra en el cable de neutro corrido (suministrador) y estar aislada de las canalizaciones metálicas interiores, tubería (conduit) o tubería metálica de agua.

250-56. Tramos cortos de una canalización. Cuando se requiera la puesta a tierra de tramos aislados de una canalización metálica o del blindaje de un cable, se debe hacer según 250-57.

250-57. Puesta a tierra de equipo fijo o conectado por un método de alambrado permanente (fijo). Cuando se requiera la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de equipo, canalizaciones u otros envolventes, se debe hacer por uno de los siguientes métodos:

Excepción: Cuando el equipo, las canalizaciones y envolventes estén puestos a tierra por la conexión al conductor puesto a tierra del circuito, tal como lo permiten 250-24, 250-60 y 250-61.

a) Tipos de conductores de puesta a tierra de equipo. Todos los permitidos por 250-91(b).

b) Con los conductores del circuito. Mediante el conductor de puesta a tierra de equipo instalado dentro de la misma canalización, cable o cordón o tendido de cualquier otro modo con los conductores del circuito. Se permiten conductores de puesta a tierra de equipo desnudos, cubiertos o aislados. Los conductores de puesta a tierra cubiertos o aislados individualmente deben tener un acabado exterior continuo, verde liso o verde con una o más franjas amarillas.

Excepción 1: Se permite que, durante la instalación, un conductor aislado o cubierto de tamaño nominal superior a 13,3 mm² (6 AWG), de cobre o de aluminio, se identifique permanentemente como conductor de puesta a tierra en sus dos extremos y en todos los puntos en los que el conductor esté accesible. Esta identificación se debe hacer por uno de los siguientes medios:

a. Quitando el aislamiento o el recubrimiento en toda la parte expuesta.

b. Pintando de verde el aislamiento o el recubrimiento expuesto, o

c. Marcando el aislamiento o el recubrimiento expuesto con una cinta o etiquetas adhesivas de color verde.

Excepción 2: Se permite que, en los circuitos de c.c., el conductor de puesta a tierra de equipo se instale independiente de los conductores del circuito.

Excepción 3: Como se requiere en la Excepción de 250-50(a) y (b), se permite que el conductor de puesta a tierra de equipo se instale independiente de los conductores del circuito.

Excepción 4: Cuando las condiciones de mantenimiento y de supervisión aseguren que la instalación está atendida sólo por personal calificado, se permite identificar permanentemente durante la instalación uno o más conductores aislados en un cable multiconductor como conductores de puesta a tierra de equipo, en cada extremo y en todos los puntos en los que el conductor esté accesible, por los siguientes medios:

a. Quitando el aislamiento o el recubrimiento en toda la parte expuesta.

b. Pintando de verde el aislamiento o el recubrimiento expuesto.

c. Marcando el aislamiento o el recubrimiento expuesto con una cinta o etiquetas adhesivas de color verde.

NOTA 1: Para los puentes de unión de equipo, véase 250-79.

NOTA 2: Para el uso de cordones con equipo fijo, véase 400-7.

250-58. Equipo considerado eficazmente puesto a tierra. En las condiciones especificadas en los siguientes incisos, se considera que las partes metálicas no conductoras de equipo están eficazmente puestas a tierra.

a) **Equipos sujetos a soportes metálicos puestos a tierra.** Los equipo eléctricos sujetos y en contacto eléctrico con bastidores o con estructuras metálicas diseñados para su soporte y puestos a tierra por uno de los medios indicados en 250-57. No se debe usar la estructura metálica de un edificio como conductor de puesta a tierra de equipo de c.a.

b) **Estructura de elevadores metálicos.** Las estructuras de elevadores metálicos sujetos a cables metálicos que los elevan, unidos o que circulan sobre carretes o tambores metálicos de las máquinas de los elevadores puestos a tierra por alguno de los métodos indicados en 250-57.

250-59. Equipos conectados con cordón y clavija. Cuando se requiera que sean puestos a tierra, las partes metálicas no conductoras de equipo conectado con cordón y clavija deben ser puestos a tierra por alguno de los métodos indicados a continuación:

a) A través de la envolvente metálica. A través de la envolvente metálica de los conductores que suministran energía a dicho equipo, si se usa una clavija con terminal de puesta a tierra y tiene un contacto fijo para puesta a tierra, usado para la puesta a tierra de la envolvente y si la envolvente metálica de los conductores se sujeta al contacto de la clavija y al equipo mediante conectores aprobados.

Excepción: Se permite un contacto de puesta a tierra auto-armable en clavijas con terminal de puesta a tierra utilizadas en el extremo del cordón de aparatos eléctricos portátiles, accionados a mano o en herramientas manuales.

b) A través del conductor de puesta a tierra de equipo. A través del conductor de puesta a tierra de equipo instalado junto con los conductores de alimentación en un cable o cordón flexible debidamente terminado en una clavija con terminal de puesta a tierra, y un contacto de puesta a tierra fijo. Se permite que haya un conductor de puesta a tierra sin aislar, pero, si se aísla, el aislamiento debe ser de acabado exterior continuo y color verde, o verde con una o más franjas amarillas.

Excepción: Se permite un contacto de puesta a tierra auto-armable en clavijas con terminal de puesta a tierra utilizada en el extremo del cordón de aparatos eléctricos portátiles, accionados a mano o aparatos eléctricos y herramientas manuales.

c) A través de un cable o alambre independiente. A través de un cable flexible o alambre independiente, desnudo o aislado, protegido en la medida de lo posible contra daño físico, cuando forme parte del equipo.

250-60. Carcasas de estufas y secadoras de ropa. Esta Sección se debe aplicar sólo a los circuitos derivados existentes. Los circuitos derivados de una nueva instalación deben cumplir lo establecido en 250-57 y 250-59. Las carcasas de estufas eléctricas, hornos montados en la pared, secadoras de ropa y salidas o cajas de empalmes que formen parte del circuito de esos aparatos, deben ser puestos a tierra según se especifica en 250-57 o 250-59 o se permite que sean puestos a tierra por el conductor de un circuito puesto a tierra, excepto en las casas móviles y vehículos recreativos, si se cumplen además todas las condiciones establecidas a continuación:

a) El circuito de suministro es monofásico a tres conductores, 120/240 V; o 220Y/127 V, 208Y/120 V, tres fases cuatro conductores en estrella.

b) El conductor puesto a tierra no es inferior a 5,26 mm² (10 AWG) en cobre o a 13,3 mm² (6 AWG) en aluminio.

c) El conductor puesto a tierra está aislado; o el conductor puesto a tierra sin aislar forma parte de un cable de acometida Tipo SE y el circuito derivado se origina en el equipo de acometida.

d) Los contactos de puesta a tierra de receptáculos con terminal de puesta a tierra suministrados como parte del equipo están unidos con el equipo.

250-61. Uso del conductor puesto a tierra para poner a tierra equipo

a) Equipo del lado del suministro. Se permite que el conductor puesto a tierra del circuito se utilice para la puesta a tierra de las partes metálicas y no conductoras de equipo, canalizaciones y otras envolventes en cualquiera de los lugares siguientes:

1) En el lado de alimentación del medio de desconexión de la acometida.

2) En el lado de alimentación del medio de desconexión de la acometida para distintos edificios, como se establece en 250-24.

3) En el lado de alimentación del medio de desconexión o del dispositivo de sobrecorriente de la acometida de un sistema derivado separadamente.

b) Equipo del lado de la carga. No se debe usar el conductor puesto a tierra para la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de equipo que haya en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida o en el lado de la carga del medio de desconexión o del dispositivo de sobrecorriente de un sistema derivado separadamente que no tenga un medio de desconexión principal.

Excepción 1: Las carcasas de estufas, hornos montados en la pared, estufas montadas en barras y secadoras de ropa en las condiciones permitidas por 250-60 para instalaciones ya existentes.

Excepción 2: Lo que permite 250-54 para edificios independientes.

Excepción 3: Se permite la puesta a tierra de los envolventes para medidores conectándolos al conductor puesto a tierra del circuito en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida, si:

- a. No hay instalado un dispositivo de protección contra fallas a tierra, y
- b. Todos los medidores están situados cerca del medio de desconexión de la acometida.
- c. El tamaño nominal del conductor puesto a tierra del circuito no es inferior a lo especificado en la Tabla 250-95 para los conductores de puesta a tierra de equipo.

Excepción 4: Lo que exigen 710-72(e)(1) y 710-74.

Excepción 5: Se permite la puesta a tierra de los sistemas de c.c. del lado de la carga del medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente, según Excepción de 250-22.

250-62. Conexiones para circuitos múltiples. Cuando se requiera la puesta a tierra de un equipo que esté alimentado mediante conexiones independientes a más de un circuito o en sistemas puestos a tierra de sistemas de alambrado de usuarios, debe haber un medio de puesta a tierra en cada una de esas conexiones, como se especifica en 250-57 y 250-59.

G. Unión

250-70. Disposiciones generales. Cuando sea necesario para asegurar la continuidad eléctrica y la capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica que pudiera producirse por falla a tierra, se deben hacer las uniones pertinentes.

250-71. Equipo de la acometida

a) Unión del equipo de la acometida. Las partes metálicas no conductoras de equipo que se indican en los siguientes incisos, se deben unir entre sí de manera efectiva:

- 1) Excepto lo que se permita en 250-55, las canalizaciones de acometida, charolas, estructuras de electroductos, armadura o blindaje de los cables.
- 2) Todos los envolventes de equipo de acometida que contengan conductores, conexión de medidores, cajas o similares, interpuestos en la canalización o blindaje.
- 3) Cualquier canalización metálica o envoltorio por los que se lleve un conductor al electrodo de puesta a tierra, tal como se permite en 250-92(a). Las conexiones se deben hacer en cada extremo y en todas las canalizaciones, cajas y envolventes que existan entre el equipo de acometida y el electrodo de puesta a tierra.

b) Unión con otros sistemas. En la acometida debe haber como mínimo un medio accesible fuera de los envolventes para conectar las uniones y los conductores de puesta a tierra con otros sistemas, formado por lo menos por uno de los medios siguientes:

- 1) Canalizaciones metálicas de la acometida expuestas.
- 2) El conductor al electrodo de puesta a tierra expuesto.
- 3) Un medio aprobado para la conexión externa de un conductor de unión o de puesta a tierra, de cobre u otro elemento resistente a la corrosión, a la canalización o al equipo de la acometida.

A efectos de la existencia de un medio accesible para la conexión de sistemas, se considera equipo de acometida a los medios de desconexión de un edificio o estructura independiente, tal como se permite en 250-24, y los medios de desconexión de las casas móviles permitidos en la Sección 550-23(a).

NOTA 1: Un ejemplo de dispositivo aprobado mencionado en el párrafo anterior (3), es un conductor de cobre de 13,3 mm² (6 AWG) con un extremo unido a la canalización o al equipo de acometida y más de 150 mm del otro extremo accesible por la parte exterior.

NOTA 2: Para las conexiones y puesta a tierra de circuitos de comunicaciones, radio, televisión y televisión por cable (CATV), véanse 800-40, 810-21 y 820-40.

250-72. Método de unión del equipo de la acometida. La continuidad eléctrica del equipo de acometida debe estar asegurada por uno de los métodos especificados en los siguientes incisos:

a) Conductor puesto a tierra de acometida. Unión del equipo al conductor de acometida puesto a tierra por alguno de los métodos indicados en 250-113.

b) Conexiones roscadas. Cuando haya tubo (conduit) metálicos tipo pesado o semipesado, las conexiones mediante rosca o tubos roscados en los envolventes, se deben apretar con llave.

c) Acoplamiento y conectores sin rosca. Para las uniones que requiere esta Sección, deben utilizarse acoplamiento y conectores sin rosca para los de tubo (conduit) metálico tipos pesado, semipesado y ligero. No deben usarse tuercas y monitores en estas tuberías.

d) Puentes de unión. Los puentes de unión que cumplan los demás requisitos de este Artículo se deben usar en tomas concéntricas o excéntricas perforadas o hechos de cualquier otra forma que no afecten la conexión eléctrica de puesta a tierra.

e) Otros dispositivos. Otros dispositivos aprobados, como contratueras y monitores para puesta a tierra.

250-73. Cable de acometida con blindaje o cinta metálica. El blindaje o cinta metálica de un cable de acometida que tenga un conductor de acometida puesto a tierra y no aislado, en contacto eléctrico continuo con su blindaje o cinta metálica, se considera como puesto a tierra.

250-74. Conexión de la terminal de puesta a tierra de un receptáculo a la caja. Se debe realizar una conexión de la terminal de puesta a tierra de un receptáculo a la caja de conexiones efectivamente puesta a tierra.

Excepción 1: Cuando la caja vaya montada en una superficie con contacto metálico directo entre el soporte y la propia caja, se permite la puesta a tierra del receptáculo a la caja. Esta excepción no se aplica a los receptáculos montados en las tapas, a no ser que la caja y la tapa estén aprobadas y listadas como un conjunto que proporcione una continuidad satisfactoria a tierra entre la caja y el receptáculo.

Excepción 2: Se permite que los dispositivos o soportes de contacto diseñados, aprobados y listados para este fin formen, junto con los tornillos que los sujetan, el circuito de puesta a tierra entre el soporte del dispositivo y la caja montada en la pared.

Excepción 3: Las cajas en el piso diseñadas y aprobadas para ofrecer una continuidad satisfactoria a tierra entre la caja y el dispositivo.

Excepción 4: Cuando sea necesario para reducir el ruido eléctrico (interferencias electromagnéticas) en el circuito de puesta a tierra, se permite un receptáculo en el que la terminal de puesta a tierra esté aislada intencionadamente de los medios de montaje del contacto. El receptáculo debe ser puesto a tierra por medio de un conductor aislado que vaya con los conductores del circuito. Este conductor de puesta a tierra puede pasar a través de uno o más tableros de alumbrado y control sin necesidad de conectarlo a las terminales de puesta a tierra de los mismos, como se permite en 384-20, excepto que termine dentro del mismo edificio o estructura, directamente en la terminal de un conductor de puesta a tierra de equipo de la correspondiente acometida o del sistema derivado separadamente.

NOTA: El uso de un conductor de puesta a tierra aislado para equipo no exime del requisito de poner a tierra la canalización y la caja.

250-75. Puente de unión de otras estructuras. Las canalizaciones metálicas, soportes tipo charola para cables, blindajes de cables, forros de cables, envolventes, tableros, herrajes y otras partes metálicas que no lleven normalmente corriente eléctrica y que puedan servir como conductores de puesta a tierra con o sin conductores suplementarios de puesta a tierra de equipo, se deben conectar eficazmente cuando sea necesario para asegurar la continuidad eléctrica y la capacidad del circuito para conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica que pudiera producirse por falla a tierra en el mismo. Se deben quitar de las roscas, puntos y superficies de contacto todas las pinturas, barnices o recubrimientos similares no conductores o conectarlos por medio de herrajes diseñados de manera que hagan tal eliminación innecesaria.

Excepción: Cuando sea necesario para reducir el ruido eléctrico (interferencias electromagnéticas) en el circuito de puesta a tierra, se permite que un envolvente en el que haya equipo instalado y al que se alimente desde un circuito derivado, esté aislado de una canalización que contenga cables que alimenten sólo a este equipo, por medio de uno o más herrajes de canalizaciones no metálicas aprobadas y listadas situadas en el punto de conexión de la canalización con el envolvente. La canalización metálica debe cumplir lo establecido en este Artículo y debe ir complementada por un conductor aislado interno instalado de acuerdo con lo indicado en la Excepción 4 de 250-74, para que sirva de conexión de puesta a tierra del envolvente del equipo.

NOTA: El uso de un conductor de puesta a tierra aislado para equipo no exime del requisito de poner a tierra la canalización y la caja.

250-76. Unión en instalaciones a más de 250 V. En circuitos a más de 250 V a tierra, que contengan conductores que no sean los de la acometida, se debe asegurar la continuidad eléctrica de las canalizaciones

metálicas y de cables con cubierta metálica por medio de uno o más de los métodos especificados para las acometidas en 250-72(b) a (e).

Excepción: Cuando no haya tapas de las cajas de empalmes de mayor tamaño nominal, concéntricas o excéntricas o cuando se hayan probado tapas concéntricas o excéntricas y el envolvente esté aprobado y listado para ese uso, se permiten los siguientes medios:

- a. Uniones y conectores sin rosca para cables con forro metálico.
- b. Tuerca y contratuerca en un tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado, una dentro y otra fuera de la caja o envolvente.
- c. Herrajes con lengüetas que asienten firmemente el envolvente, como los conectadores para tubo (conduit) metálico tipo ligero, conectadores para tubo (conduit) metálico flexible y conectadores de cables con una tuerca dentro de cajas y envolventes.
- d. Otros herrajes aprobados.

250-77. Unión de canalizaciones metálicas con juntas de expansión. Los herrajes de dilatación y las partes telescópicas de las canalizaciones metálicas deben hacerse eléctricamente continuas mediante puentes de unión del equipo u otros medios.

250-78. Unión en áreas peligrosas (clasificadas). Independientemente de la tensión eléctrica del sistema eléctrico, se debe asegurar la continuidad eléctrica de las partes metálicas no conductoras de equipo, canalizaciones y otros envolventes en las áreas peligrosas (clasificadas) que define el Artículo 500, por cualquiera de los medios especificados para las acometidas en 250-72 y que estén aprobados para los métodos de instalación utilizados.

250-79. Puente de unión principal y puente del equipo

a) Material. Los puentes de unión principal y del equipo deben ser de cobre o de otro material resistente a la corrosión. Un puente de unión principal o un puente de unión según lo exigido en 250-26(a) puede ser un cable, alambre, tornillo o conductor equivalente adecuado.

b) Construcción. Cuando el puente de unión principal sea un solo tornillo, éste se debe identificar mediante un color verde que sea visible con el tornillo instalado.

c) Sujeción. Los puentes de unión principal y de equipo se deben sujetar según se establece en 250-113 para los circuitos y equipo y en 250-115 para los electrodos de puesta a tierra.

d) Tamaño nominal de los puentes del equipo y de unión principal en el lado de suministro de la acometida. El puente de unión no debe ser de menor tamaño nominal que lo establecido en la Tabla 250-94 para los conductores del electrodo de puesta a tierra. Cuando los conductores de fase de entrada a la acometida sean de cobre de más de 557 mm^2 (1 100 kcmils) o de aluminio de 887 mm^2 (1 750 kcmils), el puente de unión debe tener un tamaño nominal no inferior a 12,5% que el mayor conductor de fase excepto que, cuando los conductores de fase y el puente de unión sean de distinto material (cobre o aluminio), el tamaño nominal mínimo del puente de unión se debe calcular sobre la hipótesis del uso de conductores de fase del mismo material que el puente de unión y con una capacidad de conducción de corriente equivalente a la de los conductores de fase instalados. Cuando se instalen conductores de entrada a la acometida en paralelo en dos o más cables o canalizaciones, el puente de unión de equipo, si está instalado junto con esos cables o canalizaciones, debe instalarse en paralelo. El tamaño nominal del puente de unión de cada canalización o cable se debe calcular a partir de los conductores de la acometida en cada cable o canalización.

El puente de unión de la canalización del conductor de un electrodo de puesta a tierra o cable blindado, como se indica en 250-92(b), debe ser del mismo tamaño nominal o mayor que el correspondiente conductor del electrodo de puesta a tierra. En sistemas de corriente eléctrica continua, el tamaño nominal del puente de unión no debe ser inferior al del conductor de puesta a tierra del sistema, tal como se especifica en 250-93.

e) Tamaño nominal del puente de unión del lado de la carga de la acometida. El puente de unión de equipo del lado de la carga de los dispositivos de sobrecorriente de la acometida no debe ser inferior al tamaño nominal que se indica en la Tabla 250-95. Se permite conectar con un solo puente de unión común continuo dos o más canalizaciones o cables, si el puente tiene un tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-95 para el mayor de los dispositivos de sobrecorriente que protege a los circuitos conectados al mismo.

Excepción: No es necesario que el puente de unión para equipo sea de mayor tamaño nominal que los conductores de los circuitos que suministran energía a los mismos, pero no debe ser inferior a 2,08 mm² (14 AWG).

f) Instalación del puente de unión de equipo. Se permite instalar el puente de unión de equipo dentro o fuera de una canalización o de un envolvente. Si se instala fuera, la longitud del puente no debe ser mayor que 1,8 m y debe ir junto con la canalización o envolvente. Cuando se instale dentro de la canalización, el puente de unión de equipo debe cumplir los requisitos establecidos en 250-114 y 310-12(b).

250-80. Puentes de unión de sistemas de tubería y de acero estructural expuesto

a) Tubería metálica para agua. Un sistema de tubería interior metálica para agua se debe conectar al envolvente del equipo de acometida, al conductor puesto a tierra de la acometida, al conductor del electrodo de puesta a tierra cuando tenga tamaño nominal suficiente o a uno o más de los electrodos de puesta a tierra de la instalación. El puente de unión debe tener un tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-94 y estar instalado según 250-92(a) y (b). Los puntos de unión del puente deben ser accesibles.

Excepción: En edificios de varios departamentos en los que el sistema interior de tubería metálica para agua de cada departamento esté aislado metálicamente de los demás por medio de tubería no metálica, se permite que la tubería interior para agua de cada departamento vaya unida al panel de alumbrado y control o al envolvente del tablero de distribución de ese departamento (distinto del equipo de acometida). El tamaño nominal del puente de unión debe ser como se establece en la Tabla 250-95.

Cuando exista un sistema derivado separadamente que use un electrodo de puesta a tierra, como se especifica en 250-26(c)(3), se debe conectar al conductor de puesta a tierra de cada sistema derivado separadamente en el punto más cercano posible del sistema de tubería metálica interior para agua de la zona a la que suministra energía el sistema derivado separadamente. El conductor de unión debe tener un tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-94 y estar instalado según 250-92(a) y (b). Los puntos de unión del conductor de unión deben ser accesibles.

b) Otros sistemas de tubería metálica. Los sistemas de tubería metálica interior que pueden quedar energizadas, deben unirse al envolvente del equipo de acometida, al conductor de acometida puesto a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra cuando tenga tamaño nominal suficiente o a uno o más de los electrodos de puesta a tierra de la instalación.

Se permite utilizar como medio de unión el conductor de puesta a tierra de equipo del circuito que pueda energizar la tubería.

NOTA: Se puede tener mayor seguridad, si se une entre sí toda la tubería metálica y conductos de aire del edificio.

c) Acero estructural. El acero estructural interior expuesto que se conecta para formar la estructura de acero de un edificio, que no es puesto a tierra intencionadamente y que puede quedar energizado, se debe conectar al envolvente del equipo de acometida, al conductor puesto a tierra de la acometida, al conductor del electrodo de puesta a tierra cuando tenga tamaño nominal suficiente o a uno o más de los electrodos de puesta a tierra de la instalación. El puente de unión debe tener un tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-94 e instalarse de acuerdo con lo establecido en 250-92(a) y (b). Los puntos de unión del puente de unión deben ser accesibles.

H. Sistema de electrodos de puesta a tierra

250-81. Sistema de electrodos de puesta a tierra. Si existen en la propiedad, en cada edificio o estructura perteneciente a la misma, los elementos (a) a (d) que se indican a continuación y cualquier electrodo de puesta a tierra prefabricado instalado de acuerdo con lo indicado en 250-83(c) y 250-83(d), deben conectarse entre sí para formar el sistema de electrodos de puesta a tierra. Los puentes de unión se deben instalar de acuerdo con lo indicado en 250-92(a) y 250-92(b), deben dimensionarse según lo establecido en 250-94 y deben conectarse como se indica en 250-115.

Se permite que el conductor del electrodo de puesta a tierra sin empalmes llegue hasta cualquier electrodo de puesta a tierra disponible en el sistema de electrodos de puesta a tierra. Debe dimensionarse de acuerdo con el conductor para electrodo de puesta a tierra exigido entre todos los electrodos disponibles.

La conexión entre los electrodos se hará independientemente del uso de cada uno.

NOTA: En el terreno o edificio pueden existir electrodos o sistemas de tierra para equipos de cómputo, pararrayos, telefonía, comunicaciones, subestaciones o acometida, apartarrayos, entre otros, y todos deben conectarse entre sí.

Excepción 1: Se permite empalmar el conductor del electrodo de puesta a tierra mediante conectores a presión aprobados para este fin o mediante el proceso de soldadura exotérmica.

La tubería metálica interior para agua situada a más de 1,5 m del punto de entrada en el edificio, no debe utilizarse como parte de la instalación del electrodo de puesta a tierra o como conductor para conectar electrodos de puesta a tierra que formen parte de dicha instalación.

Excepción 2: En las construcciones industriales y comerciales, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personal calificado atiende la instalación y la tubería metálica interior para agua que se vaya a utilizar como conductor esté expuesta en toda su longitud.

NOTA: Para los requisitos especiales de conexión y puesta a tierra en edificios agrícolas, véase 547-8.

Los electrodos permitidos para puesta a tierra son los que se indican de (a) a (d). En ningún caso se permite que el valor de resistencia a tierra del sistema de electrodos de puesta a tierra sea superior a 25 Ω .

a) Tubería metálica subterránea para agua. Una tubería metálica subterránea para agua en contacto directo con la tierra a lo largo de 3 m o más (incluidos los ademes metálicos de pozos efectivamente unidos a la tubería) y con continuidad eléctrica (o continua eléctricamente mediante la unión de las conexiones alrededor de juntas aislantes, o secciones aislantes de tubos) hasta los puntos de conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra y de los conductores de unión. La continuidad de la trayectoria de puesta a tierra o de la conexión de unión de la tubería interior no se debe hacer a través de medidores de consumo de agua, filtros o equipo similares. Una tubería metálica subterránea para agua se debe complementar mediante un electrodo adicional del tipo especificado en 250-81 o 250-83. Se permite que este electrodo de puesta a tierra suplementario esté unido al conductor del electrodo de puesta a tierra, al conductor de la acometida puesto a tierra, la canalización de la acometida puesta a tierra o cualquier envolvente de la acometida puesto a tierra.

Cuando este electrodo suplementario sea prefabricado como se establece en 250-83(c) o 250-83(d), se permite que la parte del puente de unión que constituya la única conexión con dicho electrodo suplementario no sea mayor que un cable de cobre de 13,3 mm² (6 AWG) o un cable de aluminio de 21,2 mm² (4 AWG).

Excepción: Se permite que el electrodo de puesta a tierra suplementario vaya conectado a la tubería metálica interior para agua en cualquier punto que resulte conveniente, como se explica en la Excepción 2 de 250-81.

b) Estructura metálica del edificio. La estructura metálica del edificio, cuando esté puesta a tierra eficazmente.

c) Electrodo empotrado en concreto. Un electrodo empotrado como mínimo 50 mm en concreto, localizado en y cerca del fondo de un cimiento o zapata que esté en contacto directo con la tierra y que conste como mínimo de 6 m de una o más varillas de acero desnudo o galvanizado o revestido de cualquier otro recubrimiento eléctricamente conductor, de no menos de 13 mm de diámetro o como mínimo 6,1 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no inferior a 21,2 mm² (4 AWG).

d) Anillo de tierra. Un anillo de tierra que rodee el edificio o estructura, en contacto directo con la tierra y a una profundidad bajo la superficie no inferior a 800 mm que conste como mínimo en 6 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no inferior a 33,6 mm² (2 AWG).

250-83. Electrodos especialmente contruidos. Cuando no se disponga alguno de los electrodos especificados en 250-81, debe usarse uno o más de los electrodos especificados en los incisos a continuación, en ningún caso el valor de resistencia a tierra del sistema de electrodos de puesta a tierra debe ser superior a 25 Ω .

Cuando sea posible, los electrodos de puesta a tierra contruidos especialmente deben enterrarse por debajo del nivel de humedad permanente. Los electrodos de puesta a tierra especialmente contruidos deben estar libres de recubrimientos no conductores, como pintura o esmalte. Cuando se use más de un electrodo de puesta a tierra para el sistema de puesta a tierra, todos ellos (incluidos los que se utilicen como electrodos de puesta a tierra de pararrayos) no deben estar a menos de 1,8 m de cualquier otro electrodo de puesta a tierra o sistema para puesta a tierra. Dos o más electrodos de puesta a tierra que estén efectivamente conectados entre sí, se deben considerar como un solo sistema de electrodos de puesta a tierra.

a) Sistema de tubería metálica subterránea de gas. No se debe usar como electrodo de puesta a tierra un sistema de tubería metálica subterránea de gas.

b) Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos. Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos, como tubería y tanques subterráneos.

c) Electrodos de varilla o tubería. Los electrodos de varilla y tubo no deben tener menos de 2,4 m de longitud, deben ser del material especificado a continuación y estar instalados del siguiente modo:

1) Los electrodos de puesta a tierra consistentes en tubería o tubo (conduit) no deben tener un tamaño nominal inferior a 19 mm (diámetro) y, si son de hierro o acero, deben tener su superficie exterior galvanizada o revestida de cualquier otro metal que los proteja contra la corrosión.

2) Los electrodos de puesta a tierra de varilla de hierro o de acero deben tener como mínimo un diámetro de 16 mm. Las varillas de acero inoxidable inferiores a 16 mm de diámetro, las de metales no ferrosos o sus equivalentes, deben estar aprobadas y tener un diámetro no inferior a 13 mm.

3) El electrodo de puesta a tierra se debe instalar de modo que tenga en contacto con el suelo un mínimo de 2,4 m. Se debe clavar a una profundidad no inferior a 2,4 m excepto si se encuentra roca, en cuyo caso el electrodo de puesta a tierra se debe clavar a un ángulo oblicuo que no forme más de 45° con la vertical, o enterrar en una zanja que tenga como mínimo 800 mm de profundidad. El extremo superior del electrodo de puesta a tierra debe quedar a nivel del piso, excepto si el extremo superior del electrodo de puesta a tierra y la conexión con el conductor del electrodo de puesta a tierra están protegidos contra daño físico, como se especifica en 250-117.

d) **Electrodos de placas.** Los electrodos de puesta a tierra de placas deben tener en contacto con el suelo un mínimo de 0,2 m² de superficie. Los electrodos de puesta a tierra de placas de hierro o de acero deben tener un espesor mínimo de 6,4 mm. Los electrodos de puesta a tierra de metales no ferrosos deben tener un espesor mínimo de 1,52 mm.

e) **Electrodos de aluminio.** No está permitido utilizar electrodos de aluminio.

250-84. Resistencia de electrodos de varillas, tubería y placas. Un electrodo que consista en una varilla, tubería o placa, debe tener una resistencia a tierra de 25 Ω o menor una vez enterrado. En caso de que la resistencia a tierra sea mayor que 25 Ω debe complementarse con uno o más electrodos adicionales de cualquiera de los tipos especificados en 250-81 o 250-83 hasta obtener este valor de resistencia permisible. Cuando se instalen varios electrodos de barras, tubos o placas para cumplir los requisitos de esta Sección se deben colocar a una distancia mínima de 1,8 m entre sí y deben estar efectivamente conectados entre sí. El valor de la resistencia a tierra de los electrodos no debe ser mayor que 25 Ω para casas habitación, comercios, oficinas o locales considerados como de concentración pública.

NOTA: La instalación en paralelo de varillas de más de 2,4 m aumenta la eficiencia si se separan más de 1,8 m.

250-86. Sistema de electrodos de puesta a tierra de pararrayos. No se deben utilizar conductores de puesta a tierra de pararrayos, ni tubos, varillas u otros electrodos de puesta a tierra fabricados utilizados para poner a tierra las bajadas de los pararrayos, en sustitución de los electrodos de puesta a tierra indicados en 250-83 para la puesta a tierra de sistemas eléctricos y de equipo. Esta disposición no impide cumplir los requisitos de unión de los electrodos de puesta a tierra de diversos sistemas.

NOTA 1: Para la separación de los conductores de bajada de los pararrayos con otros elementos metálicos, véase 250-46. Para la unión de sistemas de electrodos de puesta a tierra, véanse 800-40(d), 810-21(j) y 820-40(d).

NOTA 2: Si se interconectan todos los electrodos de puesta a tierra de distintos sistemas, se limita la diferencia de potencial entre ellos y entre sus correspondientes sistemas de alambrado.

I. Conductores de puesta a tierra

250-91. Materiales. Los materiales de los conductores de puesta a tierra se especifican en los incisos siguientes:

a) **Conductor del electrodo de puesta a tierra.** El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre o de otro material resistente a la corrosión. El material elegido debe ser resistente a la corrosión que pueda producirse en la instalación, y debe estar adecuadamente protegido contra la corrosión. El conductor debe ser alambre o cable, aislado, forrado o desnudo y debe ser de un solo tramo continuo, sin empalmes ni uniones.

Excepción 1: Se permiten empalmes en barras conductoras.

Excepción 2: Cuando haya una acometida con más de un envolvente, como se permite en la Excepción 2 de 230-40, está permitido conectar derivaciones al conductor del electrodo de puesta a tierra. Cada una de estas derivaciones debe llegar hasta el interior del envolvente. El tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra debe estar de acuerdo con lo indicado en 250-94, pero los conductores de la derivación pueden tener un tamaño nominal de acuerdo con los conductores del electrodo de puesta a tierra especificados en 250-94, según el conductor de mayor tamaño nominal que entre en los respectivos envoltentes. Los conductores de la derivación se deben conectar al conductor del electrodo de puesta a tierra de modo que este conductor no contenga ningún empalme o unión.

Excepción 3: Se permite empalmar el conductor del electrodo de puesta a tierra por medio de conectores de presión del tipo irreversible aprobados para ese fin o mediante un proceso de soldadura exotérmica.

b) Tipos de conductores para la puesta a tierra de equipo. El conductor de puesta a tierra de equipo tendido con los conductores del circuito o canalizado con ellos, debe ser de uno de los siguientes tipos o una combinación de varios de ellos:

(1) un conductor de cobre u otro material resistente a la corrosión. Este conductor debe ser alambre o cable, aislado, cubierto o desnudo y formar un cable o barra de cualquier forma;

(2) un tubo (conduit) metálico tipo pesado;

(3) un tubo (conduit) metálico tipo semipesado;

(4) un tubo (conduit) metálico tipo ligero;

(5) un tubo (conduit) metálico flexible, si tanto el tubo (conduit) como sus accesorios están aprobados para puesta a tierra;

(6) la armadura de un cable de tipo AC;

(7) el blindaje de cobre de un cable con blindaje metálico y aislamiento mineral;

(8) el blindaje metálico de los conductores con blindaje metálico y los conductores de puesta a tierra que sean cables de tipo MC;

(9) canalizaciones prealambradas, tal como se permite en 365-2(a);

(10) otras canalizaciones metálicas con continuidad eléctrica, aprobadas para utilizarse para puesta a tierra.

Excepción 1: Cuando los conductores de un circuito, como los contenidos en este Artículo, estén protegidos por dispositivos de sobrecorriente de 20 A nominales o menos, se permiten como medios de puesta a tierra de esos circuitos a tubo (conduit) metálico flexible y tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos con designación de 12 (3/8) a 35 (1¼), siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

a. Que la longitud sumada del tubo (conduit) metálico flexible y del tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos en la misma trayectoria de puesta a tierra, no sea superior a 1,8 m.

b. Que el tubo (conduit) termine en accesorios aprobados y listados para puesta a tierra.

Excepción 2: Cuando los conductores de un circuito contenidos en ellos estén protegidos por dispositivos de sobrecorriente de más de 20 A nominales, pero que no excedan de 60 A, se permite utilizar como medios de puesta a tierra de esos circuitos al tubo (conduit) metálico flexible y hermético a los líquidos aprobado con designación de 12 (3/8) a 35 (1¼), siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

a. Que la longitud total del tubo (conduit) metálico flexible del tramo de retorno de tierra, no sea superior a 1,8 m.

b. Que no haya otro tubo (conduit) metálico flexible o tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos con designación de 12 (3/8) a 35 (1¼) que sirva como conductor de puesta a tierra de equipo en el mismo tramo de retorno de tierra.

c. Que el tubo (conduit) termine en accesorios aprobados para puesta a tierra.

c) Electrodo suplementario de puesta a tierra. Se permite conectar electrodos suplementarios de puesta a tierra a los conductores de puesta a tierra de equipo especificados en 250-91(b), pero el terreno natural no debe utilizarse como el único conductor de puesta a tierra de equipo.

250-92. Instalación. Los conductores de puesta a tierra deben instalarse como se especifica en los siguientes incisos:

a) Conductor del electrodo de puesta a tierra. Un conductor del electrodo de puesta a tierra o su envolvente debe sujetarse firmemente a la superficie sobre la que va instalado. Un conductor de cobre o aluminio de 21,2 mm² (4 AWG) o superior debe protegerse si está expuesto a daño físico severo. Se puede llevar un conductor de puesta a tierra de 13,3 mm² (6 AWG) que no esté expuesto a daño físico, a lo largo de la superficie del edificio sin tubería o protección metálica, cuando esté sujeto firmemente al edificio; si no, debe ir en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo (conduit) no metálico tipo pesado o un cable armado. Los conductores de puesta a tierra de tamaño nominal inferior a 13,3 mm² (6 AWG) deben alojarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo (conduit) no metálico tipo pesado o en cable armado.

No deben utilizarse como conductores de puesta a tierra, conductores aislados o desnudos de aluminio que estén en contacto directo con materiales de albañilería o terreno natural o si están sometidos a

condiciones corrosivas. Cuando se utilicen a la intemperie, los conductores de puesta a tierra de aluminio no deben instalarse a menos de 45 cm del terreno natural.

b) Envolventes para conductores del electrodo de puesta a tierra. Las envolventes metálicas del conductor del electrodo de puesta a tierra deben ser eléctricamente continuas desde el punto de conexión a los envolventes o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, y deben estar sujetas firmemente a las abrazaderas o herrajes de tierra. Las envolventes metálicas que no sean continuas físicamente desde el envoltorio o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, se deben hacer eléctricamente continuas mediante la unión de sus dos extremos al conductor de puesta a tierra. Cuando se utilice una canalización como protección del conductor de puesta a tierra, su instalación debe cumplir los requisitos del Artículo correspondiente a las canalizaciones.

c) Conductor de puesta a tierra de equipo. Un conductor de puesta a tierra de equipo se debe instalar como sigue:

1) Cuando consista en una canalización, un soporte tipo charola para cables, armadura o forro de cables o cuando sea un conductor dentro de una canalización o cable, debe instalarse cumpliendo las disposiciones aplicables de esta norma utilizando accesorios para uniones y terminales que estén aprobados para utilizarlos con el tipo de canalización o cable utilizados.

Todas las conexiones, uniones y accesorios deben fijarse firmemente con los medios adecuados.

2) Cuando haya un conductor de puesta a tierra de equipo independiente, como establece la Excepción de 250-50(a) y 250-50(b) y la Excepción 2 de 250-57(b) debe instalarse de acuerdo con lo indicado en 250-92(a) en lo que respecta a las limitaciones del aluminio y a la posibilidad de daño físico.

Excepción: No es necesario que los cables inferiores a $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) se alojen dentro de una canalización o armadura cuando se instalen por los espacios huecos de una pared o cuando vayan instalados de modo que no sufran daño físico.

250-93. Tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra para c.c. En los siguientes incisos se fijan los tamaños nominales de los conductores del electrodo de puesta a tierra de una instalación de c.c.

a) No debe ser de tamaño nominal inferior al del neutro. Cuando un sistema eléctrico de c.c. consista en un circuito balanceado de tres conductores o un devanado de equilibrio con protección contra sobrecorriente, como se establece en 445-4(d), el conductor del electrodo de puesta a tierra no debe ser de tamaño nominal inferior al del neutro.

b) No debe ser de tamaño nominal inferior al del conductor más grande. En instalaciones de c.c. distintas a las del anterior inciso (a), el conductor del electrodo de puesta a tierra no debe ser de tamaño nominal inferior al del conductor de mayor tamaño nominal del suministro de energía.

c) No debe ser inferior a $8,37 \text{ mm}^2$ (8 AWG). En ningún caso el conductor del electrodo de puesta a tierra debe ser inferior a $8,37 \text{ mm}^2$ (8 AWG) de cobre o de $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) de aluminio.

Excepciones a los anteriores (a) a (c):

a. Cuando esté conectado a electrodos fabricados como se indica en 250-83(c) o (d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo sea superior a $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) de cobre o $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) de aluminio.

b. Cuando esté conectado a un electrodo empotrado en concreto, como se indica en 250-81(c), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo sea superior a $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) de cobre o $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) de aluminio.

c. Cuando esté conectado a un anillo de tierra como se indica en 250-81(d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo sea de mayor tamaño nominal que el conductor utilizado en el anillo de tierra.

250-94. Tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra en instalaciones de c.a. El tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra de una instalación de c.a. puesta o no puesta a tierra, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-94.

Excepción:

a. Cuando esté conectado a electrodos fabricados como se indica en la Sección 250-83(c) o (d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituye la única conexión con dicho electrodo, sea superior a 13,3 mm² (6 AWG) de cobre o 21,2 mm² (4 AWG) de aluminio.

b. Cuando esté conectado a un electrodo empotrado en concreto, como se indica en 250-81(c), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituye la única conexión con dicho electrodo sea superior a 21,2 mm² (4 AWG) de cobre.

c. Cuando esté conectado a un anillo de tierra como se indica en 250-81(d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituye la única conexión con dicho electrodo sea de mayor tamaño nominal que el conductor utilizado en el anillo de tierra.

TABLA 250- 94.- Conductor del electrodo de tierra de instalaciones de c.a.

Tamaño nominal del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo mm ² (AWG o kcmil)		Tamaño nominal del conductor al electrodo de puesta a tierra mm ² (AWG o kcmil)	
Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
33,6 (2) o menor	53,5 (1/0) o menor	8,37 (8)	13,3 (6)
42,4 o 53,5 (1 o 1/0)	67,4 o 85,0 (2/0 o 3/0)	13,3 (6)	21,2 (4)
67,4 o 85,0 (2/0 o 3/0)	4/0 o 250 kcmil	21,2 (4)	33,6 (2)
Más de 85,0 a 177 (3/0 a 350)	Más de 127 a 253 (250 a 500)	33,6 (2)	53,5 (1/0)
Más de 177 a 304,0 (350 a 600)	Más de 253 a 456 (500 a 900)	53,5 (1/0)	85,0 (3/0)
Más de 304 a 557,38 (600 a 1100)	Más de 456 a 887 (900 a 1750)	67,4 (2/0)	107 (4/0)
Más de 557,38 (1100)	Más de 887 (1750)	85,0 (3/0)	127 (250)

Cuando se usen varios grupos de conductores de entrada a la acometida, como permite la Sección 230-40 Excepción 2, la sección transversal equivalente del mayor conductor de entrada a la acometida se debe calcular por la mayor suma de las secciones transversales de los conductores de cada grupo.

Cuando no haya conductores de entrada a la acometida, la sección transversal del conductor al electrodo de puesta a tierra se debe calcular por la sección transversal equivalente del mayor conductor de entrada a la acometida de acuerdo con la corriente eléctrica de carga calculada.

Véanse las restricciones de instalación en 250-92(a).

NOTA: Para el tamaño nominal del conductor de puesta a tierra de una instalación de c.a. conectado con el equipo de la acometida, véase 250-23(b).

250-95. Tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo. El tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

Cuando haya conductores en paralelo en varias canalizaciones o cables, como se permite en 310-4, el conductor de puesta a tierra de equipo, cuando exista, debe estar instalado en paralelo. Cada conductor de puesta a tierra de equipo instalado en paralelo debe tener un tamaño nominal seleccionado sobre la base de la corriente eléctrica nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente que proteja los conductores del circuito en la canalización o cable, según la Tabla 250-95.

Cuando el tamaño nominal de los conductores se ajuste para compensar caídas de tensión eléctrica, los conductores de puesta a tierra de equipo, cuando deban instalarse, se deben ajustar proporcionalmente según el área en mm² de su sección transversal.

Cuando sólo haya un conductor de puesta a tierra de equipo con varios circuitos en el mismo tubo (conduit) o cable, su tamaño nominal debe seleccionarse de acuerdo con el dispositivo de sobrecorriente de mayor corriente eléctrica nominal de protección de los conductores en el mismo tubo (conduit) o cable.

Si el dispositivo de sobrecorriente consiste en un interruptor automático de disparo instantáneo o un protector de motor contra cortocircuitos, como se permite en 430-52, el tamaño nominal del conductor de

puesta a tierra de equipo se puede seleccionar de acuerdo con la capacidad nominal del dispositivo de protección del motor contra sobrecarga, pero no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

Excepción 1: Un conductor de puesta a tierra de equipo no debe ser menor que $0,824 \text{ mm}^2$ (18 AWG) de cobre y no menor que el tamaño nominal de los conductores del circuito y que forme parte de cables de aparatos eléctricos, según se establece en 240-4.

Excepción 2: No es necesario que el conductor de puesta a tierra de equipo sea de mayor tamaño nominal que el de los conductores de los alimentadores de equipo.

Excepción 3: Cuando se use como conductor de puesta a tierra de equipo un tubo (conduit) o armadura o blindaje de cable, como se establece en 250-51, 250-57(a) y 250-91(b).

TABLA 250-95.- Tamaño nominal mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño nominal mm^2 (AWG o kcmil)	
	(A)	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,08 (14)	---
20	3,31 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,37 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,2 (4)
300	21,2 (4)	33,6 (2)
400	33,6 (2)	42,4 (1)
500	33,6 (2)	53,5 (1/0)
600	42,4 (1)	67,4 (2/0)
800	53,5 (1/0)	85,0 (3/0)
1 000	67,4 (2/0)	107 (4/0)
1 200	85,0 (3/0)	127 (250)
1 600	107 (4/0)	177 (350)
2 000	127 (250)	203 (400)
2 500	177 (350)	304 (600)
3 000	203 (400)	304 (600)
4 000	253 (500)	405 (800)
5 000	354,7 (700)	608 (1 200)
6 000	405 (800)	608 (1 200)

Véase limitaciones a la instalación en 250-92(a)

Nota: Para cumplir lo establecido en 250-51, los conductores de puesta a tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

250-97. Alumbrado de realce. Las partes metálicas aisladas y por las que no pasa corriente eléctrica normalmente de las instalaciones de alumbrado de realce, se permite que estén unidas mediante un conductor de $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) de cobre protegido contra daño físico, cuando un conductor que cumple con lo establecido en 250-95 se use como conductor de puesta a tierra de todo el grupo.

250-99. Continuidad del conductor de puesta a tierra de equipo

a) Conexiones removibles. Cuando se usen conexiones removibles, como las que se usan en equipo removible o en clavijas y sus respectivos receptáculos, el conductor de puesta a tierra de equipo debe ser diseñado, para que sea la primera que conecta y la última que desconecta a este conductor.

Excepción: Equipo, receptáculos, bases y conectores interconectados que impiden el paso de corriente eléctrica sin continuidad de la puesta a tierra del equipo.

b) Desconectores. En el conductor de puesta a tierra de equipo de la instalación de un sistema de alambrado de usuarios, no se debe instalar ningún medio de desconexión o de interrupción, manual o automático.

Excepción: Cuando la apertura del desconector o cortacircuitos desconecte todas las fuentes de alimentación.

J. Conexiones de los conductores de puesta a tierra

250-112. Al electrodo de puesta a tierra. La conexión de un conductor del electrodo de puesta a tierra con el electrodo de puesta a tierra correspondiente, debe ser accesible y estar hecha de tal manera que asegure una puesta a tierra eficaz y permanente. Cuando sea necesario asegurar esta conexión a una instalación de tubería metálica utilizada como electrodo de puesta a tierra, se debe hacer un puente de unión efectivo alrededor de las juntas y secciones aisladas y alrededor de cualquier equipo que se pueda desconectar para su reparación y sustitución. Los conductores de unión deben ser lo suficientemente largos como para permitir el desmontaje de dichos equipos, manteniendo la integridad de la unión.

Excepción: No es necesario que sea accesible una conexión enterrada con un electrodo de puesta a tierra empotrado en concreto, hundido o enterrado.

250-113. A los conductores y equipo. Los conductores de puesta a tierra y los cables de puentes de unión se deben conectar mediante soldadura exotérmica, conectores a presión aprobados, abrazaderas u otros medios también aprobados. No deben utilizarse medios o herrajes de conexión que sólo dependan de soldadura. Para conectar los conductores de puesta a tierra a los envolventes no deben utilizarse pijas.

250-114. Continuidad y conexión de los conductores de puesta a tierra de equipo a cajas. Cuando entren en una caja o tablero dos o más conductores de puesta a tierra de equipo, todos esos conductores deben empalmarse o unirse dentro de la caja o a la caja, con accesorios adecuados a ese uso. No deben hacerse conexiones que dependan únicamente de soldadura. Los empalmes deben hacerse según se indica en 110-14(b), excepto el aislamiento, que no es necesario. La instalación de las conexiones de puesta a tierra debe hacerse de forma tal que la desconexión o desmontaje de una conexión, aparato eléctrico u otro dispositivo que reciba energía desde la caja, no impida ni interrumpa la continuidad de puesta a tierra.

Excepción: No es necesario que el conductor de puesta a tierra de equipo, tal como se permite en la Excepción 4 de 250-74, esté conectado a los otros conductores de puesta a tierra de equipo ni a la caja.

a) Cajas metálicas. Se debe hacer una conexión entre el conductor o conductores de puesta a tierra de equipo y la caja metálica, por medio de un tornillo de puesta a tierra que no debe utilizarse para otro uso o de un dispositivo aprobado y listado para puesta a tierra.

b) Cajas no metálicas. Cuando lleguen a una caja de empalmes no metálica uno o más conductores de puesta a tierra de equipo, se deben instalar de manera que puedan conectarse a cualquier herraje o dispositivo de la caja que deba ponerse a tierra.

250-115. Conexión a los electrodos. El conductor de puesta a tierra se debe conectar al electrodo de puesta a tierra mediante soldadura exotérmica, zapatas, conectores a presión, abrazaderas u otros medios aprobados. No deben utilizarse conexiones que dependan únicamente de la soldadura. Las abrazaderas de tierra deben estar aprobadas para el material del electrodo de puesta a tierra y para el conductor del electrodo de puesta a tierra y, cuando se utilicen en tubería, varillas u otros electrodos enterrados, deben estar también aprobadas para su uso enterradas directamente en el terreno natural. No debe conectarse al electrodo de puesta a tierra con la misma abrazadera o accesorio más de un conductor, excepto si la abrazadera o accesorio está aprobada(o) para utilizarla con varios conductores. La conexión debe hacerse por uno de los métodos explicados en los incisos siguientes:

a) Abrazadera sujeta con pernos. Abrazadera aprobada de latón o bronce fundido o hierro dulce o maleable.

b) Accesorios y abrazaderas para tubería. Un accesorio, abrazadera u otro mecanismo aprobado, sujeto con pernos a la tubería o a sus conexiones.

c) Abrazadera de tierra de tipo solera. Una abrazadera de tierra aprobada de tipo solera, con una base de metal rígido que asiente en el electrodo y con una solera de un material y dimensiones que no sea probable que cedan durante o después de la instalación.

d) Otros medios. Otros medios sustancialmente iguales a los descritos y aprobados.

250-117. Protección de las uniones. Las abrazaderas u otros accesorios para puesta a tierra deben estar aprobados para su uso general sin protección o protegerse contra daño físico, como se indica en los siguientes incisos:

- a) **Sin daños probables.** Deben instalarse en lugares donde no sea probable que sufran daño.
- b) **Con una cubierta protectora.** Dentro de una cubierta protectora metálica, de madera o equivalente.

250-118. Superficies limpias. Deben eliminarse de las roscas y de otras superficies de contacto de equipo que sean puestas a tierra, las capas no conductoras (como pinturas, barnices y lacas), para asegurar la continuidad eléctrica, o conectarlos por medio de accesorios hechos de tal modo que hagan innecesaria dicha operación.

250-119. Identificación de las terminales de los dispositivos de puesta a tierra. Las terminales de conexión de los conductores de puesta a tierra de equipo deben identificarse mediante:

- (1) un tornillo terminal de cabeza hexagonal pintada de verde, que no se pueda quitar fácilmente;
- (2) una tuerca terminal hexagonal pintada de verde, que no se pueda quitar fácilmente o
- (3) un conector a presión pintado de verde. Si la terminal del conductor de puesta a tierra no es visible, debe marcarse el orificio de entrada del conductor de puesta a tierra con la palabra "verde" o "puesta a tierra", con las letras "V" o "T", "G" o "GR" o con el símbolo internacional de puesta a tierra indicado en la figura 250-119, o identificado de otra forma en color verde.



FIGURA 250-119.- Símbolo de puesta a tierra IEC No. 5019

K. Transformadores de instrumentos, relevadores, etcétera

250-121. Circuitos para transformadores de instrumentos. Los circuitos del secundario de transformadores de corriente y de potencial para instrumentos de medición deben ser puestos a tierra cuando el devanado del primario vaya conectado a circuitos de 300 V o más a tierra. Deben ser puestos a tierra en los tableros de distribución, independientemente del valor de la tensión eléctrica.

Excepción: Los circuitos en los que el devanado del primario va conectado a circuitos de menos de 1 000 V sin partes o cables expuestos ni accesibles más que a personas calificadas.

250-122. Carcasas de los transformadores de instrumentos. Las carcasas o armazones de transformadores de instrumentos deben ser puestos a tierra siempre que sean accesibles a personas no calificadas.

Excepción: Carcasas o armazones de transformadores de instrumentos cuyos primarios no tengan más de 150 V a tierra y que se utilicen exclusivamente para alimentar medidores.

250-123. Carcasas de instrumentos, medidores y relevadores a menos de 1 000 V. Los instrumentos, medidores y relevadores que funcionen con devanados o partes a menos de 1 000 V, deben ser puestos a tierra como se especifica en los siguientes incisos:

a) **Fuera de los tableros de distribución.** Los instrumentos, medidores y relevadores que funcionen con devanados o partes que no estén situados en tableros de distribución y que funcionen con devanados o partes a 300 V o más a tierra y accesibles a personas no calificadas, deben tener las carcasas y otras partes metálicas expuestas puestas a tierra.

b) **En los tableros de distribución de frente muerto.** Los instrumentos, medidores y relevadores (ya sea que funcionen conectados con transformadores de corriente y potencial o conectados directamente a su circuito), en tableros de distribución de frente muerto, deben tener sus carcasas puestas a tierra.

c) **En los tableros de distribución de frente vivo.** Los instrumentos, medidores y relevadores (ya sea que funcionen conectados con transformadores de corriente y potencial o conectados directamente a su circuito), en tableros de distribución que tengan partes energizadas en la parte frontal de los mismos, no deben tener sus carcasas puestas a tierra. Cuando la tensión eléctrica a tierra exceda de 150 V, debe haber tapetes de hule u otro material aislante para las personas que manipulen el tablero de distribución.

250-124. Carcasas de instrumentos, contadores y relevadores que funcionan a 1 kV y más. Cuando los instrumentos, medidores y relevadores contengan partes conductoras a 1 kV o más a tierra, se deben aislar elevándolas o protegiéndolas por medio de barreras adecuadas puestas a tierra en las partes metálicas o cubiertas aislantes o protectores aislantes. Sus carcasas no deben ser puestas a tierra.

Excepción: Las carcasas de detectores electrostáticos de tierra cuando las partes internas del instrumento puestas a tierra vayan conectadas a la carcasa del instrumento y puestas a tierra y el detector esté aislado mediante elevación.

250-125. Conductor de puesta a tierra de los instrumentos. El conductor de puesta a tierra de los circuitos derivados de transformadores de instrumentos y de las carcasas de los instrumentos, no debe ser menor que 3,31 mm² (12 AWG) de cobre. Se considera que las carcasas de transformadores de instrumentos, contadores y relevadores que vayan montados directamente sobre superficies o envolventes metálicos puestos a tierra o paneles de instrumentos metálicos puestos a tierra, están también puestas a tierra y no se requiere usar un conductor adicional.

L. Puesta a tierra de sistemas y circuitos de alta tensión (600 V o más)

250-150. Disposiciones generales. Cuando sean puestos a tierra los sistemas de alta tensión eléctrica (600 V o más), deben cumplir todas las disposiciones aplicables de las anteriores Secciones de este artículo y con las siguientes, en cuanto complementen y modifiquen a las anteriores.

250-151. Sistema con neutro derivado. Se permite usar para la puesta a tierra de sistemas de alta tensión eléctrica el neutro derivado de un transformador de puesta a tierra.

250-152. Sistemas con neutro sólidamente puestos a tierra

a) Conductor neutro. El nivel mínimo de aislamiento de conductores neutros de sistemas sólidamente puestos a tierra, debe ser de 600 V.

Excepción 1: Se permite usar conductores de cobre desnudos como neutro de la acometida y como neutro de la parte directamente enterrada de alimentadores.

Excepción 2: Se permite usar conductores desnudos como neutro de las instalaciones aéreas.

NOTA: Véase 225-4 acerca de los conductores que estén a menos de 3 m de cualquier edificio o estructura.

b) Puestas a tierra múltiples. Se permite que el neutro de un sistema con neutro sólidamente puesto a tierra, esté puesto a tierra en más de un punto en el caso de:

- 1) Acometidas.
- 2) Partes directamente enterradas de los alimentadores cuyo neutro sea de cobre desnudo.
- 3) Instalaciones aéreas.

c) Conductor de puesta a tierra del neutro. Se permite que el conductor de puesta a tierra del neutro sea un conductor desnudo si está aislado de los conductores de fase y protegido contra daño físico.

250-153. Sistemas con neutro puesto a tierra a través de impedancia. Los sistemas con neutro puesto a tierra a través de impedancia deben cumplir lo establecido en los siguientes incisos.

a) Ubicación. La impedancia de puesta a tierra se debe insertar en el conductor de puesta a tierra entre el electrodo (o sistema de electrodos) de puesta a tierra del sistema de suministro y el punto neutro del transformador o del generador de suministro.

b) Identificación y aislamiento. Cuando se emplee el conductor neutro de un sistema con neutro puesto a tierra a través de impedancia, se debe identificar así y aislarlo totalmente con el mismo nivel de aislamiento que los conductores de fase.

c) Conexión con el neutro del sistema. El neutro de la instalación no se debe poner a tierra si no es a través de la impedancia de puesta a tierra del neutro.

d) Conductores de puesta a tierra de equipo. Se permite que los conductores de puesta a tierra de equipo sean cables desnudos y deben ser conectados al conductor del electrodo de puesta a tierra y al conductor de puesta a tierra del equipo de la acometida, prolongándolos hasta el sistema de tierra del sistema.

250-154. Puesta a tierra de sistemas de suministro a equipo móvil o portátil. Los sistemas que suministren energía a equipo portátil o móvil en alta tensión, distintos de las subestaciones provisionales, deben cumplir con los siguientes incisos.

a) Equipo móvil o portátil. El equipo móvil o portátil en alta tensión se debe alimentar desde un sistema que tenga su neutro puesto a tierra a través de una impedancia. Cuando se utilice para alimentar equipo móvil o portátil una instalación de alta tensión conectada en delta, se debe obtener un neutro derivado del sistema.

b) Partes expuestas no conductoras de corriente eléctrica normalmente. Las partes expuestas de equipo móvil o portátil por las que no pase corriente eléctrica normalmente, se deben conectar mediante un conductor de puesta a tierra de equipo al punto de puesta a tierra de la impedancia del neutro del sistema.

c) Corriente eléctrica por falla de tierra. La tensión eléctrica que se crea entre las carcasas de equipo móvil o portátil y tierra cuando pasa la corriente eléctrica máxima de falla a tierra, no debe superar 100 V.

d) Detección y relevadores de falla a tierra. Se deben instalar dispositivos de detección y relevadores de falla a tierra que desconecten automáticamente cualquier componente de una instalación de alta tensión en la que se haya producido una falla a tierra. Se debe vigilar permanentemente la continuidad del conductor de puesta a tierra de equipo para ver si descarga automáticamente la alta tensión de alimentación que se produce en el equipo móvil o portátil, si se pierde la continuidad del conductor de puesta a tierra de equipo.

e) Aislamiento. El electrodo de puesta a tierra al que va conectada la impedancia del neutro del sistema de equipo móvil o portátil, debe ser independiente e ir separado 6,1 m como mínimo, de cualquier otro electrodo de puesta a tierra de sistemas o equipo y no debe haber conexión directa entre los electrodos de tierra, como tuberías enterradas, cercas u otros.

f) Cable y conectores de acoplamiento. El cable y los conectores de alta tensión para interconectar equipo móvil o portátil, debe cumplir con lo establecido en la Parte C del Artículo 400 (cable) y en 710-45 (conectores).

250-155. Puesta a tierra de equipo. Todas las carcasas de equipo fijo, móvil o portátil y de sus correspondientes cercas, alojamientos, envolventes y estructuras de soporte por las que no pase corriente eléctrica normalmente, deben ser puestos a tierra.

Excepción 1: Cuando estén aisladas de tierra y situadas de modo que impidan que cualquier persona pueda entrar en contacto con tierra a través de dichas partes metálicas cuando pase corriente eléctrica por el equipo.

Excepción 2: Equipo de distribución montado en postes, como se establece en la Excepción 3 de 250-42.

Los conductores de puesta a tierra que no formen parte integrante de un cable ensamblado en fábrica, no deben ser de tamaño nominal menor que $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) de cobre o $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) de aluminio.

ARTICULO 280-APARTARRAYOS

A. Disposiciones generales

280-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos generales, de instalación y de conexión de apartarrayos conectados a sistemas de alambrados de usuarios.

280-2. Definición. Un apartarrayos es un dispositivo protector que limita las sobretensiones transitorias descargando o desviando la sobrecorriente así producida, y evitando que continúe el paso de la corriente eléctrica, capaz de repetir esta función.

280-3. Número necesario. Cuando se utilice como un elemento en un punto del circuito, el apartarrayos debe conectarse a cada conductor de fase. Se permite que una misma instalación de apartarrayos proteja a varios circuitos interconectados, siempre que ningún circuito quede expuesto a sobretensiones cuando esté desconectado de los apartarrayos.

280-4. Selección del apartarrayos

a) Para circuitos de menos de 1 000 V. La capacidad nominal de los apartarrayos debe ser igual o mayor que la tensión eléctrica continua de fase a tierra a la frecuencia de suministro que se pueda producir en el punto de aplicación.

Los apartarrayos instalados en circuitos de menos de 1 000 V deben estar aprobados y listados para ese fin.

b) En circuitos de 1 kV y más, tipo carburo de silicio. La capacidad nominal de los apartarrayos tipo carburo de silicio no debe ser inferior a 125% de la tensión eléctrica máxima continua de fase a tierra disponible en el punto de aplicación.

NOTA 1: La elección adecuada de apartarrayos de óxido metálico se debe basar en consideraciones de la tensión eléctrica máxima continua y del valor y duración de las sobretensiones en el lugar donde se vaya a instalar, y de cómo puedan afectar al apartarrayos las fallas de fase a tierra, los métodos de puesta a tierra del sistema, las sobretensiones por operación de interruptores y otras causas. Es conveniente consultar las instrucciones de los fabricantes para la aplicación y selección de apartarrayos en cada caso particular.

B. Instalación de los apartarrayos

280-11. Localización. Está permitido instalar apartarrayos en interiores o exteriores, pero deben ser inaccesibles a personas no calificadas, y lo más cerca posible del equipo. Véase 280-27.

Excepción: Los apartarrayos aprobados y listados para su instalación en lugares accesibles.

En instalaciones en vía pública, deben instalarse apartarrayos en los puntos normalmente abiertos. Cuando se trate de sistemas subterráneos, el apartarrayos debe ser de frente muerto.

280-12. Tendido de los cables de los apartarrayos. El conductor utilizado para conectar el apartarrayos a la red o cables y a tierra no debe ser más largo de lo necesario, y se deben evitar curvas innecesarias.

C. Conexión de los apartarrayos

280-21. Instalados en acometidas de menos de 1 000 V. Los conductores de conexión a la red y a tierra no deben ser de tamaño nominal inferior a $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) en cobre ni menor que $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) en aluminio. El conductor de puesta a tierra de apartarrayos se debe conectar a uno de los siguientes elementos:

(1) al conductor puesto a tierra de la acometida;

(2) al conductor del electrodo de puesta a tierra;

(3) al electrodo de puesta a tierra de la acometida, o

(4) a la terminal de puesta a tierra de equipo de acometida. En los elementos (2) y (3) anteriores, el conductor de puesta a tierra debe ser de cobre.

280-22. Instalados en el lado de la carga en instalaciones de menos de 1 000 V. Los conductores de conexión de apartarrayos a la red y a tierra no deben ser de tamaño nominal inferior a $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) en cobre ni menores a $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) en aluminio. Se permite conectar un apartarrayos entre dos conductores cualesquiera (de fase, puesto a tierra o conductor de puesta a tierra). El conductor de puesta a tierra y el puesto a tierra sólo se deben conectar entre sí cuando funcione el apartarrayos normalmente durante una sobretensión.

280-23. Circuitos de 1 kV en adelante: conductores de los apartarrayos. Los conductores entre apartarrayos y la red y entre aquéllos y la conexión de puesta a tierra, no deben ser inferiores a $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) de cobre o de $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) de aluminio.

280-24. Circuitos de 1 kV en adelante: conexiones. Los conductores de puesta a tierra de apartarrayos que protegen a un transformador cuyo secundario suministre energía a un sistema de distribución, se deben conectar como se indica en los siguientes incisos.

a) Conexiones metálicas. Se debe hacer una conexión metálica con el conductor puesto a tierra en el secundario o al conductor de puesta a tierra del equipo en el secundario, considerando que además de la conexión directa puesta a tierra del apartarrayos:

1) El conductor puesto a tierra en el secundario tenga además una conexión de puesta a tierra con una tubería metálica continua enterrada para agua. No obstante, en zonas urbanas donde haya por lo menos cuatro conexiones con tubería de agua al neutro y no menos de cuatro de dichas conexiones por cada 1,6 km de longitud del neutro, se permite hacer la conexión metálica con el neutro del secundario, sin tener que hacer la conexión directa a tierra del apartarrayos;

2) El conductor puesto a tierra en el secundario del sistema forme parte de un sistema con múltiples puestas a tierra del neutro en el cual el neutro del primario tiene al menos cuatro conexiones a tierra por cada 1,6 km, adicionalmente a la puesta a tierra en cada acometida.

b) A través de un entrehierro o dispositivo. Cuando el conductor de puesta a tierra del apartarrayos no esté conectado como se indica anteriormente en (a) o cuando el secundario no esté puesto a tierra como se indica anteriormente en (a), pero sí como se indica en 250-81 y 250-83, se debe hacer una conexión a través de un entrehierro u otro dispositivo aprobado y listado, como sigue:

1) En sistemas con primario no puesto a tierra o con un solo punto de puesta a tierra, el entrehierro u otro dispositivo aprobado y listado debe tener una tensión eléctrica de ruptura a 60 Hz como mínimo del doble de la tensión eléctrica del circuito primario, pero no necesariamente más de 10 kV, y debe haber como mínimo otro punto de puesta a tierra del conductor de puesta a tierra del secundario, a una distancia no menor que 6 m del electrodo de puesta a tierra del apartarrayos.

2) En sistemas cuyo neutro del primario tenga varios puntos de puesta a tierra, el entrehierro u otro dispositivo aprobado y listado debe tener una tensión eléctrica de ruptura a 60 Hz no superior a 3 kV y debe haber como mínimo otro punto de puesta a tierra del conductor de puesta a tierra del secundario a una distancia no inferior a 6 m del electrodo de puesta a tierra del apartarrayos.

c) **Con permiso especial.** Sólo se puede hacer una conexión del conductor de puesta a tierra del apartarrayos y del neutro del secundario, que no sea como las indicadas en los anteriores (a) y (b), mediante permiso especial de la empresa suministradora.

280-25. Toma de tierra. Excepto lo indicado en este Artículo, las conexiones de puesta a tierra de los apartarrayos se deben hacer como se indica en el Artículo 250. Los conductores de puesta a tierra no deben ir en una envolvente metálica a no ser que estén conectados equipotencialmente a ambos extremos de dicha envolvente.

280-26. Sistemas aéreos en anillo y en transiciones. Deben instalarse apartarrayos en el punto abierto de sistemas aéreos en anillo y en transiciones de línea aérea a subterránea.

280-27. Instalación en interiores. Cuando se instalen apartarrayos en el interior de edificios, deben ubicarse fuera de pasillos y alejados de otros equipos, así como de materiales inflamables.

280-28. Resguardo. Los apartarrayos y sus accesorios deben resguardarse, ya sea por su elevación o por su localización en sitios inaccesibles a personas no calificadas; o bien, protegidos por defensas o barandales, similares a los que se mencionan en 110-17 y 110-34.

280-29. Conexión de puesta a tierra

a) **Conductores de puesta a tierra.** Los apartarrayos deben ser puestos a tierra lo más directamente posible y deben cumplir con el tamaño nominal mínimo señalado en 280-23.

b) **Conexión de puesta a tierra de partes metálicas de apartarrayos.** Cuando no sea factible el resguardo de los apartarrayos como se indica en 280-28, su estructura y partes metálicas que no conducen corriente eléctrica, deben ser puestos a tierra.

c) **Apartarrayos instalados en terminales de cables subterráneos.** Cuando se instalen en terminales de cables subterráneos con cubiertas metálicas, éstas deben conectarse al mismo sistema de tierra de los apartarrayos.

ARTICULO 285 SUPRESORES DE SOBRETENSIONES TRANSITORIAS (SSTT)

A. General

285-1 Alcance. Este artículo cubre los requerimientos generales, requerimientos de instalación y requerimientos de conexión para supresores de sobretensiones transitorias instalados permanentemente en los sistemas de alambrado de los inmuebles.

285-2 Definición. Supresor de sobretensiones transitorias (SSTT): es un dispositivo de protección para limitar las tensiones transitorias mediante la desviación o limitación de sobrecorrientes, también evita el flujo continuo de la corriente resultante. Después de cada operación el dispositivo mantiene la capacidad de repetir sus funciones.

285-3 Usos no permitidos. Un supresor de sobretensión transitorios no debe usarse en los siguientes casos:

- 1) Circuitos cuya tensión de operación exceda 600 V.
- 2) Sistemas eléctricos no puestos a tierra, como se permite en 250-5 (b).
- 3) Cuando la tensión nominal del SSTT es menor que la máxima tensión a la frecuencia del sistema, de fase a tierra, en el punto de aplicación.

NOTA: La selección adecuada de un supresor de sobretensión transitorio depende de criterios, tales como, la tensión máxima de operación continua, la magnitud y duración de sobretensiones originados por fallas de fase a tierra en el punto de ubicación del supresor, las técnicas de puesta a tierra del sistema y las sobretensiones por maniobras de desconexión.

285- 4 Número requerido. Cuando se utilice en un punto del circuito, debe conectarse el SSTT a cada conductor no puesto a tierra.

285-5 Aprobado. El SSTT debe ser un dispositivo aprobado.

285-6 Capacidad de corto circuito. El SSTT deben marcarse con la capacidad de corto circuito para la que esté aprobado y no debe instalarse en un sistema donde la corriente de falla excede de su capacidad. Estos requisitos de marcado no se aplican a receptáculos que contenga un SSTT.

B. Instalación

285-11 Ubicación. Los SSTT pueden instalarse en interiores o exteriores de tal manera que únicamente sean accesibles a personal calificado, excepto que estén aprobados para su instalación en lugares accesibles a otras personas.

285-12 Trayectoria de conexiones. Los conductores utilizados para la conexión de los supresores a las líneas o barras y a tierra no debe ser más largos de lo necesario y deben evitarse dobleces innecesarios.

C. Conexión de SSTT

285-21 Conexión. Cuando se instala un SSTT debe conectarse como se indica a continuación:

a. Ubicación

- 1) **Acometida a un edificio o estructura.** El SSTT debe conectarse en lado de la carga del dispositivo de protección contra sobrecorriente del medio de desconexión de la acometida, como se indica en 230-91.
- 2) **Alimentador de suministro a un edificio o estructura.** El SSTT debe conectarse en el lado de la carga del primer dispositivo de protección contra sobrecorriente en el edificio o estructura.

Excepción a (1) y (2): Cuando el SSTT esté aprobado como apartarrayos, la conexión puede efectuarse de acuerdo a lo indicado en artículo 280.

- 3) **Sistema derivado separadamente.** El SSTT debe conectarse al lado de la carga del primer dispositivo de protección contra sobre corriente del sistema derivado separadamente.

b. Tamaño del conductor. El tamaño del conductor de línea y a tierra no debe ser menor que 2,08 mm² (14 AWG) en cobre.

c. Conexión entre conductores. Se permite la conexión de un SSTT entre dos conductores cualesquiera: conductores no puestos a tierra, conductor puesto a tierra, conductor de puesta a tierra. El conductor puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra deben interconectarse solamente por la operación normal del supresor durante una sobretensión.

285-25 Puesta a tierra. Los conductores de puesta a tierra no deben canalizarse dentro de envolventes metálicas a menos que estén unidos en ambos extremos de dichas envolventes.

4.3 METODOS DE ALAMBRADO Y MATERIALES

CAPITULO 3

ARTICULO 300-METODOS DE ALAMBRADO

A. Disposiciones generales

300-1. Alcance

a) Todas las instalaciones. Las disposiciones de este artículo aplican a todas las instalaciones y métodos de alambrado, salvo las excepciones siguientes:

Excepción 1: Sistemas intrínsecamente seguros referidos en el artículo 504.

Excepción 2: Circuitos clase 1, clase 2 y clase 3 referidos en el artículo 725.

Excepción 3: Circuitos de señalización para protección contra incendios referidos en el artículo 760.

Excepción 4: Cables de fibra óptica indicados en el artículo 770.

Excepción 5: Sistemas de comunicaciones referidos en el artículo 800.

Excepción 6: Equipo de radio y televisión referidos en el artículo 810.

Excepción 7: Sistemas de distribución comunitaria de antena de radio y televisión indicados en el artículo 820.

b) Partes integrales de equipo. Las disposiciones de este Artículo no se aplican a los conductores que sean parte integral de equipo, tales como motores, controladores, centros de control de motores o equipos de control ensamblados en fábrica o equipo de utilización aprobado.

300-2. Limitaciones

a) Tensión eléctrica. Los métodos de alambrado especificados en el capítulo 3 se aplican para tensión eléctrica nominal de 600 V o menor donde no esté específicamente limitado en alguna Sección del capítulo 3. Cuando esté específicamente permitido en otras partes de esta Norma, los métodos de instalación pueden aplicarse para tensiones nominales mayores a 600 V.

b) Temperatura. La temperatura máxima del conductor debe estar de acuerdo con lo indicado en 310-10.

300-3. Conductores

a) Conductores individuales. Los cables monoconductores especificados en la Tabla 310-13 sólo deben instalarse con un método de alambrado reconocido en el capítulo 3.

b) Conductores del mismo circuito. Todos los conductores del mismo circuito, el conductor puesto a tierra y todos los conductores de puesta a tierra del equipo, cuando sean usados, deben instalarse dentro de la misma canalización, soporte tipo charola para cables, zanja, cable o cordón.

Excepción 1: Para (b), los conductores individuales de cable tipo MI con una cubierta no metálica, instalados de acuerdo con lo indicado en 330-16, se permite que se instalen en cables separados.

Excepción 2: Para (b), los paneles de alumbrado y control tipo columna que empleen ductos auxiliares y cajas para jalado de los conductores con terminales para los conductores neutros.

Excepción 3: para (a) y (b), como se permite en 250-57(b), 250-79(f), 300-5(i), 300-20(b), 318-8(d) y 339-3(a)(2).

Excepción 4: Como se permite en 310-4 para conductores en paralelo.

c) Conductores de sistemas diferentes

1) Tensión eléctrica nominal hasta 600 V. Los conductores de tensión eléctrica nominal hasta 600 V, de circuitos de c.a. y de c.c., pueden ocupar la misma canalización, envolvente de alambrado del equipo o cable. Todos los conductores deben tener un aislamiento adecuado para la tensión eléctrica máxima nominal del circuito de cualquier conductor dentro de la canalización, envolvente o cable. Todos los conductores sin pantalla deben tener un aislamiento nominal igual o como mínimo la máxima tensión eléctrica del circuito aplicada a cualquier conductor dentro de la canalización, envolvente o cable.

Excepción: Para sistemas solares fotovoltaicos de acuerdo con lo indicado en 690-4(b).

NOTA: Para conductores de las clases 2 y 3 véase 725-52(a)(2).

2) Tensión eléctrica nominal mayor que 600 V. Los conductores para tensiones eléctricas nominales mayores de 600 V no deben ocupar el mismo envolvente, cable o canalización de alambrado de equipo, que los conductores para tensiones nominales iguales o menores de 600 V a menos que se permita algo diferente de (a) a (f), siguientes:

a) Se permite que el cableado secundario para lámparas de descarga eléctrica hasta 1 000 V, si está aislado para la tensión eléctrica del secundario, ocupen la misma envolvente del luminario, anuncio luminoso o de alumbrado de realce que los conductores del circuito derivado.

b) Se permite que las terminales primarias de balastos de lámparas de descarga eléctrica aislados para la tensión eléctrica primaria del balastro, si están dentro de la envolvente individual del alambrado, ocupen la misma envolvente del luminario, anuncio luminoso o de alumbrado de realce que los conductores del circuito derivado.

c) Se permite que los conductores de excitación, control, relevadores y ampémetros usados en conexión con cualquier motor o arrancador individual, ocupen la misma canalización de los conductores del circuito del motor.

d) En motores, ensambles de tableros de distribución y control y equipos similares, se permiten conductores de diferentes tensiones nominales.

e) En registros se permiten conductores de diferentes tensiones nominales, si los conductores de cada sistema están separados de forma efectiva y permanente de los conductores de los otros sistemas y fijados firmemente a bastidores, aisladores u otros soportes aprobados.

Los conductores con aislamiento sin pantalla y que operan a niveles de tensión diferentes no deben ocupar la misma envolvente, cable o canalización.

f) Cumplir con lo aplicable de los artículos 922 y 923.

300-4. Protección contra daños físicos. En donde los conductores estén expuestos a daños físicos, deben protegerse adecuadamente.

a) Cables y canalizaciones a través de piezas estructurales de madera

1) Orificios perforados. En instalaciones ocultas o a la vista, donde se instalen métodos de alambrado cables o canalizaciones a través de orificios perforados en vigas, travesaños o piezas estructurales de madera similares, los orificios deben taladrarse de tal manera que el borde del orificio no esté a menos de 30 mm del extremo más cercano de la estructura. Si esta distancia no puede mantenerse, los cables o canalizaciones deben protegerse contra penetración de clavos y tornillos con una placa de acero de espesor mínimo de 1,5 mm y longitud y ancho apropiados para que cubran la zona por donde los clavos o tornillos pudieran dañar al alambrado.

Excepción: Las canalizaciones indicadas en los artículos 345, 346, 347 y 348.

2) Ranuras en madera. Cuando no exista objeción por el debilitamiento en la estructura del edificio, tanto en lugares ocultos como expuestos, se permite que los cables o canalizaciones se tiendan a través de ranuras, en columnas, vigas, travesaños de madera u otras partes de madera, siempre y cuando el cable o la canalización se proteja en estos puntos contra penetración de clavos o tornillos, por medio de placas de acero de espesor mínimo de 1,5 mm instaladas antes de que se aplique el acabado de la construcción.

Excepción: No se requiere la placa de acero cuando se empleen las canalizaciones indicadas en los artículos 345, 346, 347 y 348.

b) Cables con cubierta no metálica y tubo (conduit) no metálico que pasen a través de piezas estructurales metálicas

1) Cables con cubierta no metálica. Tanto en instalaciones ocultas o visibles, cuando se instalen cables con cubierta no metálica, a través de orificios o ranuras en partes metálicas hechos en fábrica o en obra, los cables deben protegerse con conectores de metal sujetos firmemente en los orificios de la instalación del cable.

2) Cables con cubierta no metálica y tubo (conduit) no metálico. Cuando los clavos o tornillos pudieran penetrar en los cables con cubierta no metálica o en tubo (conduit) no metálico, éstos deben protegerse con un tubo metálico, una placa o una abrazadera de acero de espesor no menor que 1,5 mm.

c) Cables a través de espacios detrás de paneles diseñados para permitir acceso. Los cables o métodos de alambrado con canalizaciones instalados detrás de los paneles diseñados para permitir el acceso, deben instalarse de acuerdo con lo indicado en sus artículos aplicables.

NOTA: Véanse 300-11(a), 300-23, 725-5, 760-5, 720-11 y 800-6.

d) Cables y canalizaciones sobre estructuras. En instalaciones ocultas y visibles cuando se instalen cables o métodos de alambrado con canalizaciones sobre estructuras, éstos deben instalarse y sujetarse de tal forma que se separen cuando menos 30 mm de la orilla de la estructura donde pueden colocarse clavos o tornillos. Cuando esta distancia sea imposible de mantenerse, la canalización o el cable debe protegerse con una placa metálica de 1,5 mm de espesor mínimo, a efecto de impedir que sean penetrados por clavos o tornillos.

Excepción 1: Las canalizaciones contempladas en los artículos 345, 346, 347 y 348.

Excepción 2: En instalaciones ocultas en acabados de construcciones o paneles para edificios prefabricados donde este tipo de soportes no son factibles, se permite unir el cable entre dos puntos de acceso.

Excepción 3: En casas móviles o vehículos recreativos.

e) Cable y canalizaciones instalados en ranuras poco profundas. Los cables o métodos de alambrado con canalizaciones en ranuras que vayan a ser cubiertas con alfombra o un acabado similar, deben protegerse con una placa metálica, tubo metálico o similar con espesor no menor que 1,5 mm o, en su caso, dejar un espacio libre de 30 mm a lo largo de la ranura.

Excepción: Canalizaciones cubiertas en los artículos 345, 346, 347 y 348.

f) Accesorios aislados. Cuando existan canalizaciones que contengan conductores de fase de tamaño de 21,2 mm² (4 AWG) o mayor, que entren a una envolvente, caja o canalización, los conductores deben protegerse con un accesorio que provea una superficie aislante, lisa y redondeada, a menos que la canalización tenga suficiente material aislante sujeto firmemente.

Excepción: En donde las entradas o guías roscadas formen parte integral de la entrada del envolvente, caja o canalización y tengan una superficie lisa y redondeada para la entrada de los conductores.

Las boquillas de tubo (conduit) construidas de material aislante no deben ser utilizadas para fijar un accesorio o una canalización. El material aislante debe soportar al menos la temperatura de operación de los conductores instalados.

300-5. Instalaciones subterráneas

- a) **Requisitos de profundidad mínima.** Los cables directamente enterrados, los tubos (conduit) u otras canalizaciones deben instalarse de manera que cumplan con los requisitos de profundidad mínima de la Tabla 300-5.

TABLA 300-5.- Profundidad bajo tierra mínima para sistemas de 600 V nominales o menos (cm)

Lugar o método de alambrado o circuito	Método de alambrado o circuito				
	1 Cable directamente enterrado	2 Tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado	3 Canalización no metálica aprobada para enterrarse directamente sin ahogar en concreto u otra canalización aprobada para tal uso	4 Circuitos derivados residenciales hasta 127 V con protección ICFT y protección de sobrecorriente máxima de 20 A	5 Circuito de control para riego e iluminación exterior limitado a 30 V e instalado con cable tipo UF u otros cables o canalizaciones
Todas las condiciones no especificadas abajo	60	15	45	30	15
En zanjas protegidos por concreto de 5 cm de espesor o equivalente	45	15	30	15	15
Bajo edificios	0 (sólo en canalizaciones)	0	0	0 (sólo en canalizaciones)	0 (sólo en canalizaciones)
Bajo banqueta de concreto con espesor mínimo de 10 cm, extendiéndose 15 cm mínimo más allá de la instalación subterránea	45	10	10	15 (directamente enterrado) 10 (en canalizaciones)	15 (directamente enterrado) 10 (en canalizaciones)
Bajo arroyo	60	60	60	60	60
En entradas y estacionamientos para viviendas unifamiliares	45	45	45	30	45
En aeropuertos, en pistas y lugares adyacentes en donde se prohíba el paso	45	45	45	45	45

La profundidad bajo tierra se define como la distancia más corta medida entre la superficie de cualquier conductor, cable, tubo u otras canalizaciones directamente enterrados y la superficie de la tierra, cubierta de concreto u otra cubierta similar.

1. Las canalizaciones aprobadas para ser enterradas solamente cuando están ahogadas en concreto, deben tener un recubrimiento de concreto de espesor no menor que 5 cm.

2. Cuando se requiera subir cables para realizar terminales o empalmes o donde se requiera acceso, se permiten menores profundidades.

3. Cuando uno de los métodos de alambrado indicados en las columnas 1 a 3 esté combinado con uno de los tipos de circuito de las columnas 4 y 5, se permite utilizar la menor profundidad indicada.

4. Cuando sea terreno rocoso, todas las instalaciones deben realizarse en tubo (conduit) metálico o no metálico permitidos para instalarse directamente enterrados. Las canalizaciones deben instalarse ahogadas en concreto con un espesor no menor que 5 cm.

b) Puesta a tierra. Todas las instalaciones subterráneas deben estar conectadas a tierra de acuerdo con lo indicado en el artículo 250.

c) Cables subterráneos bajo edificios. Los cables subterráneos instalados bajo un edificio deben colocarse en una canalización que se prolongue más allá de las paredes exteriores del edificio.

d) Protección contra daños. Los cables directamente enterrados y los que salgan de instalaciones subterráneas deben protegerse con canalizaciones que se extiendan desde la profundidad mínima requerida en la Tabla 300-5 hasta 2,50 m sobre el nivel de piso terminado. En ningún caso se requiere que la protección exceda 45 cm por debajo del nivel de piso.

Los conductores que entran a un edificio deben protegerse hasta el punto de entrada.

Cuando la canalización esté expuesta a daño físico, los conductores deben estar instalados en tubo (conduit) metálico tipo semipesado o tipo pesado.

e) Empalmes y derivaciones. Se permite hacer empalmes o derivaciones en cables directamente enterrados, sin utilizar cajas de empalme. Los empalmes o derivaciones deben realizarse de acuerdo con lo indicado en 110-14 (b).

f) Rellenos. No deben usarse rellenos que puedan dañar la canalización, los cables u otras subestructuras o impedir la compactación adecuada del mismo o contribuir a la corrosión de los elementos de la instalación, tales como relleno que contenga rocas grandes, materiales de pavimento, escorias, materiales grandes y con ángulos agudos o material corrosivo.

Cuando sea necesario proteger a la canalización o al cable contra daño físico, la protección debe proporcionarse por medio de rellenos de materiales granulados o seleccionados, cubiertas adecuadas, mangas apropiadas u otros medios aprobados.

g) Sellado de canalización. El tubo (conduit) o canalizaciones por las cuales pudiera hacer contacto la humedad con partes vivas energizadas, deben sellarse en uno o ambos extremos.

Cuando se tenga la presencia de gases o vapores peligrosos se debe sellar el tubo (conduit) o las canalizaciones subterráneas que entren a los edificios.

h) Boquillas. Al final de la canalización o tubo (conduit) debe usarse una boquilla o accesorio terminal, cuando los cables surjan de un método de alambrado con instalación directamente enterrada. Se permite el uso de un sello que proporcione las mismas características físicas de protección, en lugar de la boquilla.

i) Conductores del mismo circuito. Todos los conductores del mismo circuito y cuando se requieran el conductor puesto a tierra y todos los conductores de puesta a tierra del equipo, deben instalarse en una misma canalización o cuando vayan en una trinchera, próximos unos de otros.

Excepción 1: Cuando se tengan varios conductores en paralelo por fase, pueden ir en distintas canalizaciones si cada una contiene a todos los conductores del mismo circuito incluyendo los conductores de puesta a tierra.

Excepción 2: Se permiten instalaciones de fases separadas en canalizaciones no metálicas cercanas cuando se tengan los conductores en paralelo como se permite en 310-4 y si se cumplen las condiciones de 300-20.

j) Asentamiento del terreno. Cuando las canalizaciones o cables directamente enterrados estén sujetos a asentamiento por movimientos de terreno, los conductores o el equipo conectado a las canalizaciones deben protegerse para prevenir daños.

NOTA: Esta Sección reconoce algunos de los métodos considerados para la protección de los conductores contra asentamientos, como pueden ser las vueltas en "S" en transiciones de cables directamente enterrados a canalizaciones, las juntas de expansión en subidas de tubos a equipo fijo y en general conexiones flexibles a equipo.

300-6. Protección contra la corrosión. Las canalizaciones metálicas, armaduras metálicas de cables, cajas, cubiertas de cables, gabinetes, codos metálicos, uniones y accesorios, soportes y sus herrajes, deben ser de materiales aprobados conforme con 110-2 para el medio ambiente donde se instalen.

a) Disposiciones generales. Las canalizaciones de material ferroso, armaduras y cubiertas de cables, cajas, gabinetes, codos metálicos y accesorios, soportes y sus herrajes de materiales ferrosos, deben protegerse adecuadamente contra la corrosión en su interior y en su exterior (excepto las roscas en las uniones) por una capa de material aprobado como resistente a la corrosión, tal como zinc, cadmio o esmalte. En los casos en que la protección contra la corrosión sea solamente por medio de esmalte, no se deben usar en exteriores o en lugares mojados, tales como los descritos en (c) de esta Sección.

Excepción: Se permite que las roscas en las uniones tengan una capa con un compuesto aprobado e identificado como eléctricamente conductivo.

b) En concreto o en contacto directo con la tierra. Las canalizaciones de material ferroso o no ferroso, armaduras y cubiertas de cables, gabinetes, ángulos, uniones, soportes y accesorios metálicos, pueden instalarse en concreto o en contacto directo con la tierra o en áreas sometidas a influencias corrosivas severas cuando estén fabricados con materiales adecuados para esta condición o cuando sean provistos de una protección adecuada contra la corrosión.

c) Lugares mojados en interiores. En las lecherías, lavanderías, fábricas de conservas alimenticias y otros lugares mojados en donde las paredes se lavan frecuentemente o donde existan superficies de materiales absorbentes, tales como papel o madera húmedos, el sistema de alambrado completo, incluyendo todas las cajas, accesorios, canalizaciones y cables, deben montarse con una separación mínima de 6 mm entre sus componentes y la pared o la superficie que lo soporte.

Excepción: Se permite la instalación de canalizaciones y cajas no metálicas sin la separación mínima en superficies de concreto, tabique, azulejo o superficies similares.

NOTA: En general, los lugares en los cuales se manejan y almacenan productos químicos, ácidos y/o alcalinos pueden presentar condiciones severas de corrosión especialmente si son lugares húmedos o mojados. Existen condiciones severas de corrosión en áreas de plantas empacadoras de carne, tenerías, pegamentos, algunos establos, instalaciones cercanas al mar, albercas, áreas donde se utilizan productos químicos para deshielo y sótanos o cuartos de almacenamiento para cueros, crudos, materiales para embalar, fertilizantes, sal y productos químicos.

300-7. Canalizaciones expuestas a diferentes temperaturas

a) Sellado. Cuando existan partes interiores de un sistema de canalización expuestas a grandes diferencias de temperatura, como ocurre en las plantas y cámaras frigoríficas, se debe impedir la circulación de aire a través de la canalización de una sección caliente a una fría.

b) Juntas de expansión. Las canalizaciones deben proveerse con juntas de expansión cuando se requiera compensar la expansión y contracción térmica.

300-8. Instalación de conductores con otros sistemas. Las canalizaciones o los soportes tipo charola para cables no deben contener tuberías para vapor, agua, aire, gas, drenaje o cualquier otro servicio que no sea eléctrico.

300-9. Puesta a tierra de envolventes metálicas. Las canalizaciones metálicas, cajas, gabinetes, cables armados y accesorios, deben estar puestos a tierra como se indica en el Artículo 250.

300-10. Continuidad eléctrica de envolventes y canalizaciones metálicas. Las canalizaciones metálicas, armaduras de cables y otras envolventes metálicas para conductores, deben unirse metálicamente para formar un conductor eléctrico continuo y deben estar conectadas a todas las cajas, accesorios y gabinetes para proporcionar una continuidad eléctrica efectiva. A menos que se permita específicamente otra cosa en esta norma, las canalizaciones y ensambles de cables, deben estar mecánicamente sujetas a las cajas, accesorios, gabinetes y otros envolventes.

Excepción 1: Lo dispuesto en 370-17(c) para cajas no metálicas.

Excepción 2: Lo dispuesto en la Excepción 2 de 250-33, para envolventes metálicas.

Excepción 3: Lo indicado en la Excepción de 250-75 donde se permita reducción de ruido eléctrico.

300-11. Fijación y soporte

a) Fijación correcta. Las canalizaciones, conjuntos de cables, cajas, gabinetes y accesorios deben estar firmemente sujetos en su lugar. No se permite como único soporte a los alambres de soporte no fijados de una parte rígida.

1) En métodos de alambrado localizados en la cavidad entre un piso y plafón o entre techo y plafón clasificado como resistente al incendio, éstos no deben asegurarse o soportarse en el ensamble del plafón, ni en los alambres de soporte del mismo. Debe proveerse un medio de soporte seguro e independiente.

Excepción: Se permite que el sistema de soporte del plafón sostenga alambrado y equipo cuando el conjunto haya sido probado como parte integral del ensamble resistente al incendio.

2) En métodos de alambrado localizados en la cavidad entre un piso y plafón o entre techo y plafón clasificado como no resistente al incendio, éstos no deben asegurarse o soportarse en el ensamble del plafón, ni en los alambres de soporte del mismo. Debe proveerse un medio de soporte seguro e independiente.

Excepción: Se permite que el sistema de soporte del plafón sostenga alambrado de circuitos derivados y el equipo asociado cuando se instalan de acuerdo con las instrucciones del fabricante del ensamble.

No se permite soportar cables y canalizaciones en techos de rejillas.

b) Canalizaciones usadas como medios de soporte. Las canalizaciones no deben usarse como medio de soporte para otras canalizaciones, cables o equipo no eléctrico.

Excepción 1: Cuando las canalizaciones o medio de soporte se aprueben e identifiquen para tal propósito.

NOTA: Véase el Artículo 318 para soportes tipo charola para cables.

Excepción 2: Se permite que canalizaciones que contengan conductores de alimentación para equipo controlado eléctricamente, soporten conductores de circuito Clase 2 o cables exclusivos para conexión a los circuitos de control del equipo.

Excepción 3: Como se permite en 370-23 para cajas de paso o en 410-16(f) para accesorios.

300-12. Continuidad mecánica de canalización y cables. Las canalizaciones metálicas y no metálicas, armaduras y cubiertas de cables deben ser continuas entre gabinetes, cajas, accesorios u otras cubiertas, envolventes o salidas.

Excepción: Pequeñas canalizaciones usadas como soporte o protección contra daño físico del cable.

300-13. Continuidad eléctrica y mecánica de conductores

a) Disposiciones generales. En las canalizaciones, los conductores deben estar continuos entre las cajas de salida, cajas de registro y dispositivos y no debe haber empalmes o derivaciones dentro de una canalización, a menos que lo permitan la Excepción 1 de 300-15(a); 352-7; 352-29; la Excepción de 354-6; 362-7; 362-21 o 364-8(a).

b) Continuidad del conductor puesto a tierra cuando se eliminan dispositivos eléctricos. En circuitos derivados multiconductores, la continuidad del conductor puesto a tierra no debe depender de las conexiones de los dispositivos tales como portalámparas, receptáculos, etc., cuando al retirar tales dispositivos se interrumpa la continuidad.

300-14. Longitud adicional de conductores en caja de salida, empalme y punto de conexión. En cada caja de salida, empalme y punto de conexión, debe dejarse al menos 15 cm de longitud adicional en los conductores disponibles para hacer las uniones o la conexión de dispositivos o artefactos.

Excepción: Conductores que no son empalmados o terminados en caja de salida, empalme y en punto de conexión no requieren cumplir con 300-14.

300-15. Cajas, cajas de paso o accesorios

a) Caja de salida o caja de paso o de empalme. Debe instalarse una caja de salida o caja de paso o de empalme, que cumpla lo establecido en 370-16 y 370-28, para cada punto de conexión de empalme de conductores, salida, punto de conexión, punto de unión, o punto de jalado, para la conexión de tubo (conduit), canalizaciones de superficie u otras canalizaciones.

Excepción 1: No se requiere una caja o caja de paso para empalme de conductores en canalizaciones de superficie que tengan una cubierta desmontable que sea accesible después de la instalación tal como: canales metálicos con tapa, ductos colectores, conjunto de salidas múltiples, canales auxiliares, soportes tipo charola para cables y cabezales de ductos.

Excepción 2: Lo permitido en 410-31

b) Sólo cajas. Debe instalarse una caja en cada punto de empalme de conductores, salida, punto de derivación, punto de unión, o punto de jalado, para la conexión de los cables tipo AC, cables tipo MC, cables tipo MI, cables con cubierta metálica, cables con cubierta no metálica u otros cables. Debe instalarse una caja en el punto de conexión entre tal sistema de cables y un sistema de canalización, y en cada salida y punto de conexión para instalaciones ocultas sobre aisladores.

Excepción 1: Cuando los cables salgan o entren de un ducto o tubo (conduit) que se utiliza para proveer un soporte o para protección contra daño físico a los cables. Debe colocarse un accesorio al final del ducto o tubo (conduit) para proteger a los cables contra la abrasión.

Excepción 2: Como se permite en 336-21 para dispositivos de salida aislados alimentados por cables con cubierta no metálica.

Excepción 3: Donde se usen complementos accesibles para hacer empalmes rectos en cables de cubierta metálica y de aislamiento mineral.

Excepción 4: Pueden usarse sin una caja individual dispositivos de alambrado con cubierta integral adecuada para su uso, que tenga abrazaderas que sujeten firmemente el dispositivo a un miembro estructural en la pared o techos de construcciones convencionales armados en obra, para usarse con cables con cubierta no metálica.

NOTA: Véanse Excepción 2 de 336-18, 545-10; 550-10(j) y Excepción 1 de 551-47(e).

Excepción 5: Donde se utilicen sistemas de alambrado metálicos prefabricados.

Excepción 6: Se permite una caja de paso en vez de una caja de registro cuando se instale de acuerdo con lo indicado en 370-16(c) y 370-28.

Excepción 7: Cuando se utilice un dispositivo aprobado e identificado para instalarlo sin caja, en un sistema de distribución en anillo.

Excepción 8: Se permite un accesorio adecuado en vez de la caja, cuando sea accesible después de la instalación y cuando los conductores no se empalmen o terminen.

Excepción 9: Como se permite en 300-5(e) para empalmes y derivaciones en cables directamente enterrados.

c) Accesorios y conectores. Los accesorios y conectores deben emplearse solamente bajo los métodos de alambrado para los cuales han sido diseñados.

d) Equipo. Pueden emplearse cajas de empalme o compartimentos de alambrado en salidas, en lugar de cajas de registro, cuando forman parte integral del equipo.

300-16. Canalización o cables en un alambrado oculto o abierto

a) Caja de registro o accesorio. Se debe usar una caja de registro o accesorio terminal con orificios o boquillas redondeadas para cada conductor, cada vez que se realice un cambio a un alambrado oculto o abierto desde un tubo (conduit) metálico, tubo (conduit) no metálico, cable con cubierta no metálica, cable tipo AC, cable tipo MC o cables con aislamiento mineral (MI), cables con cubierta metálica y alambrado con canalizaciones de superficie. Un dispositivo usado para este propósito no debe contener derivaciones o empalmes y no puede ser utilizado como dispositivo de salida.

b) Boquilla. Se permite usar una boquilla en lugar de una caja o accesorio terminal en el extremo de un tubo (conduit), cuando la canalización termina detrás de un tablero de distribución abierto (sin cubierta) en un equipo de control sin cubierta u otro equipo similar. La boquilla debe ser de tipo aislante.

300-17. Número y tamaño de conductores en canalizaciones. La cantidad y tamaño de conductores en cualquier canalización no debe ser mayor que lo que permita la disipación del calor y la fácil instalación y retiro de los conductores sin dañar a los mismos o a su aislamiento.

NOTA: Véanse las siguientes Secciones de esta norma:

Tubo (conduit) no metálico 331-6;

Tubo (conduit) de polietileno 332-6;

Tubo (conduit) no metálico con cables preensamblados para usos subterráneos 343-15;
 Tubo (conduit) metálico tipo semipesado 345-7;
 Tubo (conduit) metálico tipo pesado 346-6;
 Tubo (conduit) rígido no metálico 347-11;
 Tubo (conduit) metálico tipo ligero 348-7;
 Tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero 349-12;
 Tubo (conduit) metálico flexible 350-12;
 Tubo (conduit) flexible metálico y no metálico, hermético a líquidos 351-6 y 351-25;
 Canalizaciones superficiales metálicas y no metálicas 352-4 y 352-25;
 Canalizaciones bajo el piso 354-5;
 Canalizaciones en pisos metálicos celulares 356-5;
 Canalizaciones en pisos de concreto celular 358-11;
 Ductos metálicos y no metálicos con tapa 362-5;
 Canalizaciones prealambradas 365-3 c);
 Cables de aparatos eléctricos 402-7;
 Teatros, áreas de audiencia en cines y estudios de televisión y lugares similares 520-6;
 Anuncios luminosos y alambrado de realce 600-21 h);
 Elevadores, montacargas, escaleras eléctricas y pasillos móviles, escaleras y elevadores para sillas de ruedas 620-33;
 Equipos de grabación de sonido y similares 640-3 y 640-4;
 Equipos de rayos X 660-8;
 Circuitos clase 1, clase 2 y clase 3 para control remoto, señalización y de potencia limitada artículo 725;
 Sistemas de señalización para protección contra incendios artículo 760;
 Cables de fibra óptica artículo 770.

300-18. Instalación de canalizaciones. Las canalizaciones deben estar completamente instaladas entre salidas o puntos de empalme, antes de instalar los conductores.

Excepción 1: Canalizaciones accesibles con cubierta removible.

Excepción 2: Donde se requiera para facilitar la instalación del equipo.

Excepción 3: Ensamblados prealambrados de acuerdo con lo indicado en los artículos 349 y 350.

300-19. Soportes de los conductores en canalizaciones verticales

a) Separación máxima. Los conductores en canalizaciones verticales deben tener soportes si la distancia vertical excede los valores de la Tabla 300-19 (a). Se debe instalar un soporte de cables en el extremo superior de la canalización vertical o tan cerca de ese extremo como sea posible y además soportes intermedios para limitar las longitudes de soporte de los conductores a valores no mayores a los indicados en la Tabla 300-19 (a).

Excepción: Los cables con armaduras de alambres de acero deben sostenerse en la parte superior del tramo vertical con una sujeción de cable que presione la armadura de acero. Se debe disponer de un dispositivo de seguridad en la parte inferior del tramo vertical para sostener el cable en caso de que éste resbale dentro del soporte que sujeta la armadura. Se permiten soportes adicionales de tipo cuña para aliviar la tensión mecánica en las terminales del equipo producida por la expansión del cable por efecto de la carga.

TABLA 300-19(a).- Distancia entre los soportes de los conductores

Designación del conductor		Distancia máxima de los soportes (m)	
Designación		Conductor de aluminio	Conductor de cobre
mm ²	AWG o kcmil		
0,824 a 8,37	18 al 8	--	30

13,3 a 53,5	6 al 1/0	60	30
67,4 a 107	2/0 al 4/0	55	25
Mayor que 107 a 177	Mayor que 4/0 al 350	40	20
Mayor que 177 a 253	Mayor que 350 al 500	35	15
Mayor que 253 a 380	Mayor que 500 al 750	30	10
Mayor que 380	Mayor que 750	25	10

b) Métodos de soporte. Debe usarse uno de los siguientes métodos de soporte:

1) Por medio de dispositivos de mordaza contruidos con cuñas aislantes o empleando cuñas aislantes introducidas en los extremos de los tubos. Cuando la sujeción sobre el aislamiento no soporta adecuadamente el cable, se debe sujetar también al conductor.

2) Intercalando cajas provistas de tapas, a intervalos requeridos, en las cuales se deben instalar soportes aislantes sujetos, de manera que resistan el peso de los conductores fijados en ellos, las cajas deben estar provistas de cubiertas.

3) Desviando los cables no menos de 90° en cajas de empalme y llevándolos horizontalmente a una distancia no menor del doble del diámetro del cable, sujetando los cables con dos o más soportes aislantes y, además, si es necesario usando hilos para amarrarlos al soporte.

Quando se use este método, los cables deben soportarse a intervalos no mayores a 20% de los mencionados en la Tabla 300-19 a).

4) Mediante un método de igual efectividad.

300-20. Corrientes eléctricas inducidas en envolventes metálicas o en canalizaciones metálicas

a) Agrupamiento de conductores. Cuando se instalen conductores que lleven c.a. en canalizaciones o en envolventes metálicas, dichos conductores deben disponerse de tal manera que no se produzca calentamiento por inducción en los metales que lo rodean. Para minimizar este efecto, todos los conductores de fase, el conductor puesto a tierra y los conductores de puesta a tierra del equipo, cuando se usen, deben ir juntos en la misma canalización.

Excepción 1: Lo permitido en la excepción de 250-50, para las conexiones de puesta a tierra de equipo.

Excepción 2: Lo permitido en 426-42 y 427-47 por calentamiento debido al efecto piel.

b) Conductores individuales. Cuando un solo conductor que transporte c.a. pase a través de un metal con propiedades magnéticas, se debe reducir a un mínimo el efecto inductivo por los medios siguientes:

1) Cortando ranuras en el metal entre los orificios individuales a través de los cuales pasen los conductores individuales.

2) Pasando todos los conductores del circuito a través de una pared aislante con espacio suficiente para alojar a los mismos.

Excepción: En el caso de circuitos que alimentan sistemas de alumbrado por descarga eléctrica o vacío, anuncios eléctricos o aparatos de rayos X, las corrientes eléctricas en los conductores son tan pequeñas que el efecto de calentamiento inductivo puede ignorarse cuando dichos conductores se instalen en envolventes metálicas o pasen a través de metal.

NOTA: Debido a que el aluminio es un material no magnético no hay calentamiento debido a histéresis, pero sí hay corriente eléctrica inducida. Esta corriente eléctrica no se considera de suficiente magnitud como para necesitar el agrupamiento de conductores o tratamientos especiales cuando los conductores pasen a través de paredes de aluminio.

300-21. Propagación de fuego o de productos de combustión. Las instalaciones eléctricas en espacios huecos, paredes verticales y ductos ventilados o con ventilación forzada, deben hacerse de modo que la posible propagación de fuego o de productos de la combustión no sea incrementada substancialmente. Las aberturas alrededor de los elementos eléctricos que pasan a través de paredes resistentes al fuego, tabiques, pisos o techos, deben protegerse contra el fuego por métodos adecuados, para mantener la resistencia contra fuego.

300-22. Alambrado en ductos, cámaras de aire y en otros espacios de manejo de aire ambiental. Las disposiciones de esta Sección aplican a la instalación y al uso del alambrado y equipo eléctricos en ductos, cámaras de aire y otros espacios de manejo de aire ambiental.

NOTA: Véase el Artículo 424, Parte F, para los calentadores de ductos.

a) Ductos para eliminación de polvos, materias en suspensión o vapores. No se debe instalar ningún sistema de alambrado de cualquier tipo en ductos que se usen para transportar polvos o materia en suspensión, vapores inflamables, como tampoco en cualquier ducto que se use únicamente para eliminación de vapores o ventilación de equipo de cocina de tipo comercial o en cualquier chimenea que contenga solamente tales ductos.

b) Ductos o cámaras plenas para aire ambiental. En ductos o cámaras de aire, específicamente para manejar aire ambiental, sólo pueden usarse métodos de cableado que consistan en cables de tipo MI, cable tipo MC con una cubierta metálica impermeable lisa o corrugada sin cubierta no metálica total, tubo (conduit) metálico tipos ligero, semipesado o pesado y tubo (conduit) metálico flexible. Puede usarse tubo (conduit) metálico flexible y tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos en longitudes no mayores de 1,20 m para conectar equipo físicamente ajustable y dispositivos que se permitan instalar en esos ductos y cámaras de aire. Los conectores utilizados en tubo (conduit) metálico flexible deben cerrar herméticamente cualquier abertura en la conexión. Se permite instalar equipo y dispositivos en tales ductos o cámaras de aire, sólo si son necesarios para efectuar su función en el aire contenido o para efectuar mediciones en él.

En caso de que se instale equipo o dispositivos, y sea necesaria su iluminación para facilitar el mantenimiento y las reparaciones, deben utilizarse luminarios del tipo hermético.

c) Otros espacios utilizados para aire ambiental. Esta Sección 300-22(c) aplica para espacios utilizados para propósitos de manejo de aire ambiental, diferentes de ductos y cámara plena (de aire) especificados en 300-22 (a) y 300-22(b). Para el alambrado de sistemas instalados en otros espacios para aire ambiental deben utilizarse únicamente cables tipo MI, cables tipo MC sin cubierta no metálica y cable tipo AC y otros sistemas montados en fábrica de cables de control multiconductores o cables de potencia que estén específicamente designados para el uso.

Otros tipos de cables y conductores deben instalarse en tubo (conduit) metálico tipos ligero, semipesado o pesado, tubo (conduit) metálico flexible o cuando sean accesibles, canalizaciones con cubierta metálica o para soportar cables en charolas metálicas de fondo sólido con cubiertas sólidas de metal.

El equipo eléctrico con envolvente metálica o con cubierta no metálica aprobada y listada para su uso y que tenga adecuada resistencia contra el fuego y características de baja emisión de humo, y materiales de alambrado adecuados para la temperatura ambiental, se puede instalar en otros espacios instalados para aire ambiental a menos que lo prohíba expresamente en alguna parte esta norma.

NOTA: El espacio sobre un plafón suspendido usado para aire ambiental es un ejemplo de otro tipo de espacios donde aplica 300-22(c).

Excepción 1: Tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos en longitudes que no excedan 1,80 m.

Excepción 2: Sistemas de ventilación integrales, adecuados para tal uso.

Excepción 3: Este artículo no incluye áreas habitables o áreas de inmuebles cuyo propósito primordial no sea la circulación de aire ambiental.

Excepción 4: Se permiten sistemas prefabricados de cables de sistemas de alambrado metálico sin cubierta no metálica cuando estén aprobados y listados para dicho uso.

Excepción 5: Este artículo no incluye los espacios entre las vigas en unidades de vivienda cuando el alambrado o equipo pasa a través de estos espacios perpendicularmente a la mayor dimensión de éstos.

d) Sistemas de procesamiento de datos. Las instalaciones eléctricas que se usen para sistemas de procesamiento de datos que estén colocadas en áreas de circulación de aire situadas entre pisos falsos, deben cumplir con lo indicado en el artículo 645.

300-23. Paneles diseñados para permitir el acceso. Los cables, canalizaciones y equipo instalados detrás de los paneles diseñados para permitir el acceso, incluyendo los suspendidos del techo, deben fijarse de tal forma que permitan retirarlos para tener acceso al equipo.

B. Requisitos para tensiones eléctricas nominales mayores a 600 V

300-31. Tapas requeridas. Se deben instalar tapas adecuadas en todas las cajas y accesorios y envoltentes similares para impedir contactos accidentales con las partes energizadas o daños materiales a las partes o al aislamiento.

300-32. Conductores de sistemas diferentes. Véase 300-3 (c)(2).

300-34. Radios de curvatura para conductores. Los conductores no deben doblarse con radios menores de 8 veces el diámetro exterior de los conductores sin pantalla o 12 veces el diámetro de conductores con pantalla o con cubierta de plomo durante o después de ser instalados. Para cables multiconductores con cubierta común o cables monoconductores con pantalla individual multiplexados, el radio mínimo de curvatura es doce veces el diámetro de un conductor con pantalla individual, o siete veces el diámetro total del cable, lo que sea mayor.

300-35. Protección contra calentamiento por inducción. Las canalizaciones metálicas y los conductores asociados deben colocarse de tal manera que eviten el calentamiento de la canalización por inducción, de acuerdo con lo especificado en 300-20.

300-36. Puesta a tierra. El alambrado y las instalaciones de los equipos deben ponerse a tierra de acuerdo con los requisitos aplicables del artículo 250.

300-37. Instalaciones subterráneas. Los requerimientos mínimos deben estar de acuerdo con lo indicado en 710-4(b).

ARTICULO 305-INSTALACIONES PROVISIONALES

305-1. Alcance. Las disposiciones de este artículo se aplican a los métodos de alambrado provisional para fuerza y alumbrado eléctrico, los cuales pueden tener menores requerimientos que los que se exigen para instalaciones permanentes.

305-2. Todas las instalaciones

a) Otros Artículos. Excepto como se modifica específicamente en este artículo, todos los demás requisitos de esta Norma para alambrado permanente se deben aplicar a las instalaciones de alambrado provisional.

b) Aprobación. Los métodos de alambrado temporal se aceptan solamente si están aprobados basándose en las condiciones de uso y de cualquier requisito especial de la instalación temporal.

305-3. Limitaciones de tiempo

a) Durante el periodo de construcción. Se permiten las instalaciones provisionales de fuerza y alumbrado durante los periodos de construcción, remodelación, mantenimiento, reparación o demolición en inmuebles, estructuras, equipo o actividades similares.

b) Noventa días. Se pueden utilizar las instalaciones provisionales de fuerza y alumbrado durante un tiempo no mayor que noventa días para alumbrado decorativo de navidad, carnavales, fiestas y propósitos similares.

c) Emergencias y pruebas. Se pueden utilizar las instalaciones provisionales de fuerza y alumbrado durante emergencias y para pruebas, experimentos y trabajos en desarrollo.

d) Remoción. Las instalaciones provisionales deben removerse inmediatamente después de terminada la construcción o el fin para el cual el alambrado fue instalado.

305-4. Disposiciones generales

a) Acometidas. Deben instalarse de conformidad con el artículo 230.

b) Alimentadores. Los alimentadores deben protegerse como está indicado en el artículo 240. Se deben originar en un centro de distribución aprobado. Los conductores pueden formar parte de un cordón flexible multiconductor o de conjuntos de cables de un tipo indicado en la Tabla 400-4 para uso rudo o extra rudo.

Excepción: Cuando se instalen para los propósitos especificados en 305-3(c).

c) Circuitos derivados. Todos los circuitos derivados deben originarse en un tablero de alumbrado y distribución o salida de fuerza aprobados. Los conductores deben formar parte de un cordón flexible multiconductor o conjunto de cables de un tipo indicado en la Tabla 400-4 para uso rudo o extra-rudo. Todos los conductores deben estar protegidos como se indica en el artículo 240.

Excepción: Cuando se instalen para los propósitos especificados en 305-3(c).

d) Receptáculos. Todos los receptáculos deben ser del tipo con conexión de puesta a tierra. A menos que estén instalados en una canalización metálica, continua, puesta a tierra o en cables con cubierta metálica, todos los circuitos derivados deben tener un conductor separado de puesta a tierra del equipo, y todos los receptáculos deben estar eléctricamente conectados a los conductores de puesta a tierra del equipo.

Los receptáculos en los lugares de construcción no deben instalarse en circuitos derivados que alimenten alumbrado temporal. Los receptáculos no deben conectarse al mismo conductor de fase de circuitos multiconductores que alimentan al alumbrado temporal.

e) Medios de desconexión. Deben instalarse medios de desconexión o conectores enchufables adecuados que permitan la desconexión de todos los conductores de fase de cada circuito provisional. Los circuitos derivados multiconductores deben tener un medio de desconexión simultáneo, para todos los conductores de fase, en la salida de fuerza o tablero de alumbrado y distribución donde se origina el circuito derivado.

f) Protección de lámparas. Todas las lámparas para iluminación temporal deben estar protegidas contra contactos accidentales o roturas por medio de un dispositivo o portalámparas con guardas de seguridad.

No deben utilizarse bases con cubiertas de bronce, de cartón o portalámparas con cajas metálicas, a menos que las cubiertas estén puestas a tierra.

g) Empalmes. En los sitios en construcción no se requiere una caja para empalmes o conexiones de derivación, cuando los conductores del circuito sean de un cordón multiconductor o de conjuntos de cables o conductores visibles. Véanse 110-14(b) y 400-9. Debe usarse una caja de registro o dispositivo terminal con orificios emboquillados separados para cada conductor, siempre que se realice un cambio a un sistema de tubos o a un sistema de cable con cubierta metálica.

h) Protección contra daños accidentales. Los cables y cordones flexibles deben estar protegidos contra daños accidentales. Deben evitarse las esquinas agudas y las salientes. Cuando se pase a través de puertas u otros puntos críticos, debe proporcionarse una protección adecuada para evitar daños.

i) Terminales en los dispositivos. Los cables que entren en envoltentes que contengan dispositivos que requieran terminales, se deben sujetar a la caja con herrajes diseñados para ese uso.

305-5. Puesta a tierra. Todas las conexiones de puesta a tierra deben cumplir con lo establecido en el artículo 250.

305-6. Protección de falla a tierra para seguridad del personal. Debe proporcionarse protección de falla a tierra para seguridad del personal en sitios de construcción con alumbrado provisional para cumplir con los requisitos (a) o (b) abajo indicados. Esta Sección se aplica únicamente a las instalaciones provisionales, utilizadas para suministrar temporalmente energía a equipo utilizado por personal durante la construcción, remodelación, mantenimiento, reparación o demolición de edificios, estructuras, equipo o actividades similares.

a) Interruptores de circuito falla a tierra (ICFT). Todas las salidas de receptáculos de 120 V o 127 V, de una fase, de 15 A a 20 A, que no sean una parte del alambrado permanente del edificio o inmueble, y que sean usadas por el personal, deben tener interruptor de circuito por falla a tierra. Si un receptáculo o receptáculos ya instalados como parte del alambrado permanente, se emplean para suministrar energía al alumbrado provisional, deben tener un interruptor de circuito por falla a tierra. Para los propósitos de esta Sección se permiten las instalaciones de cables que incorporen cortacircuitos por falla a tierra para la protección de las personas.

Excepción 1: Los receptáculos de dos hilos, una fase, de un generador portátil o montado en un vehículo, con una capacidad de no más de 5 kW, siempre y cuando los conductores del circuito del generador estén aislados de la carcasa del generador y de todas las demás superficies puestas a tierra.

Excepción 2: Solamente en establecimientos industriales en donde las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que personal calificado está involucrado, se permite utilizar conductores de puesta a tierra como se especifica en 305-6 (b).

b) Programa de garantía de conexión de conductores de puesta a tierra. Se permite que otros receptáculos no cubiertos en a) tengan un interruptor de circuito por falla a tierra o debe ponerse en operación un procedimiento escrito en el sitio de la construcción, y debe aplicarse por una o varias personas designadas, para asegurar que las conexiones de puesta a tierra para todos los grupos de cordones y receptáculos que no son parte del alambrado permanente del edificio o inmueble y del equipo conectado por medio de un cordón con clavija, sean instalados y mantenidos, de acuerdo con los requisitos aplicables en 210-7(c), 250-45, 250-59 y 305-4(d).

1) En todos los grupos de cordones, receptáculos que no son parte del alambrado permanente de la edificación o estructura y el equipo conectado con cordón con clavija que deben ser puestos a tierra, deben realizarse las siguientes pruebas:

a. Debe probarse continuidad a todos los conductores de puesta a tierra y deben ser eléctricamente continuos.

b. Debe probarse que el conductor de puesta a tierra en cada receptáculo y clavija correspondiente esté bien conectado al conductor de puesta a tierra de los equipos. Este conductor de puesta a tierra debe estar conectado a su terminal apropiada.

c. Deben llevarse a cabo todas las pruebas requeridas en las siguientes condiciones:

1. Antes de usarse por primera vez en el sitio de la construcción.
2. Cuando haya evidencia de daño.
3. Antes de que el equipo vuelva a ser puesto en servicio, después de cualquier reparación.
4. En intervalos que no excedan a tres meses.

2) Las pruebas requeridas en 1), anteriormente mencionadas, deben registrarse y estar disponibles para la autoridad competente.

305-7. Guardas de protección. Para instalaciones provisionales con tensión eléctrica nominal mayor que 600 V, deben utilizarse cercas adecuadas, barreras u otros métodos efectivos para evitar el acceso de personal no autorizado.

ARTICULO 310-CONDUCTORES PARA ALAMBRADO EN GENERAL

310-1. Alcance. Este artículo cubre los requisitos generales de los conductores y de sus denominaciones de tipo, aislamiento, marcado, etiquetas, resistencia mecánica, capacidad de conducción de corriente y usos. Estos requisitos no se aplican a los conductores que forman parte integrante de equipo como motores, controladores de motores y similares ni a los conductores específicamente tratados en otras partes de esta Norma.

NOTA: Para cables flexibles, véase el artículo 400. Para los cables de aparatos, véase el artículo 402.

310-2. Conductores

a) **Aislados.** Los conductores deben estar aislados.

Excepción: Cuando se permiten específicamente conductores con cubierta o desnudos en otras secciones de esta Norma.

NOTA: Para el aislamiento de los conductores neutros de un sistema de alta tensión eléctrica sólidamente puesto a tierra, véase 250-152.

b) **Material de los conductores.** Si no se especifica otra cosa, los conductores a los que se refiere este artículo deben ser de cobre o de aluminio. Cuando se especifiquen conductores de aluminio o aleaciones de aluminio, el tamaño nominal mínimo debe ser 13,3 mm² (6 AWG).

310-3. Conductores cableados. Los conductores de tamaño nominal 8,37 mm² (8 AWG) y mayores deben ser cableados, cuando van instalados en canalizaciones.

Excepción: Como se permite o se requiere en esta Norma.

310-4. Conductores en paralelo. Los conductores de cobre o de aluminio de tamaño nominal de 53,5 mm² (1/0 AWG) y mayores, que sean los conductores de fase, el neutro o el conductor puesto a tierra de un circuito, pueden ir conectados en paralelo (unidos eléctricamente en ambos extremos para formar un solo conductor).

Excepción 1: Lo que se permite en 620-12(a)(1).

Excepción 2: Se permite instalar en paralelo conductores de tamaño nominal menor que 53,5 mm² (1/0 AWG) para alimentar instrumentos de medición, contactores, relevadores, solenoides y otros dispositivos similares de control, siempre que: (a) estén contenidos en el mismo ducto o cable; (b) la capacidad de conducción de corriente de cada conductor por separado sea suficiente para transportar toda la corriente eléctrica que transportan los conductores en paralelo, y (c) el dispositivo de sobrecorriente sea tal que no supere la capacidad de conducción de corriente de cada conductor si uno o más de los conductores en paralelo se desconectaran accidentalmente.

Excepción 3: Se permite instalar en paralelo conductores de tamaño nominal menor que 53,5 mm² (1/0 AWG) para frecuencias de 360 Hz y mayores, cuando se cumplan las condiciones (a), (b) y (c) de la Excepción 2.

Excepción 4: Se permite instalar en paralelo conductores neutros puestos a tierra de tamaño nominal 33,6 mm² (2 AWG) y mayores, en las instalaciones ya existentes.

NOTA: Lo indicado en la Excepción 4 puede utilizarse para disminuir el calentamiento de los conductores neutros con corrientes eléctricas con un alto contenido de armónicas de tercer orden en instalaciones existentes.

Los conductores en paralelo de fase, neutro o puestos a tierra en cada circuito, deben ser:

- 1) De la misma longitud.
- 2) Del mismo material conductor.
- 3) Del mismo tamaño o área transversal.
- 4) Con el mismo tipo de aislamiento.
- 5) Con terminales de las mismas características.

Cuando los conductores se instalen en cables o en canalizaciones distintas, los cables y canalizaciones deben tener las mismas características físicas.

NOTA: Eligiendo apropiadamente los materiales, forma de construcción y orientación de los conductores, se pueden minimizar las diferencias de reactancia inductiva y la división desigual de corriente eléctrica. Para conseguir ese equilibrio, no es necesario que los conductores de una fase, neutros o puestos a tierra sean los mismos que los de la otra fase, neutros o puestos a tierra para obtener el balance.

Cuando los conductores de puesta a tierra de equipo se utilizan con conductores en paralelo, deben cumplir los requisitos de esta Sección excepto que deben determinarse como se indica en la Sección 250-95.

Cuando se utilicen conductores en paralelo, se debe tener en cuenta el espacio en las envolventes (véanse los artículos 370 y 373).

Los conductores instalados en paralelo deben cumplir lo establecido en la Sección 310-15(g), para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V.

310-5. Tamaño nominal mínimo de los conductores. En la Tabla 310-5 se indica el tamaño nominal mínimo de los conductores permitido por esta Norma.

Excepción 1: Para los cables flexibles, como se permite en 400-12.

Excepción 2: Para los cables de aparatos, como se permite en 410-24.

Excepción 3: Para los cables de motores de 746 W (1 CP) o menos, como se permite en 430-22(c).

Excepción 4: Para los cables de grúas y polipastos, como se permite en 610-14.

Excepción 5: Para los cables de los circuitos de control y señalización de los elevadores, como se permite en 620-12.

Excepción 6: Para los cables de los circuitos de Clase 1, Clase 2 y Clase 3 como se permite en 760-51.

Excepción 7: Para los cables de circuitos de alarma contra incendios, como se permite en 760-16, 760-25 Y 760-51.

Excepción 8: Para los cables de los circuitos de control de motores, como se permite en 430-72.

TABLA 310- 5.- Tamaño nominal mínimo de los conductores

Tensión nominal del conductor (V)	Tamaño o designación mínima del conductor mm ² (AWG)	
	Cobre	Aluminio
0-2 000	2,08 (14)	13,3 (6)
2 001-5 000	8,37 (8)	13,3 (6)
5 001-8 000	13,3 (6)	13,3 (6)
8 001-15 000	33,6 (2)	33,6 (2)
15 001-28 000	42,4 (1)	42,4 (1)
28 001-35 000	53,5 (1/0)	53,5 (1/0)

(Continúa en la Tercera Sección)

TERCERA SECCION

SECRETARIA DE ENERGIA

(Viene de la Segunda Sección)

310-6. Pantalla. Los conductores aislados con dieléctrico sólido en instalaciones permanentes que operen a más de 2 000 V, deben tener un aislamiento resistente al ozono y tener una pantalla. Todas las pantallas metálicas de aislamiento se deben poner a tierra a través de un medio efectivo de puesta a tierra que cumpla los requisitos indicados en 250-51. La pantalla debe servir para el propósito de confinar los esfuerzos de la tensión eléctrica en el aislamiento.

Excepción: Se permite usar conductores aislados sin pantalla aprobados, en instalaciones hasta de 8 000 V, con las siguientes condiciones:

a. Los conductores deben tener un aislamiento resistente a las descargas eléctricas y a la formación de caminos conductores, o deben estar recubiertos de un material resistente al ozono, a las descargas eléctricas y a la formación de caminos conductores.

b. Cuando se usen en lugares mojados, los conductores aislados deben tener una cubierta no metálica que los cubra totalmente o una cubierta metálica continua.

c. Cuando los conductores aislados operen entre 5 001 V y 8 000 V deben llevar una cubierta no metálica sobre el aislamiento. El aislamiento debe tener una permitividad relativa no mayor que 4 y la cubierta una permitividad relativa no menor que 6 y no mayor que 10.

d. El espesor del aislamiento y de la cubierta deben estar de acuerdo a lo indicado en la tabla 310-63.

310-7. Conductores directamente enterrados. Los conductores que vayan directamente enterrados deben ser de un tipo aprobado e identificado para ese uso.

Los cables de más de 2 000 V nominales deben tener pantalla.

Excepción: Se permite usar cables multiconductores sin pantalla entre 2 001 V y 5 000 V si el cable tiene sobre el conjunto una armadura o cubierta metálica continua.

La pantalla, cubierta o armadura metálica debe estar puesta a tierra a través de un medio efectivo de puesta a tierra que cumpla los requisitos indicados en 250-51.

NOTA 1: Para requisitos de instalación de los conductores de 600 V o menos, véase 300-5.

NOTA 2: Para requisitos de instalación de conductores de más de 600 V, véase 710-4(b).

310-8. Lugares.

a) Lugares secos. Los conductores y cables aislados utilizados en lugares secos, deben ser de cualquiera de los tipos identificados en esta Norma.

b) Lugares secos y húmedos. Los conductores y cables aislados utilizados en lugares secos y húmedos deben ser de los tipos FEP, FEPB, MTW, RHH, RHW, RHW-2, THHN, THW, THW-LS, THW-2, THHW, THHW-LS, THHW-2, THWN, THWN-2, TW, XHHW o XHHW-2.

c) Lugares mojados. Los conductores y cables aislados utilizados en lugares mojados deben ser:

- (1) Con cubierta metálica hermética a la humedad.
- (2) De los tipos MTW, RHW, RHW-2, TW, THW, THW-LS, THW-2, THHW, THHW-LS, THHW-2, THWN, THWN-2, XHHW, XHHW-2; o
- (3) De otro tipo certificado para uso en lugares mojados.

d) Lugares expuestos a la radiación solar directa. Los conductores y cables aislados, utilizados cuando hay exposición directa a los rayos solares deben ser aprobados y marcado como "SR".

310-9. Condiciones corrosivas. Los conductores expuestos a aceites, grasas, vapores, gases, humos, líquidos u otras sustancias que tengan un efecto corrosivo sobre el conductor o el aislamiento, deben ser de un tipo adecuado para esa aplicación.

310-10. Límites de temperatura de los conductores. Ningún conductor debe utilizarse de modo que su temperatura de operación supere la designada para el tipo de conductor aislado al que pertenezca. En ningún caso deben ir juntos los conductores de tal modo que con respecto al tipo de circuito, al método de alambrado aplicado o al número de conductores, se supere el límite de temperatura de cualquiera de los conductores empleados.

NOTA: La temperatura nominal de un conductor (véanse las Tablas 310-13 y 310-61) es la temperatura máxima, en cualquier punto de su longitud, que puede soportar durante un periodo prolongado de tiempo sin que se produzca degradación. Las tablas de capacidad de conducción de corriente del artículo 310 y del apéndice A, los factores de corrección al final de estas tablas y las notas a las mismas, proveen una guía para coordinar el tamaño y tipo de los conductores, la corriente eléctrica máxima permitida, la corriente eléctrica resultante, la temperatura ambiente y el número de conductores asociados.

Los principales determinantes de la temperatura de operación de los conductores son:

- 1) La temperatura ambiente. La temperatura ambiente puede variar a lo largo del conductor y con el tiempo.
- 2) El calor generado interiormente en el conductor por el paso de la corriente eléctrica, incluidas las corrientes fundamentales y sus armónicas.
- 3) El factor de disipación del calor generado al medio ambiente. El aislamiento térmico que cubre o rodea a los conductores puede afectar ese factor de disipación.
- 4) Conductores adyacentes que transportan carga. Los conductores adyacentes tienen el doble efecto de elevar la temperatura ambiente y de impedir la disipación de calor.

310-11 Marcado

a) Información necesaria. Todos los conductores y cables deben ir marcados con la información necesaria siguiente, según el método de marcado aplicable descrito en 310-11(b) y de acuerdo con las normas nacionales de producto existentes:

NOTA - Para mayor información ver el Apéndice B.1 informativo.

- 1) La tensión eléctrica nominal máxima.
- 2) La letra o letras que indican el tipo de alambres o cables, tal como se especifica en otros lugares de esta Norma.
- 3) El nombre del fabricante, marca comercial u otra marca que permita identificar fácilmente a la organización responsable del producto.
- 4) El tamaño nominal en mm² (AWG o kcmil)
- 5) En los ensambles de cables debe marcarse cuando el tamaño del conductor neutro es menor que los de los cables de fase.

b) Métodos de marcado

1) Marcado en la superficie. Los siguientes conductores y cables se deben marcar en su superficie de modo indeleble. El tamaño nominal se debe repetir a intervalos no mayores a 60 cm. Todas las demás marcas deben repetirse a intervalos no mayores a 1 m.

- a. Cables y alambres de uno o varios conductores, con aislamiento de hule o termoplástico.
- b. Cables con recubrimiento no metálico.
- c. Cables de entrada de acometida.
- d. Cables subterráneos de circuitos alimentadores y derivados.
- e. Cables para usarse en soportes tipo charola para cables.
- f. Cables para riego.
- g. Cables de energía limitada para su uso en soportes tipo charola para cables.
- h. Cables de instrumentos para uso en soportes tipo charola para cables.

2) Cinta de marcar. Para marcar los cables multiconductores con recubrimiento metálico se debe emplear una cinta de marcar situada dentro del cable y a todo lo largo del mismo.

Excepción 1: Los cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral.

Excepción 2: Los cables tipo AC.

Excepción 3: Se permite que la información requerida en 310-11(a) se marque de modo indeleble en el recubrimiento externo no metálico de los cables tipos MC, ITC o PLTC, a intervalos no mayores a 1 m.

NOTA: Los cables con recubrimiento metálico son del tipo AC (artículo 333), tipo MC (artículo 334) y cables con cubierta de plomo.

3) Marcado mediante etiquetas. En el empaque de todos los cables y conductores se deben marcar mediante una etiqueta impresa sujeta al rollo, bobina o caja del cable, conforme con las normas de producto correspondientes.

4) Indicación opcional del tamaño nominal del cable. Se permite que la información exigida en el párrafo anterior 310-11(a)(4) esté marcada en la superficie de cada conductor aislado de los siguientes cables multiconductores:

- a. Cables de tipo MC.
- b. Cables para uso en soportes tipo charola.
- c. Cables para equipo de riego.
- d. Cables de potencia limitada para uso en soportes tipo charola.
- e. Cables de sistemas de alarma contra incendios.
- f. Cables de instrumentos para uso en soportes tipo charola.

c) Sufijos que indican el número de conductores. Una letra o letras solas indican un solo conductor aislado. Las siguientes letras utilizadas como sufijo indican lo que se expresa en cada una:

D: Dos conductores aislados en paralelo, dentro de un recubrimiento exterior no metálico.

M: Conjunto de dos o más conductores aislados y cableados en espiral, dentro de un recubrimiento exterior no metálico.

d) Marcas opcionales. Se permite que los conductores de los tipos aprobados indicados en las Tablas 310-13 y 310-61 lleven en su superficie marcas que indiquen características especiales o el material de los cables.

NOTA: Ejemplos de estas marcas son, entre otros, la "LS" (no propagador de incendios, baja emisión de humos y de gas ácido) o "resistente a la luz solar".

310-12. Identificación de los conductores

a) Conductores puestos a tierra. Los conductores aislados, de tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) o más pequeños, diseñados para usarse como conductores puestos a tierra en circuitos, deben tener una identificación exterior de color blanco o gris claro. Los cables multiconductores planos de tamaño nominal de 21,2 mm² (4 AWG) o mayores pueden llevar un borde exterior sobre el conductor puesto a tierra.

Excepción 1: Los cables de aparatos eléctricos, como se indica en el artículo 402.

Excepción 2: Los cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral.

Excepción 3: Un conductor de circuitos derivados identificado como se establece en 210-5(a).

Excepción 4: Cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión de una instalación aseguren que sólo interviene en ella personal calificado, se permite que los conductores puestos a tierra de los cables multiconductores se identifiquen permanentemente en sus terminales en el momento de la instalación, mediante una marca clara de color blanco u otro medio igualmente eficaz.

En los cables aéreos, la identificación debe ser como se indica o por medio de un borde situado en el exterior del cable, lo cual permita identificarlo.

Se considera que los cables con recubrimiento exterior de color blanco o gris claro, pero con hilos de color en la malla para identificar al fabricante, cumplen lo establecido en esta Sección.

NOTA: Para los requisitos de identificación de conductores mayores de 13,3 mm² (6 AWG), véase 200-6.

b) Conductores de puesta a tierra. Se permite instalar conductores de puesta a tierra desnudos, cubiertos o aislados. Los conductores de puesta a tierra, cubiertos o aislados individualmente, deben tener un acabado exterior continuo verde o verde con una o más franjas amarillas.

Excepción 1: Se permite identificar permanentemente, en el momento de la instalación, a un conductor aislado o cubierto de tamaño mayor que 13,3 mm² (6 AWG) como conductor de puesta a tierra en sus dos extremos y en todos los puntos en los que el conductor esté accesible. La identificación se debe hacer por uno de los métodos siguientes:

- a. Quitando el aislamiento o cubierta del conductor en toda la parte expuesta.
- b. Pintando de verde el aislamiento o cubierta en toda la parte expuesta.

c. Marcando la parte expuesta del aislamiento o cubierta con cinta verde o etiquetas adhesivas de color verde.

Excepción 2: Cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión de una instalación aseguren que sólo personal calificado tiene acceso a la misma, se permite identificar permanentemente un conductor aislado en un cable multiconductor que se identifique como conductor de puesta a tierra en cada extremo y en todos los puntos en que el conductor esté accesible, en el momento de la instalación, por uno de los métodos siguientes:

- a. Quitando el aislamiento o cubierta del conductor en toda la parte expuesta.
- b. Pintando de verde el aislamiento o cubierta en toda la parte expuesta.
- c. Marcando la parte expuesta del aislamiento o la cubierta con cinta verde o etiquetas adhesivas de color verde.

c) Conductores de fase. Los conductores que vayan a utilizarse como conductores de fase, ya sea como conductores sencillos o en cables multiconductores, deben estar identificados de modo que se distingan claramente de los conductores puestos a tierra y de los de puesta a tierra. Los conductores de fase se deben distinguir por colores distintos al blanco, gris claro o verde o por cualquier combinación de colores y sus correspondientes marcas. Estas marcas deben ir también en un color que no sea blanco, gris claro o verde, y deben consistir en una franja o franjas, o una serie de marcas iguales espaciadas de manera uniforme. Estas marcas no deben interferir en modo alguno con las marcas superficiales que se exigen en 310-11(b)(1).

Excepción: Lo que se permite en 200-7.

310-13. Construcción y aplicaciones de los conductores. Los conductores aislados deben cumplir las disposiciones aplicables de una o más de las siguientes Tablas: 310-13, 310-61, 310-62, 310-63 y 310-64.

Se permite el uso de estos conductores en cualquiera de los métodos de alambrado descritos en el Capítulo 3 y como se especifica en sus respectivas tablas.

NOTA: Los aislamientos termoplásticos se pueden poner rígidos a temperaturas menores a -10 °C. A temperatura normal, los termoplásticos también se pueden deformar si están sometidos a presión, como por ejemplo, en los puntos de apoyo. Si se utilizan aislantes termoplásticos en circuitos de c.c. en lugares mojados, se puede producir electroendósmosis entre el conductor y el aislante.

TABLA 310-13.- Conductores-Aislamientos y usos

Nombre genérico	Tipo	Temp. máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño o Designación		Espesor nominal de aislamiento mm		Cubierta exterior ⁽¹⁾
					mm ²	AWG o kcmil			
Etileno Propileno Fluorado	FEP o FEPB	90	Lugares secos o húmedos	Etileno Propileno Fluorado	2,08 -5,26	14 - 10	0,51		Ninguna
					8,37-33,6	8 - 2	0,76		Ninguna
		200	Lugares secos aplicaciones especiales ⁽²⁾	Etileno Propileno Fluorado	2,08-8,37	14 - 8	0,36		Malla de fibra de vidrio
					13,3-33,6	6 - 2	0,36		Malla de material adecuado
Aislamiento Mineral (con cubierta metálica)	MI	90 200	Lugares secos o húmedos Lugares secos Aplicaciones especiales ⁽²⁾	Oxido de magnesio	0,824-1,31 ⁽³⁾	18 -16 ⁽³⁾	0,58		Cobre o aleación de acero
					1,31 - 5,26	16 - 10	0,91		
					6,63 - 21,2	9 - 4	1,27		
					26,7 - 253	3 - 500	1,40		
Termoplástico o resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama	MTW	60	Alambrado de máquinas herramienta en lugares mojados (véase Art. 670)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama	0,325 - 3,31	22 -12	(A) 0,76	(B) 0,38	(A) Ninguna (B) Cubierta de nylon o
					5,26	10	0,76	0,51	
					8,37	8	1,14	0,76	
					13,3	6	1,52	0,76	

		90	Alambrado de máquinas herramienta en lugares secos (véase el Artículo 670)		21,2 -33,6 42,4 -107 127 -253 304 -507	4-2 1-4/0 250 -500 600 -1 000	1,52 2,03 2,41 2,79	1,02 1,27 1,52 1,78	equivalente
Perfluoroalcoxi	PFAH	250	Sólo para lugares secos. Sólo para cables dentro de artefactos o de canalizaciones conectadas a artefactos (sólo de níquel o de cobre recubierto de níquel)	Perfluoroalcoxi	2,08 - 5,26 8,37 - 33,6 42,4 - 107	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0	0,51 0,76 1,14		Ninguno
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor	RHH	90	Lugares secos o húmedos	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y a la flama	2,08 -5,26 8,37 -33,6 42,4 -107 127 -253 304 -507 557-1010	14 -10 8 -2 1 - 4/0 250 -500 600 -1 000 1100-2000	1,14 1,52 2,03 2,41 2,79 3,18		Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama. (1)
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor	RHW (5)	75	Lugares secos o mojados	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor, a la humedad y a la flama	2,08 -5,26 8,37 -33,6 42,4-107 127 -253 304 -507 557 -1010	14 -10 8 -2 1-4/0 250 -500 600-1 000 1100-2000	1,14 1,52 2,03 2,41 2,79 3,18		Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama. (1)
Silicón-FV	SF	150	Lugares secos y húmedos	Hule Silicón	2,08 -5,26 8,37 -33,6 42,4 -107	14-10 8 -2 1 - 4/0	0,76 1,52 2,03		Malla de fibra de vidrio o material equivalente
		200	En aplicaciones donde existan condiciones de alta temperatura ⁽²⁾						
Polímero sintético resistente al calor	SIS	90	Alambrado de tableros de distribución	Polímero sintético de cadena cruzada resistente al calor	2,08 -5,26 8,37	14 -10 8	0,76 1,14		Ninguna
Termoplástico para tableros	TT	75	Alambrado de tableros de distribución	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio y de emisión reducida de humos y gas ácido	0,519 -3,31	20 -12	0,76		Ninguna
Politetrafluoroetileno extendido	TFE	250	Sólo lugares secos. Sólo para cables dentro de artefactos o dentro de canalizaciones conectadas a artefactos, o como alambrado a la vista (sólo de níquel o cobre recubierto de níquel)	Politetrafluoroetileno extruido	2,08 -5,26 8,37 -33,6 42,4 -107	14-10 8 -2 1- 4/0	0,51 0,76 1,14		Ninguno
Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio	TW	60	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio	2,08-5,26 8,37 13,3 -33,6	14 -10 8 6 -2	0,76 1,14 1,52		Ninguna
Termoplástico resistente a la humedad, al	THW (5)	75 90	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad, al	2,08 -5,26 8,37	14 -10 8	0,76 1,14		Ninguna

calor y a la propagación de incendio			Para la alimentación de equipos de iluminación por descarga eléctrica véase Artículo 410-31	calor y a la propagación de incendio	13,3 -33,6 42,4 -107 127 -253 304 -507	6 -2 1 - 4/0 250-500 600 -1 000	1,52 2,03 2,41 2,79	
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	THW _{LS} ⁽⁴⁾	75 90	Lugares secos y mojados. Para la alimentación de equipos de iluminación por descarga eléctrica véase Artículo 410-31	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	2,08-5,26 8,37 13,3-33,6 42,4-107 127-253 304-507	14 -10 8 6 -2 1 - 4/0 250 -500 600 -1 000	0,76 1,14 1,52 2,03 2,41 2,79	Ninguna
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios	THHW	75 90	Lugares secos y mojados. Lugares secos Para la alimentación de equipos de iluminación por descarga eléctrica véase artículo 410-31	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios.	2,08-5,26 8,37 13,3 -33,6 42,4-107 127-253 304-507	14 -10 8 6 -2 1 - 4/0 250 -500 600 -1 000	0,76 1,14 1,52 2,03 2,41 2,79	Ninguna
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	THHW _{LS} ⁽⁴⁾	75 90	Lugares mojados. Lugares secos	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	2,08 -5,26 8,37 13,3 -33,6 42,4 -107 127 -253 304 -507	14 -10 8 6 -2 1 - 4/0 250 -500 600 -1 000	0,76 1,14 1,52 2,03 2,41 2,79	Ninguna
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	THWN	75	Lugares secos y mojados	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	2,08 -3,31 5,26 8,37 -13,3 21,2 -33,6 42,4 -107 127 -253 304 -507	14 -12 10 8 - 6 4 -2 1 - 4/0 250 -500 600 -1 000	0,38 0,51 0,76 1,02 1,27 1,52 1,78	Cubierta de nylon o equivalente
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama	THHN	90	Lugares secos	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama	2,08 -3,31 5,26 8,37 -13,3 21,2 -33,6 42,4 -107 127 -253 304 -507	14 -12 10 8 - 6 4 -2 1 - 4/0 250 -500 600-1 000	0,38 0,51 0,76 1,02 1,27 1,52 1,78	Cubierta de nylon o equivalente
Cable plano para acometida aérea y sistemas fotovoltaicos	TWD-UV	60	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida aérea. Véase el Artículo 338. Sistemas fotovoltaicos. Véase el Artículo 690.	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la intemperie y a la propagación de incendio.	3,31 -5,26 8,37 - 13,3	12 - 10 8- 6	1,20 1,58	Ninguna
Cable mono-conductor para acometida subterránea	BTC	90	Lugares secos y mojados Acometida subterránea. Véase el artículo 338	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	15-35		1,60	Ninguna
Cable mono-conductor y multiconductor para acometida subterránea	DRS	90	Lugares secos y mojados Entrada de acometida subterránea.	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la	21,2 -33,6 53,5-107 177	4 - 2 1/0 - 4/0 350	1,58 1,98 2,39	Ninguna

			Véase Art. 338	propagación de la flama				
Cable para acometida aérea	CCE	60	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida aérea. Véase el artículo 338	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	3,31 – 8,36 13,3 -21,2	12 – 8 6 – 4	1,2 1,6	Termo-plástico resistente a la humedad y a la intemperie
Cable para acometida aérea	BM-AL	75	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida aérea. Véase Art. 338 o distribución aérea en baja tensión	Termo-plástico resistente a la humedad y a la intemperie	5,26 - 33,6	10 – 2	1,14	Ninguna
Cable para acometida subterránea un solo conductor	USE(5)	75	Ver artículo 338	Resistente al calor y la humedad	2,08 -5,26 8,37 -33,6 42,4 -107 108 - 253 279 - 507	14 – 10 8 – 2 1 – 4/0 213 – 500 550 - 1 000	1,14 1,52 2,03 2,41 2,79	Cubierta no metálica resistente a la humedad
Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor	XHHW (4)(5)	90	Lugares secos y húmedos	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.	2,08 -5,26 8,37 -33,6 42,4 -107 127 -253 304-507	14 –10 8 -2 1 - 4/0 250 -500 600-1 000	0,76 1,14 1,4 1,65 2,03	Ninguna
		75	Lugares mojados					
Tetrafluoroetileno modificado con etileno	Z	90	Lugares secos y mojados	Tetrafluoroetileno modificado con etileno	2,08 – 3, 31 5,26 8,37 – 21,2 33,7 – 42,4 53, 5 - 107	14 – 12 10 8 – 4 2 –1 1/0 – 4/0	0,38 0,51 0,64 0,89 1,14	Ninguno
		150	Lugares secos, aplicaciones especiales ⁽²⁾					

Notas a la tabla 310-13:

- Algunos aislamientos no requieren de cubierta exterior.
- Cuando las condiciones de diseño requieren temperaturas máximas de operación del conductor de más de 90 °C.
- Para circuitos de señalización que permiten aislamiento de 300 V.
- Los cables tipo THW-LS y THHW-LS, cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducida de humos y de gas ácido, de acuerdo con las normas nacionales. Otros tipos de cables que lleven el sufijo "LS" deben cumplir con las mismas pruebas. Por ejemplo XHHW-LS.
- Se permite que los tipos de cables para utilizarse en temperaturas de operación 90 °C en lugares secos y mojados, se marquen con el sufijo "-2". Por ejemplo: THW-2, XHHW-2, RHW-2, etc.
- Cuando los tipos de cables sean sin contenido de halógenos pueden marcarse: LS0H.

310-14. Material de los conductores de aluminio. Los conductores cableados de aluminio de tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) y mayores, de tipos XHHW, XHHW-2, RHW, RHH y RHW-2, conductores para entrada de acometida tipo SE estilo U y SE estilo R, deben ser de aluminio de aleación 1350 o AA 8000.

No se permite el uso de conductores de aluminio o de aleación de aluminio en tamaños nominales menores a 13,3 mm² (6 AWG). Véanse las Tablas 310-16, 310-17 y la Tabla A-310-2 del Apéndice A. Véase 110-14 para conexiones eléctricas.

310-15. Capacidad de conducción de corriente para tensiones nominales de 0 a 2 000 V. Se permite calcular la capacidad de conducción de corriente de los conductores mediante los siguientes incisos (a) o (b).

NOTA: Para las capacidades de conducción de corrientes calculadas en esta Sección no se tiene en cuenta la caída de tensión eléctrica. Para los circuitos derivados, véase la Nota 4 de 210-19(a), para los circuitos de alimentación, véase la Nota 2 de 215-2(b).

a) Disposiciones generales. Para la selección del tamaño nominal de los conductores, la capacidad de conducción de corriente de los conductores de 0 a 2 000 V nominales se debe considerar como máximo los

valores especificados en las Tablas de capacidad de conducción de corriente 310-16 a 310-19 y los incisos (d) a (j) siguientes.

Las Tablas 310-16 a 310-19 son tablas de aplicación para usarse en la selección del tamaño nominal de los conductores con las cargas calculadas de acuerdo con el artículo 220. La capacidad de conducción de corriente permanentemente admisible es el resultado de tener en cuenta uno o más de los siguientes factores:

1. La compatibilidad en temperatura con equipo conectado, sobre todo en los puntos de conexión.
2. La coordinación con los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito y de la instalación.
3. El cumplimiento de los requisitos del producto de acuerdo con su norma específica correspondiente. A este respecto véase 110-3.
4. El cumplimiento de las normas de seguridad establecidas por las prácticas industriales y procedimientos normalizados.

b) Supervisión de ingeniería. Con la supervisión de personal de ingeniería, se permite calcular la capacidad de conducción de corriente de los conductores mediante la siguiente fórmula general:

Ecuación:

$$I = \sqrt{\frac{TC - (TA + \Delta TD)}{R_{cc} (1 + YC) RCA}}$$

donde:

TC = Temperatura del conductor en °C.

TA = Temperatura ambiente en °C.

ΔTD = Incremento de la temperatura por pérdidas del dieléctrico.

R_{cc} = Resistencia de c.c. del conductor a la temperatura TC.

YC = Componente de resistencia de c.a. debida a los efectos superficial y de proximidad.

RCA = Resistencia térmica efectiva entre el conductor y el ambiente que lo rodea.

c) Selección de la capacidad de conducción de corriente. Cuando se calculan diferentes capacidades de conducción de corriente que se pudieran aplicar para un circuito de longitud dada, se debe tomar la de menor valor.

Excepción: Cuando se aplican dos valores de capacidad de conducción de corriente a partes adyacentes de un circuito, se permite utilizar la de mayor capacidad más allá del punto de transición, a la distancia de 3 m o 10% de la longitud del circuito, la distancia que sea menor.

NOTA: Para los límites de temperatura de los conductores según su conexión a los puntos terminales, véase 110-14(c).

d) Circuitos de alimentación y acometidas a unidades de vivienda a 120/240 V, tres hilos. Para unidades de vivienda, se permite utilizar los conductores de la tabla 310-15(d) como conductores de entrada de acometida monofásica a 120/240 V, tres hilos, conductores de acometida subterránea y conductores del alimentador que sirve como principal fuente de alimentación de la unidad de vivienda y vayan instalados en canalizaciones o cables con o sin conductor de puesta a tierra de los equipos. Para la aplicación de esta Sección, el(los) alimentador(es) principal(es) debe(n) ser el(los) alimentador(es) entre el interruptor principal y el tablero de alumbrado y carga y no se exige que los alimentadores a una unidad de vivienda sean de mayor tamaño nominal a los de la entrada de acometida. Se permite que el conductor puesto a tierra sea de menor tamaño nominal que los conductores de fase, siempre que se cumplan los requisitos indicados en 215-2, 220-22 y 230-42.

TABLA 310-15 (d).- Tipos y designación de los conductores para alimentadores y acometidas monofásicas, tres hilos de 120/240 V para unidades de vivienda RHH, RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, THHN, XHHW, USE

Tamaño o designación mm ² (AWG o kcmil)		Capacidad de conducción de corriente de la acometida o del alimentador (A)
Cobre	Aluminio	
21,2 (4)	33,6 (2)	100
26,7 (3)	42,4 (1)	110

33,6 (2)	53,5 (1/0)	125
42,4 (1)	67,4 (2/0)	150
53,5 (1/0)	85,0 (3/0)	175
67,4 (2/0)	107 (4/0)	200
85,0 (3/0)	127 (250)	225
107 (4/0)	152 (300)	250
127 (250)	177 (350)	300
177 (350)	253 (500)	350
203 (400)	304 (600)	400

e) Conductores desnudos o cubiertos. Cuando se usen juntos conductores desnudos o cubiertos, con conductores aislados, su capacidad de conducción de corriente se debe limitar al permitido para conductores aislados adyacentes.

f) Cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral. Los límites de temperatura en los que se basa la capacidad de conducción de corriente de los cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral, se calcula por los materiales aislantes utilizados en el sello final. Los herrajes de terminación que lleven material aislante orgánico sin impregnar, tienen un límite de temperatura de operación de 90°C.

g) Factores de ajuste.

1.- Más de tres conductores portadores de corriente en un cable o canalización. Cuando el número de conductores portadores de corriente en un cable o canalización sea mayor que tres, la capacidad de conducción de corriente se debe reducir con los factores que se indican en la Tabla 310-15(g).

TABLA 310-15(g).- Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable

Número de conductores portadores de corriente	Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Cuando los conductores y los cables multiconductores vayan juntos una distancia de más de 0,60 m sin mantener la separación y no vayan instalados en canalizaciones, las capacidades de conducción de corriente de cada conductor se deben reducir como se indica en la tabla anterior.

Excepción 1: Cuando haya instalados en la misma canalización o cable conductores de diferentes sistemas, como se explica en 300-3, los factores de corrección anteriores se deben aplicar sólo a los conductores de fuerza e iluminación (Artículos 210, 215, 220 y 230).

Excepción 2: A los conductores instalados en soportes tipo charola para cables se les debe aplicar lo establecido en 318-11.

Excepción 3: Estos factores de corrección no se deben aplicar en uniones de canalizaciones cuya longitud no supere 0,60 m

Excepción 4: Estos factores de corrección no se deben aplicar a conductores subterráneos que entren o salgan de una zanja exterior, si esos conductores están protegidos físicamente por tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o no metálico tipo pesado de una longitud no mayor que 3,0 m y el número de conductores no pase de cuatro.

Excepción 5: Para otras condiciones de carga, se permite calcular la capacidad de conducción de corriente y los factores de ajuste según lo establecido en 310-15(g).

NOTA: Para los factores de ajuste de más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable con diversas cargas, véase el Apéndice A, Tabla A-310-11.

2.- Más de un ducto o canalización. Se debe conservar la separación entre ductos o canalizaciones para no cambiar las condiciones de reactancia inductiva del circuito.

3.- Cables expuestos a la radiación solar. Cuando los cables estén expuestos a la radiación solar, las capacidades de conducción de corriente indicadas en las tablas 310-16 a 310-19 se deben multiplicar por un factor de ajuste de 0,85. Adicionalmente deben realizarse las correcciones necesarias a la capacidad de conducción de corriente por temperatura ambiente, así como las correcciones por agrupamiento indicadas arriba en 310-15 (g)(1).

h) Protección contra sobrecorriente. Cuando las capacidades nominales o el ajuste de los dispositivos de protección contra sobrecorriente no correspondan con las capacidades nominales y con los valores de ajuste permitidos para esos conductores, se permite tomar los valores inmediatamente superiores, según lo establecido en 240-3(b) y 240-3(c).

i) Conductor neutro

1.- Un conductor neutro que transporte sólo la corriente desbalanceada de otros conductores del mismo circuito, no se considera para lo establecido en 310-15(g).

2.- En un circuito de tres hilos consistente en dos fases y el neutro de un sistema de cuatro hilos, tres fases en estrella, el conductor común transporta aproximadamente la misma corriente que la de línea a neutro de los otros conductores, por lo que se debe considerar al aplicar lo establecido en 310-15(g).

3.- En un circuito de cuatro hilos tres fases en estrella, cuando la mayor parte de las cargas no son lineales, por el conductor neutro pasan armónicas de la corriente por lo que se le debe considerar como conductor activo o portador de corriente.

j) Conductor de puesta a tierra o de empalme. Al aplicar lo establecido en 310-15(g), no se debe tener en cuenta el conductor de puesta a tierra o puente de unión empalmado a éste.

TABLA 310-16.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)					
mm ²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW* CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW- LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHW-2, XHHW*, XHHW-2, DRS
		Cobre			Aluminio		
0,824	18	---	---	14	---	---	---
1,31	16	---	---	18	---	---	---
2,08	14	20*	20*	25*	---	---	---
3,31	12	25*	25*	30*	---	---	---
5,26	10	30	35*	40*	---	---	---
8,37	8	40	50	55	---	---	---
13,3	6	55	65	75	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,5	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230

152	300	240	285	320	190	230	255
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	355	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	310	375	420
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	450
458	900	435	520	585	355	425	480
507	1 000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	520	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1010	2000	560	665	750	470	560	630
FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	
56-60	****	0,58	0,71	****	0,58	0,71	
61-70	****	0,33	0,58	****	0,33	0,58	
71-80	****	****	0,41	****	****	0,41	

* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar 15 A para 2,08 mm² (14 AWG); 20 A para 3,31 mm² (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm² (10 AWG), todos de cobre.

Véase Sección 310-15

TABLA 310-17.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible para cables monoconductores aislados de 0 a 2 000 V nominales, al aire libre y a temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (ver tabla 310-13)					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPOS
				TW*	RHW*, THHW*, THW*, THW-LS*, THWN*, XHHW*, USE	MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THW-LS*, THWN-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	UF	RHW*, XHHW*	RHH*, RHW-2, XHHW*
Cobre				Aluminio			
0,824	18	....	---	18	....	....	....
1,31	16	....	---	24	....	....	....
2,08	14	25*	30*	35*	....	....	....
3,31	12	30*	35*	40*	---	---	---
5,26	10	40	50*	55*	---	---	---
8,37	8	60	70	80	---	---	---
13,3	6	80	95	105	60	75	80
21,2	4	105	125	140	80	100	110
26,7	3	120	145	165	95	115	130
33,6	2	140	170	190	110	135	150
42,4	1	165	195	220	130	155	175

53,5	1/0	195	230	260	150	180	205
67,4	2/0	225	265	300	175	210	235
85,0	3/0	260	310	350	200	240	275
107	4/0	300	360	405	235	280	315
127	250	340	405	455	265	315	355
152	300	375	445	505	290	350	395
177	350	420	505	570	330	395	445
203	400	455	545	615	355	425	480
253	500	515	620	700	405	485	545
304	600	575	690	780	455	540	615
355	700	630	755	855	500	595	675
380	750	655	785	885	515	620	700
405	800	680	815	920	535	645	725
456	900	730	870	985	580	700	785
507	1 000	780	935	1 055	625	750	845
633	1 250	890	1 065	1 200	710	855	960
760	1 500	980	1 175	1 325	795	950	1 075
887	1 750	1 070	1 280	1 445	875	1 050	1 185
1 010	2 000	1 155	1 385	1 560	960	1 150	1 335
FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura ambiente en °C		Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes.					
21-25		1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04
26-30		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35		0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96
36-40		0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91
41-45		0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87
46-50		0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82
51-55		0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76
56-60		****	0,58	0,71	****	0,58	0,71
61-70		****	0,33	0,58	****	0,33	0,58
71-80		****	****	0,41	****	****	0,41

* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar 15 A para 2,08 mm² (14 AWG); 20 A para 3,31 mm² (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm² (10 AWG), todos de cobre.

Véase Sección 310-15

TABLA 310-18.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de tres conductores aislados individuales de 0 a 2 000 V, de 150°C a 250°C, en canalizaciones o cable, para una temperatura ambiente de 40°C

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor. Véase tabla 310-13			
		150 °C	200 °C	250 °C	150 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPO
		Z, SF	FEP, FEPB, SF	PFAH, TFE	Z
		Cobre		Níquel o níquel recubierto de cobre	Aluminio
2,08	14	34	36	39	----
3,31	12	43	45	54	---
5,26	10	55	60	73	---
8,37	8	76	83	93	---
13,3	6	96	110	117	75
21,2	4	120	125	148	94
26,7	3	143	152	166	109
33,6	2	160	171	191	124
42,4	1	186	197	215	145

53,5	1/0	215	229	244	169
67,4	2/0	251	260	273	198
85,0	3/0	288	297	308	227
107	4/0	332	346	361	260
FACTORES DE CORRECCION					
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambiente distintas de 40 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes.				
41-50	0,95	0,97	0,98	0,95	0,95
51-60	0,90	0,94	0,95	0,90	0,90
61-70	0,85	0,90	0,93	0,85	0,85
71-80	0,80	0,87	0,90	0,80	0,80
81-90	0,74	0,83	0,87	0,74	0,74
91-100	0,67	0,79	0,85	0,67	0,67
101-120	0,52	0,71	0,79	0,52	0,52
121-140	0,30	0,61	0,72	0,30	0,30
141-160	----	0,50	0,65	----	----
161-180	----	0,35	0,58	----	----
181-200	----	----	0,49	----	----
201-225	----	----	0,35	----	----

TABLA 310-19.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible para cables monoconductores aislados de 0 a 2000 V, de 150°C a 250°C, al aire libre, para una temperatura ambiente de 40 °C

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor. Véase tabla 310-13			
mm ²	AWG o kcmil	150 °C	200 °C	250 °C	150 °C
		TIPOS Z, SF	TIPOS FEP, FEPB, SF	TIPOS PFAH, TFE	TIPO Z
		Cobre		Níquel o cobre recubierto de níquel	Aluminio
2,08	14	46	54	59	----
3,31	12	60	68	78	---
5,26	10	80	90	107	---
8,37	8	106	124	142	---
13,3	6	155	165	205	112
21,2	4	190	220	278	148
26,7	3	214	252	327	170
33,6	2	255	293	381	198
42,4	1	293	344	440	228
53,5	1/0	339	399	532	263
67,4	2/0	390	467	591	305
85,0	3/0	451	546	708	351
107	4/0	529	629	830	411
FACTORES DE CORRECCION					
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambiente distintas de 40 °C, multiplicar las anteriores capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes				
41-50	0,95	0,97	0,98	0,95	0,95
51-60	0,90	0,94	0,95	0,90	0,90
61-70	0,85	0,90	0,93	0,85	0,85
71-80	0,80	0,87	0,90	0,80	0,80
81-90	0,74	0,83	0,87	0,74	0,74
91-100	0,67	0,79	0,85	0,67	0,67
101-120	0,52	0,71	0,79	0,52	0,52
121-140	0,30	0,61	0,72	0,30	0,30
141-160	----	0,50	0,65	----	----
161-180	----	0,35	0,58	----	----
181-200	----	----	0,49	----	----

201-225	----	----	0,35	----
---------	------	------	------	------

Véase Sección 310-15

310-60. Conductores para tensiones nominales de 2 001 V a 35 000 V.

a) Definiciones.

Ductos eléctricos. Como se usa en el Artículo 310, se entiende por ductos eléctricos cualquiera de los sistemas de tubo (conduit) reconocidos en el Capítulo 3 como adecuados para uso subterráneo; y cualquier otra canalización de sección transversal circular aprobada para uso subterráneo, ya sea enterrada directamente o embebida en concreto.

Resistividad térmica. Para efectos de esta norma, resistividad térmica es la capacidad de transmisión de calor por conducción a través de una sustancia. Es la inversa de la conductividad térmica y se expresa en "RHO", en unidades °C cm/W.

b) Capacidad de conducción de corriente para conductores de 2 001 V a 35 000 V. Se permite determinar la capacidad de conducción de corriente para conductores con aislamiento sólido por medio de las tablas o bajo supervisión de ingeniería, de acuerdo con lo indicado en 310-60 (c) a (d).

1.- Selección de la capacidad de conducción de corriente. Cuando se calculan diferentes capacidades de conducción de corrientes que se pudieran aplicar para un circuito de longitud dada, se debe tomar la de menor valor.

Excepción: Cuando se aplican dos valores de capacidad de conducción de corriente a partes adyacentes de un circuito, se permite utilizar la de mayor capacidad más allá del punto de transición, a la distancia de 3 m o 10% de la longitud del circuito, la distancia que sea menor.

NOTA: Para los límites de temperatura de los conductores según su conexión a los puntos terminales, véase 110-14(c).

c) Tablas. La capacidad de corriente para conductores para tensiones nominales de 2 001 V a 35 000 V deben ser las que se especifican en las tablas de capacidad de conducción de corriente 301-67 a 310-86. Las capacidades de corriente a temperaturas diferentes a las de las tablas deben determinarse por la fórmula indicada en 310-60 (c)(4).

NOTA: Para las capacidades de conducción de corriente indicadas en esta Sección no toman en consideración las caídas de tensión, véase la Sección 210-19(a) Nota 4, para circuitos derivados y la Sección 215-2(b) Nota 1, para alimentadores.

(1) Pantallas puestas a tierra. Las capacidades de conducción de corriente mostradas en las Tablas 310-69, 310-70, 310-81 y 310-82 son para cables con pantallas puestas a tierra sólo en un punto. Si están puestas a tierra en más de un punto, se debe ajustar la capacidad de conducción de corriente teniendo en cuenta el calentamiento debido a las corrientes de la pantalla.

(2) Profundidad bajo tierra de los circuitos subterráneos. Cuando la profundidad de los bancos de ductos directamente enterrados sea distinta a la de los valores de la tabla o figura, pueden modificarse las capacidades de conducción de corriente de acuerdo con los siguientes incisos (a) y (b):

a) Si aumenta la profundidad de una parte o partes de un ducto eléctrico, no es necesario reducir la capacidad de conducción de corriente de los conductores, siempre que la longitud total de las partes cuya profundidad es mayor para evitar obstáculos, sea menor que 25% de la longitud total del recorrido.

b) Si la profundidad es mayor que la de una tabla o figura se debe aplicar un factor de corrección de 6% por cada 0,30 m de aumento de profundidad, para cualquier valor de RHO. No es necesario aplicar el factor de corrección cuando la profundidad sea menor.

(3) Ductos eléctricos utilizados en la figura 310-60. Se permite que la separación entre los ductos (canalizaciones) eléctricos, tal como los define la figura 310-60, sea menor que la indicada cuando esos ductos o canalizaciones entren en cubiertas de equipos desde una canalización subterránea, sin necesidad de reducir la capacidad de conducción de corriente de los conductores instalados en dichos ductos o canalizaciones.

(4) Temperaturas ambientes distintas a las de las tablas. Las capacidades de conducción de corriente a temperatura ambiente distinta a la de las tablas, se deben calcular mediante la siguiente fórmula:

$$I_2 = I_1 \sqrt{\frac{TC - TA_2 - \Delta TD}{TC - TA_1 - \Delta TD}}$$

donde:

I_1 = Capacidad de conducción de corriente que dan las tablas para una temperatura ambiente TA_1

I_2 = Capacidad de conducción de corriente para una temperatura ambiente TA_2

TC = Temperatura del conductor en °C

TA_1 = Temperatura ambiente de las tablas en °C

TA_2 = Temperatura ambiente deseada en °C

ΔTD = Aumento de temperatura por pérdidas del dieléctrico

(d) Ver 310-15(b).

Ecuación:

$$I = \sqrt{\frac{TC - (TA + \Delta TD)}{R_{cc} (1 + YC) RCA}}$$

donde:

TC = Temperatura del conductor en °C.

TA = Temperatura ambiente en °C.

ΔTD = Incremento de la temperatura por pérdidas del dieléctrico.

R_{cc} = Resistencia de c.c. del conductor a la temperatura TC .

YC = Componente de resistencia de c.a. debida a los efectos superficial y de proximidad.

RCA = Resistencia térmica efectiva entre el conductor y el ambiente que lo rodea.

e) Capacidad nominal de temperatura del conductor. Para la capacidad nominal de temperatura del conductor aplicable a las tablas 310-67 a 310-86 ver la tabla 310-61.

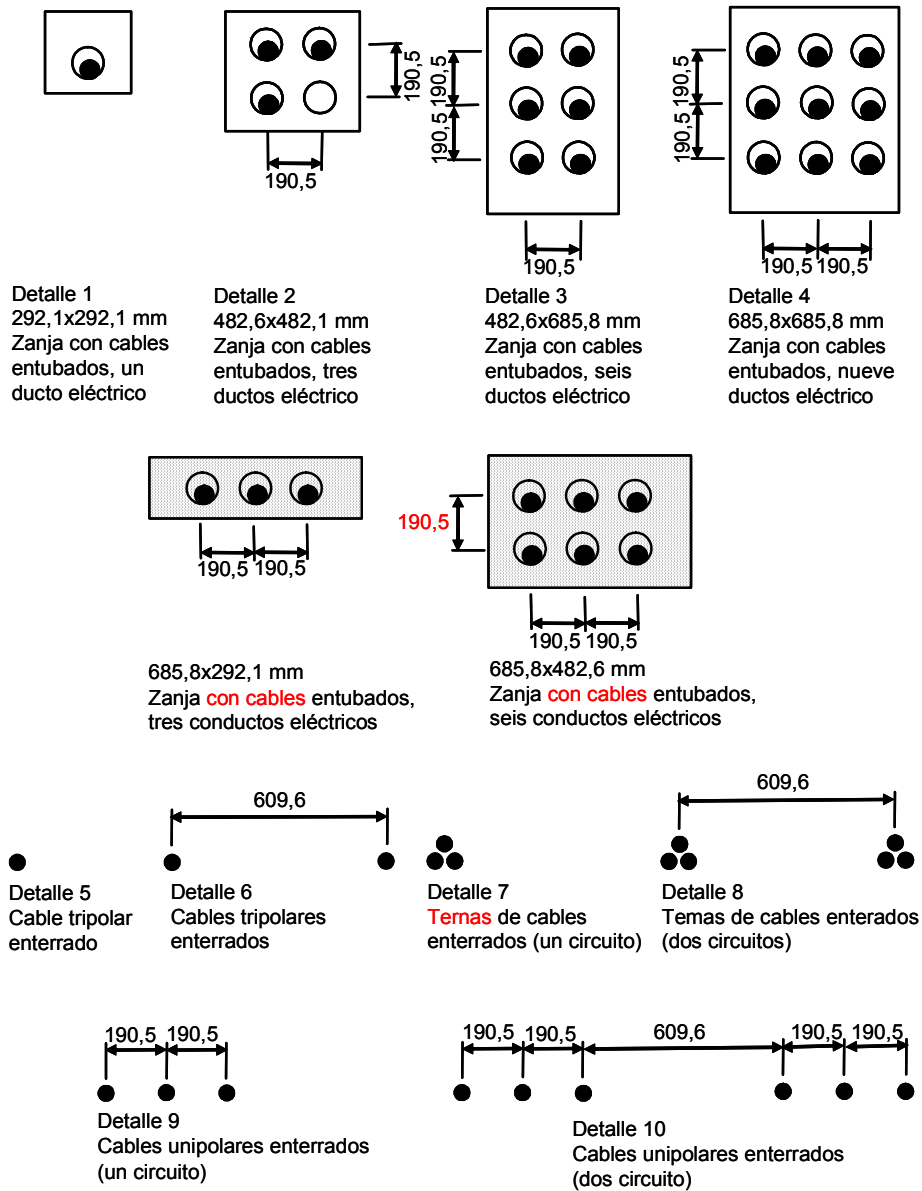


FIGURA 310-60.- Dimensiones para la instalación de cables en ductos aplicables a las Tablas 310-77 a 310-86

TABLA 310-61.- Aplicaciones y aislamiento de los conductores de media tensión MT (MV)*

Nombre comercial	Denominación	Temperatura máxima de funcionamiento	Aplicaciones previstas	Aislamiento	Cubierta exterior
Media Tensión – dieléctrico sólido	MT (MV)-90 MT (MV)-105**	90 °C 105 °C	Lugares secos o húmedos, para 2001 V en adelante	Termoplástico o Termofijo	Cubierta plástica, cubierta metálica o armadura

* Ver Artículo 326, para definición.

** Cuando las condiciones de diseño exijan que los conductores funcionen a temperaturas de más de 90 °C

TABLA 310-62.- Espesor del aislamiento de conductores sin pantalla metálica, tipos RHH y RHW, para 601 V - 2 000 V

Tamaño o Designación		Espesor
mm ²	AWG o kcmil	mm
2,08 – 5,26	14-10	1,5
8,37	8	1,8
13,3 – 33,6	6-2	1,8
42,4 – 67,4	1-2/0	2,3
85,0 – 107	3/0 - 4/0	2,3
127 – 253	250-500	2,7
304 – 507	600-1 000	3,0

Nota: Los aislamientos pueden ser materiales tales como el polietileno de cadena cruzada, etileno-propileno y similares.

TABLA 310-63.- Espesor de aislamiento y cubierta (mm), de cables con aislamiento sólido sin pantalla metálica, para 2 001 V a 5 000 V

Tamaño o Designación		2001 V - 5000 V					
		Monoconductor para lugares secos			Lugares secos o mojados		
		Sin cubierta	Con cubierta		Monoconductor	Multiconductor *	
mm ²	AWG (kcmil)	Aislamiento	Aislamiento	Cubierta	Aislamiento	Cubierta	Aislamiento
8,37	8	2,8	2,3	0,76	3,2	2,0	2,3
13,3	6	2,8	2,3	0,76	3,2	2,0	2,3
21,2-33,6	4-2	2,8	2,3	1,14	3,2	2,0	2,3
42,4-67,4	1-2/0	2,8	2,3	1,14	3,2	2,0	2,3
85,0-107	3/0-4/0	2,8	2,3	1,7	3,2	2,4	2,3
127-253	250-500	3,0	2,3	1,7	3,6	2,8	2,3
254-380	501-750	3,3	2,3	1,7	3,9	3,2	2,3
381-507	751-1 000	3,3	2,3	1,7	3,9	3,2	2,3

* **Nota:** Bajo una cubierta general o armadura.

TABLA 310-64.- Espesor del aislamiento de cables con aislamiento sólido, con pantalla metálica, para 2 001 V a 35 000 V (mm)

Tamaño o Designación mm ² (AWG o kcmil)	2 001-5 000 (Volts)		5 001-8 000 (Volts)		8 001-15 000 (Volts)		15 001-25 000 (Volts)		25 001 - 35 000 (Volts)	
	CATEGORIA DEL AISLAMIENTO*									
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
8,37 (8)	2,3	2,9	----	----	----	----	----	----	----	----
13,3 – 21,2 (6-4)	2,3	2,9	2,9	3,5	----	----	----	----	----	----
33,6 (2)	2,3	2,9	2,9	3,5	4,45	5,6	----	----	----	----
42,4 (1)	2,3	2,9	2,9	3,5	4,45	5,6	6,6	8,1	----	----
53,5 – 507 (1/0-1 000)	2,3	2,9	2,9	3,5	4,45	5,6	6,6	8,1	8,8	10,7

* **Nota:**

Categoría I (100% Nivel de aislamiento). Los cables de esta categoría deben utilizarse en sistemas con neutro conectado sólidamente a tierra y provistos con dispositivos de protección tales que las fallas a tierra se eliminen tan pronto como sea posible, pero en cualquier caso antes de 1 min. También pueden utilizarse en otros sistemas para los cuales sean aceptables, siempre y cuando se cumpla con los requisitos del párrafo anterior.

Categoría II (133% Nivel de aislamiento). Los cables de esta categoría corresponden a los anteriormente designados para sistemas con neutro aislado. Estos cables pueden ser utilizados en los casos en que no puedan cumplirse los requisitos de eliminación de falla de la categoría I (100 % nivel de aislamiento), pero en los que exista una seguridad razonable de que la sección que presenta

la falla se desenergiza en un tiempo no mayor que una hora. Asimismo, pueden ser utilizados cuando se requiera un esfuerzo dieléctrico superior al de los cables con 100 % de nivel de aislamiento.

TABLA 310-67.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de cables monoconductores de cobre aislados MT (MV), en configuración triplex al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura de aire ambiente de 40 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V - 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V - 35 000 V	
Mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
8,37	8	65	74	----	----
13,3	6	90	99	100	110
21,2	4	120	130	130	140
33,6	2	160	175	170	195
42,4	1	185	205	195	225
53,5	1/0	215	240	225	255
67,4	2/0	250	275	260	295
85,0	3/0	290	320	300	340
107	4/0	335	375	345	390
127	250	375	415	380	430
177	350	465	515	470	525
253	500	580	645	580	650
380	750	750	835	730	820
507	1 000	880	980	850	950

TABLA 310-68.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de cables monoconductores de aluminio aislados MT (MV), en configuración triplex al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura de aire ambiente de 40 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V - 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V - 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
13,3	6	70	77	75	84
21,2	4	90	100	100	110
33,6	2	125	135	130	150
42,4	1	145	160	150	175
53,5	1/0	170	185	175	200
67,4	2/0	195	215	200	230
85,0	3/0	225	250	230	265
107	4/0	265	290	270	305
127	250	295	325	300	335
177	350	365	405	370	415
253	500	460	510	460	515
380	750	600	665	590	660
507	1 000	715	800	700	780

TABLA 310-69.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de cables monoconductores de cobre aislados MT (MV), al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura de aire ambiente de 40 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V - 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V - 15 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 15 001 V - 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
8,37	8	83	93	----	----	----	----
13,3	6	110	120	110	125	----	----
21,2	4	145	160	150	165	----	----

33,6	2	190	215	195	215	----	----
42,4	1	225	250	225	250	225	250
53,5	1/0	260	290	260	290	260	290
67,4	2/0	300	330	300	335	300	330
85,0	3/0	345	385	345	385	345	380
107	4/0	400	445	400	445	395	445
127	250	445	495	445	495	440	490
177	350	550	615	550	610	545	605
253	500	695	775	685	765	680	755
380	750	900	1 000	885	990	870	970
507	1 000	1 075	1 200	1 060	1 185	1 040	1 160
633	1 250	1 230	1 370	1 210	1 350	1 185	1 320
760	1 500	1 365	1 525	1 345	1 500	1 315	1 465
887	1 750	1 495	1 665	1 470	1 640	1 430	1 595
1010	2 000	1 605	1 790	1 575	1 755	1 535	1 710

TABLA 310-70.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de cables monoconductores de aluminio aislados MT (MV), al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura de aire ambiente de 40 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 15 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 15 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
13,3	6	85	95	87	97	----	----
21,2	4	115	125	115	130	----	----
33,6	2	150	165	150	170	----	----
42,4	1	175	195	175	195	175	195
53,5	1/0	200	225	200	225	200	225
67,4	2/0	230	260	235	260	230	260
85,0	3/0	270	300	270	300	270	300
107	4/0	310	350	310	350	310	345
127	250	345	385	345	385	345	380
177	350	430	480	430	480	430	475
253	500	545	605	535	600	530	590
380	750	710	790	700	780	685	765
507	1 000	855	950	840	940	825	920
633	1250	980	1095	970	1080	950	1055
760	1500	1105	1230	1085	1215	1060	1180
887	1750	1215	1355	1195	1335	1165	1300
1010	2000	1320	1475	1295	1445	1265	1410

TABLA 310 – 71.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable multiconductor MT (MV) formado por tres conductores de cobre aislados, al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
8,37	8	59	66	----	----
13,3	6	79	88	93	105
21,2	4	105	115	120	135
33,6	2	140	154	165	185

42,4	1	160	180	185	210
53,5	1/0	185	205	215	240
67,4	2/0	215	240	245	275
85,0	3/0	250	280	285	315
107	4/0	285	320	325	360
127	250	320	355	360	400
177	350	395	440	435	490
253	500	485	545	535	600
380	750	615	685	670	745
507	1 000	705	790	770	860

TABLA 310-72.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable multiconductor MT (MV) formado por tres conductores de aluminio aislados, al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
13,3	6	61	68	72	80
21,2	4	81	90	95	105
33,6	2	110	120	125	145
42,4	1	125	140	145	165
53,5	1/0	145	160	170	185
67,4	2/0	170	185	190	215
85,0	3/0	195	215	220	245
107	4/0	225	250	255	285
127	250	250	280	280	315
177	350	310	345	345	385
253	500	385	430	425	475
380	750	495	550	540	600
507	1 000	585	650	635	705

TABLA 310-73.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de tres cables monoconductores de cobre aislados MT (MV) o en configuración triplex, dentro de un tubo (conduit) al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura de aire ambiente de 40 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
8,37	8	55	61	----	----
13,3	6	75	84	83	93
21,2	4	97	110	110	120
33,6	2	130	145	150	165
42,4	1	155	175	170	190
53,5	1/0	180	200	195	215
67,4	2/0	205	225	225	255
85,0	3/0	240	270	260	290
107	4/0	280	305	295	330
127	250	315	355	330	365
177	350	385	430	395	440
253	500	475	530	480	535
380	750	600	665	585	655
507	1 000	690	770	675	755

TABLA 310-74.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de tres cables monoconductores de aluminio aislados MT (MV) o en configuración triplex, dentro de un tubo (conduit) al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura de aire ambiente de 40 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
13,3	6	58	65	65	72
21,2	4	76	85	84	94
33,6	2	100	115	115	130
42,4	1	120	135	130	150
53,5	1/0	140	155	150	170
67,4	2/0	160	175	175	200
85,0	3/0	190	210	200	225
107	4/0	215	240	230	260
127	250	250	280	255	290
177	350	305	340	310	350
253	500	380	425	385	430
380	750	490	545	485	540
507	1 000	580	645	565	640

TABLA 310-75.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable multiconductor MT (MV) formado por tres conductores de cobre aislados, dentro de un tubo (conduit) al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
8,37	8	52	58	----	----
13,3	6	69	77	83	92
21,2	4	91	100	105	120
33,6	2	125	135	145	165
42,4	1	140	155	165	185
53,5	1/0	165	185	195	215
67,4	2/0	190	210	220	245
85,0	3/0	220	245	250	280
107	4/0	255	285	290	320
127	250	280	315	315	350
177	350	350	390	385	430
253	500	425	475	470	525
380	750	525	585	570	635
507	1 000	590	660	650	725

TABLA 310-76.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable multiconductor MT (MV) formado por tres conductores de aluminio aislados, dentro de un tubo (conduit) al aire, para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C

Tamaño o Designación	Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V	Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V
----------------------	-------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
13,3	6	53	59	64	71
21,2	4	71	79	84	94
33,6	2	96	105	115	125
42,4	1	110	125	130	145
53,5	1/0	130	145	150	170
67,4	2/0	150	165	170	190
85,0	3/0	170	190	195	220
107	4/0	200	225	225	255
127	250	220	245	250	280
177	350	275	305	305	340
253	500	340	380	380	425
380	750	430	480	470	520
507	1 000	505	560	550	615

TABLA 310-77.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de tres cables monoconductores de cobre aislados MT (MV) o en configuración triplex, en ductos subterráneos (tres conductores en cada ducto como se indica en la figura 310-60). Para una temperatura del terreno de 20 °C, una resistividad térmica del terreno (RHO) de 90, un factor de carga del 100 % y temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V –5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
Un circuito (Véase Figura 310-60 Detalle 1)					
8,37	8	64	69	---	---
13,3	6	85	92	90	97
21,2	4	110	120	115	125
33,6	2	145	155	155	165
42,4	1	170	180	175	185
53,5	1/0	195	210	200	215
67,4	2/0	220	235	230	245
85,0	3/0	250	270	260	275
107	4/0	290	310	295	315
127	250	320	345	325	345
177	350	385	415	390	415
253	500	470	505	465	500
380	750	585	630	565	610
507	1 000	670	720	640	690
Tres circuitos (Véase figura 310-60 Detalle 2)					
8,37	8	56	60	---	---
13,3	6	73	79	77	83
21,2	4	95	100	99	105
33,6	2	125	130	130	135
42,4	1	140	150	145	155
53,5	1/0	160	175	165	175
67,4	2/0	185	195	185	200
85,0	3/0	210	225	210	225
107	4/0	235	255	240	255

127	250	260	280	260	280
177	350	315	335	310	330
253	500	375	405	370	395
380	750	460	495	440	475
507	1 000	525	665	495	535
Seis circuitos (Véase figura 310-60 Detalle 3)					
8,37	8	48	52	----	----
13,3	6	62	67	64	68
21,2	4	80	86	82	88
33,6	2	105	110	105	115
42,4	1	115	125	120	125
53,5	1/0	135	145	135	145
67,4	2/0	150	160	150	165
85,0	3/0	170	185	170	185
107	4/0	195	210	190	205
127	250	210	225	210	225
177	350	250	270	245	265
253	500	300	325	290	310
380	750	365	395	350	375
507	1 000	410	445	390	415

TABLA 310-78.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de tres cables monoconductores de aluminio aislados MT (MV) o en configuración triplex, en ductos subterráneos (tres conductores en cada ducto como se indica en la figura 310-60). Para una temperatura del terreno de 20 °C, una resistividad térmica del terreno (RHO) de 90, un factor de carga del 100 % y temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
Un circuito (Véase figura 310-60 Detalle 1)					
13,3	6	66	71	70	75
21,2	4	86	93	91	98
33,6	2	115	125	120	130
42,4	1	130	140	135	145
53,5	1/0	150	160	155	165
67,4	2/0	170	185	175	190
85,0	3/0	195	210	200	215
107	4/0	225	245	230	245
127	250	250	270	250	270
177	350	305	325	305	330
253	500	370	400	370	400
380	750	470	505	455	490
507	1 000	545	590	525	565
Tres circuitos (Véase figura 310-60 Detalle 2)					
13,3	6	57	61	60	65
21,2	4	74	80	77	83
33,6	2	96	105	100	105
42,4	1	110	120	110	120

53,5	1/0	125	135	125	140
67,4	2/0	145	155	145	155
85,0	3/0	160	175	165	175
107	4/0	185	200	185	200
127	250	205	220	200	220
177	350	245	265	245	260
253	500	295	320	290	315
380	750	370	395	355	385
507	1 000	425	460	405	440
Seis circuitos (Véase figura 310-60 Detalle 3)					
13,3	6	48	52	50	54
21,2	4	62	67	64	69
33,6	2	80	86	80	88
42,4	1	91	98	90	99
53,5	1/0	105	110	105	110
67,4	2/0	115	125	115	125
85,0	3/0	135	145	130	145
107	4/0	150	165	150	160
127	250	165	180	165	175
177	350	195	210	195	210
253	500	240	255	230	250
380	750	290	315	280	305
507	1 000	335	360	320	345

TABLA 310-79.- Capacidad de conducción de corriente(A) permisible de un cable multiconductor MT(MV) formado por tres conductores de cobre aislados, en ductos subterráneos (un cable multiconductor en cada ducto como indica la figura 310-60). Para una temperatura del terreno de 20 °C, una resistividad térmica del terreno (RHO) de 90, un factor de carga del 100 % y temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
Un circuito (Véase figura 310-60 Detalle 1)					
8,37	8	59	64	----	----
13,3	6	78	84	88	95
21,2	4	100	110	115	125
33,6	2	135	145	150	160
42,4	1	155	165	170	185
53,5	1/0	175	190	195	210
67,4	2/0	200	220	220	235
85,0	3/0	230	250	250	270
107	4/0	265	285	285	305
127	250	290	315	310	335
177	350	355	380	375	400
253	500	430	460	450	485
380	750	530	570	545	585
507	1 000	600	645	615	660
Tres circuitos (Véase figura 310-60)					

Detalle 2)					
8,37	8	53	57	----	----
13,3	6	69	74	75	81
21,2	4	89	96	97	105
33,6	2	115	125	125	135
42,4	1	135	145	140	155
53,5	1/0	150	165	160	175
67,4	2/0	170	185	185	195
85,0	3/0	195	210	205	220
107	4/0	225	240	230	250
127	250	245	265	255	270
177	350	295	315	305	325
253	500	355	380	360	385
380	750	430	465	430	465
507	1 000	485	520	485	515
Seis circuitos (Véase figura 310-60 Detalle 3)					
8,37	8	46	50	----	----
13,3	6	60	65	63	68
21,2	4	77	83	81	87
33,6	2	98	105	105	110
42,4	1	110	120	115	125
53,5	1/0	125	135	130	145
67,4	2/0	145	155	150	160
85,0	3/0	165	175	170	180
107	4/0	185	200	190	200
127	250	200	220	205	220
177	350	240	270	245	275
253	500	290	310	290	305
380	750	350	375	340	365
507	1 000	390	420	380	405

TABLA 310-80.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable multiconductor MT (MV) formado por tres conductores de aluminio aislados, en ductos subterráneos (un cable multiconductor en cada ducto como indica la figura 310-60). Para una temperatura del terreno de 20 °C, una resistividad térmica del terreno (RHO) de 90, un factor de carga del 100 % y temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
Un circuito (Véase figura 310-60 Detalle 1)					
13,3	6	61	66	69	74
21,2	4	80	86	89	96
33,6	2	105	110	115	125
42,4	1	120	130	135	145
53,5	1/0	140	150	150	165
67,4	2/0	160	170	170	185
85,0	3/0	180	195	195	210
107	4/0	205	220	220	240
127	250	230	245	245	265
177	350	280	310	295	315
253	500	340	365	355	385
380	750	425	460	440	475

507	1 000	495	535	510	545
Tres circuitos (Véase figura 310-60 Detalle 2)					
13,3	6	54	58	59	64
21,2	4	70	75	75	81
33,6	2	90	97	100	105
42,4	1	105	110	110	120
53,5	1/0	120	125	125	135
67,4	2/0	135	145	140	155
85,0	3/0	155	165	160	175
107	4/0	175	185	180	195
127	250	190	205	200	215
177	350	230	250	240	255
253	500	280	300	285	305
380	750	345	375	350	375
507	1 000	400	430	400	430

TABLA 310-81.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de cables monoconductores de cobre aislados MT (MV), directamente enterrados en el terreno (como indica la figura 310-60). Para una temperatura del terreno de 20 °C, una resistividad térmica del terreno (RHO) de 90, un factor de carga del 100 % y temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
Un circuito, tres conductores (Véase figura 310-60 Detalle 9)					
8,37	8	110	115	----	----
13,3	6	140	150	130	140
21,2	4	180	195	170	180
33,6	2	230	250	210	225
42,4	1	260	280	240	260
53,5	1/0	295	320	275	295
67,4	2/0	335	365	310	335
85,0	3/0	385	415	355	380
107	4/0	435	465	405	435
127	250	470	510	440	475
177	350	570	615	535	575
253	500	690	745	650	700
380	750	845	910	805	865
507	1 000	980	1055	930	1005
Dos circuitos, 6 conductores (Véase figura 310-60 Detalle 10)					
8,37	8	100	110	----	----
13,3	6	130	140	120	130
21,2	4	165	180	160	170
33,6	2	215	230	195	210

42,4	1	240	260	225	240
53,5	1/0	275	295	255	275
67,4	2/0	310	335	290	315
85,0	3/0	355	380	330	355
107	4/0	400	430	375	405
127	250	435	470	410	440
177	350	520	560	495	530
253	500	630	680	600	645
380	750	775	835	740	795
507	1 000	890	960	855	920

TABLA 310-82.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de cables monoconductores de aluminio aislados MT (MV), directamente enterrados en el terreno (como indica la figura 310-60). Para una temperatura del terreno de 20 °C, una resistividad térmica del terreno (RHO) de 90, un factor de carga del 100 % y temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
Un circuito, tres conductores (Véase figura 310-60 Detalle 9)					
13,3	6	110	115	100	110
21,2	4	140	150	130	140
33,6	2	180	195	165	175
42,4	1	205	220	185	200
53,5	1/0	230	250	215	230
67,4	2/0	265	285	245	260
85,0	3/0	300	320	275	295
107	4/0	340	365	315	340
127	250	370	395	345	370
177	350	445	480	415	450
253	500	540	580	510	545
380	750	665	720	635	680
507	1 000	780	840	740	795
Dos circuitos, 6 conductores (Véase figura 310-60 Detalle 10)					
13,3	6	100	110	95	100
21,2	4	130	140	125	130
33,6	2	165	180	155	165
42,4	1	190	200	175	190
53,5	1/0	215	230	200	215
67,4	2/0	245	260	225	245
85,0	3/0	275	295	255	275
107	4/0	310	335	290	315
127	250	340	365	320	345
177	350	410	440	385	415
253	500	495	530	470	505
380	750	610	655	580	625
507	1 000	710	765	680	730

TABLA 310-83.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable multiconductor MT (MV) formado por tres conductores de cobre aislados, directamente enterrados en el terreno (como indica la figura 310-60). Para una temperatura del terreno de 20 °C, una resistividad térmica del terreno (RHO) de 90, un factor de carga del 100 % y temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C

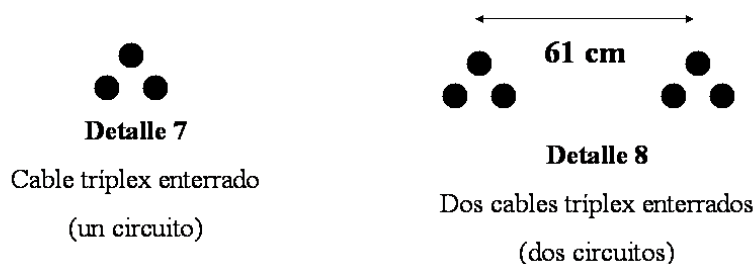
Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
mm ²	AWG o kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
Un circuito (Véase figura 310-60 Detalle 5)					
8,37	8	85	89	----	----
13,3	6	105	115	115	120
21,2	4	135	150	145	155
33,6	2	180	190	185	200
42,4	1	200	215	210	225
53,5	1/0	230	245	240	255
67,4	2/0	260	280	270	290
85,0	3/0	295	320	305	330
107	4/0	335	360	350	375
127	250	365	395	380	410
177	350	440	475	460	495
253	500	530	570	550	590
380	750	650	700	665	720
507	1 000	730	785	750	810
Dos circuitos (Véase figura 310-60 Detalle 10)					
8,37	8	80	84	----	----
13,3	6	100	105	105	115
21,2	4	130	140	135	145
33,6	2	165	180	170	185
42,4	1	185	200	195	210
53,5	1/0	215	230	220	235
67,4	2/0	240	260	250	270
85,0	3/0	275	295	280	305
107	4/0	310	335	320	345
127	250	340	365	350	375
177	350	410	440	420	450
253	500	490	525	500	535
380	750	595	640	605	650
507	1 000	665	715	675	730

TABLA 310-84.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable multiconductor MT (MV) formado por tres conductores de aluminio aislados, directamente enterrados en el terreno (como indica la figura 310-60). Para una temperatura del terreno de 20 °C, una resistividad térmica del terreno (RHO) de 90, un factor de carga del 100 % y temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V		Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V – 35 000 V	
		90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
mm ²	AWG				

	o kcmil				
Un circuito (Véase figura 310-60 Detalle 5)					
13,3	6	80	88	90	95
21,2	4	105	115	115	125
33,6	2	140	150	145	155
42,4	1	155	170	165	175
53,5	1/0	180	190	185	200
67,4	2/0	205	220	210	225
85,0	3/0	230	250	240	260
107	4/0	260	280	270	295
127	250	285	310	300	320
177	350	345	375	360	390
253	500	420	450	435	470
380	750	520	560	540	580
507	1 000	600	650	620	665
Dos circuitos (Véase figura 310-60 Detalle 6)					
13,3	6	75	83	80	95
21,2	4	100	110	105	115
33,6	2	130	140	135	145
42,4	1	145	155	150	165
53,5	1/0	165	180	170	185
67,4	2/0	190	205	195	210
85,0	3/0	215	230	220	240
107	4/0	245	260	250	270
127	250	265	285	275	295
177	350	320	345	330	355
253	500	385	415	395	425
380	750	480	515	485	525
507	1 000	550	590	560	600

TABLA 310-85.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de tres cables monoconductores de cobre aislados MT (MV) o en configuración tríplex, directamente enterrados en el terreno (como indica la figura 310-60). Para una temperatura del terreno de 20 °C, una resistividad térmica del terreno (RHO) de 90, un factor de carga del 100 % y temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C



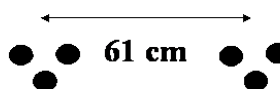
Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V - 5 000 V	Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V - 35 000 V
mm ²	AWG o kcmil		
Un circuito, tres conductores (Véase figura 310-60 Detalle 7)			
8,37	8	90	115
13,3	6	120	150
21,2	4	150	190
33,6	2	195	215
42,4	1	225	245
53,5	1/0	255	275
67,4	2/0	290	315
85,0	3/0	330	360
107	4/0	375	390
127	250	410	470
177	350	490	565
253	500	590	385
380	750	725	770
507	1 000	825	
Dos circuitos, seis conductores (Véase figura 310-60 Detalle 8)			
8,37	8	85	----
13,3	6	110	105
21,2	4	140	140
33,6	2	180	175
42,4	1	205	200
53,5	1/0	235	225
67,4	2/0	265	255
85,0	3/0	300	290
107	4/0	340	325
127	250	370	355
177	350	445	426
253	500	535	510
380	750	650	615
507	1 000	740	690

TABLA 310-86.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de tres cables monoconductores de aluminio aislados MT (MV) o en configuración triplex, directamente enterrados

en el terreno (como indica la figura 310-60). Para una temperatura del terreno de 20 °C, una resistividad térmica del terreno (RHO) de 90, un factor de carga del 100 % y temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C

**Detalle 7**

Cable triplex enterrado
(un circuito)

**Detalle 8**

Dos cables triplex enterrados
(dos circuitos)

Tamaño o Designación		Capacidad de conducción de corriente para 2 001 V – 5 000 V	Capacidad de conducción de corriente para 5 001 V - 35 000 V
mm ²	AWG o kcmil		
Un circuito, tres conductores (Véase figura 310-60 Detalle 7)			
13,3	6	90	90
21,2	4	120	115
33,6	2	155	145
42,4	1	175	165
53,5	1/0	200	190
67,4	2/0	225	215
85,0	3/0	255	245
107	4/0	290	280
127	250	320	305
177	350	385	370
253	500	465	445
380	750	580	550
507	1 000	670	635
Dos circuitos, seis conductores (Véase figura 310-60 Detalle 8)			
13,3	6	85	85
21,2	4	110	105
33,6	2	140	135
42,4	1	160	155
53,5	1/0	180	175
67,4	2/0	205	200
85,0	3/0	235	225
107	4/0	265	255
127	250	290	280
177	350	350	335
253	500	420	405
380	750	520	485

507	1 000	600	565
-----	-------	-----	-----

ARTICULO 318 - SOPORTES TIPO CHAROLA PARA CABLES

318-1. Alcance. Este artículo cubre los sistemas de soporte tipo charola para cables, incluyendo escalera, fondo ventilado, malla, fondo expandido, canales ventilados, fondo sólido y otras estructuras similares.

318-2. Definición. Sistema de soportes tipo charola para cables. Es una unidad o conjunto de unidades o secciones y accesorios, que forman un sistema estructural rígido utilizado para soportar cables y canalizaciones.

318-3. Usos permitidos. Las soportes tipo charola para cables no se limitan a los establecimientos industriales.

a) Métodos de alambrado. Se permite la instalación en soporte tipo charola para cables, en las condiciones establecidas en sus respectivos artículos, para lo siguiente:

- 1) Cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral (Artículo 330)
- 2) Tubo (conduit) no metálico (Artículo 331)
- 3) Cables armados tipo AC (Artículo 333)
- 4) Cables con armadura metálica (Artículo 334)
- 5) Cables con cubierta no metálica (Artículo 336)
- 6) Cables multiconductores para entrada de acometida (Artículo 338)
- 7) Cables multiconductores para alimentadores y circuitos derivados subterráneos (Artículo 339)
- 8) Cables de energía y control para uso en soporte tipo charola (Artículo 340)
- 9) Cables de instrumentos para uso en soporte tipo charola
- 10) Cables de baja energía para uso en soporte tipo charola (Secciones 725-50, 725-51 y 725-53)

11) Otros cables multiconductores de energía, señales y control montados en fábrica, específicamente aprobados para su instalación en soportes tipo charola para cables

12) Cables monoconductores tipos THW-LS, THHW-LS, XHHW-LS, cables sin contenido de halógenos, para interiores o exteriores donde se requiera mayor protección contra la propagación de incendio y de baja emisión de humos (Artículo 310). Cuando no se requieran las características anteriores pueden usarse conductores con aislamiento tipo THHN y THWN (Artículo 310)

Los conductores o cables para uso en soportes tipo charola deben ser aprobados para ese uso e identificados con el marcado CT. Los conductores o cables que quedan expuestos a los rayos del sol deben ser aprobados como resistentes a los rayos solares e identificados con el marcado SR.

- 13) Tubo (conduit) metálico tipo semipesado (Artículo 345)
- 14) Tubo (conduit) metálico tipo pesado (Artículo 346)
- 15) Tubo (conduit) no metálico tipo pesado (Artículo 347)
- 16) Tubo (conduit) metálico tipo ligero (Artículo 348)
- 17) Tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero (Artículo 349)
- 18) Tubo (conduit) metálico flexible (Artículo 350)
- 19) Cables de fibra óptica (Artículo 770)
- 20) Tubo (conduit) flexible hermético a los líquidos metálico y no metálico (Artículo 351)

b) En instalaciones industriales. Los métodos de alambrado indicados en 318-3(a) se pueden utilizar en cualquier establecimiento industrial en las condiciones establecidas en sus respectivos Artículos. En instalaciones industriales, cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que el sistema de soporte tipo charola para cables es atendido sólo por personas calificadas, se permite instalar cualquiera de los siguientes cables en soporte tipo charola para cables, en los tipos escalera, malla o de fondo ventilado.

1) Cables monoconductores. Los cables monoconductores deben ser de 21,2 mm² (4 AWG) o mayor y de un tipo aprobado e identificado para su uso en soportes tipo charola para cables, como se indica en la Sección 318-3 a)(12). Cuando se instalen cables monoconductores de tamaño nominal de 53,5 mm² (1/0 AWG) a 107 mm² (4/0 AWG) en soportes tipo escalera, la separación de los travesaños debe ser de 23 cm, como máximo. Cuando se instalen cables monoconductores de tamaño nominal menores a 53,5 mm²

(1/0 AWG) y hasta 21,2 mm² (4 AWG) en soportes tipo escalera, la separación de los travesaños debe ser de 16 cm, como máximo.

Excepción 1: Los cables de máquinas de soldar eléctricas, como se permite en el Artículo 630 Parte E.

Excepción 2: Los cables monoconductores utilizados como conductores de puesta a tierra de equipo, pueden estar aislados, cubiertos o desnudos, de 21,2 mm² (4 AWG) o mayores.

2) Multiconductores. Los cables multiconductores de tipo MT (MV) (Artículo 326) para uso en soportes tipo charola para cables y expuestos directamente a los rayos del sol deben estar aprobados e identificados como se indica en la Sección 318-3 a)(12).

c) En áreas peligrosas (clasificadas). Los soportes tipo charola para cables en áreas peligrosas (clasificadas), sólo deben contener los tipos de cables permitidos en 501-4, 502-4, 503-3 y 504-20.

d) Soporte tipo charola de material no metálico para cables. Se permite utilizar soportes tipo charola de material no metálico para cables en zonas corrosivas y en las que requieran aislamiento a la tensión eléctrica.

318-4. Usos no permitidos. No está permitido utilizar sistemas de soporte tipo charola para cables:

a) En cubos de elevadores o donde puedan estar sujetos a daño físico severo.

b) En espacios de manejo de aire ambiental, excepto lo permitido en 300-22.

c) Como conductor de puesta a tierra de equipos.

318-5. Especificaciones de construcción

a) Resistencia y rigidez. Los soportes tipo charola para cables deben tener resistencia y rigidez suficientes para que ofrezcan un soporte adecuado a todos los cables instalados en ellos.

b) Bordes lisos. Los soportes tipo charola para cables no deben tener bordes afilados, rebabas o salientes que puedan dañar las cubiertas o aislamientos de los cables.

c) Protección contra la corrosión. Los soportes tipo charola para cables deben ser de un material resistente a la corrosión o, si son de metal, deben estar adecuadamente protegidos contra la corrosión, como se indica en la Sección 300-6.

d) Rieles laterales. Los soportes tipo charola para cables deben tener rieles laterales u otros miembros estructurales equivalentes.

e) Accesorios. Los soportes tipo charola para cables deben incluir dispositivos o tener accesorios u otros medios adecuados para poder cambiar la dirección y elevación de los cables.

f) Soporte tipo charola de material no metálico para cables. Los soportes tipo charola de material no metálico para cables deben estar hechos de material retardante a la flama.

318-6. Instalación

a) Sistema completo. Los soportes tipo charola para cables deben instalarse como sistemas completos. Si en campo o durante la instalación se hacen curvas o modificaciones, deben estar de manera que se mantenga la continuidad eléctrica del sistema y el soporte continuo de los cables. Se permite que los sistemas de soporte tipo charola para cables tengan segmentos mecánicamente discontinuos entre los tramos de cables o entre los cables y el equipo siempre y cuando se mantenga la continuidad con uno o varios puentes de unión según 250-75 y 250-79. El sistema debe ofrecer soporte a los cables según lo establecido en los correspondientes Artículos. Si se hacen puentes de unión, deben cumplir con lo establecido en 250-75.

b) Terminación antes de la instalación. Cada tramo del soporte tipo charola para cables debe estar completamente terminado antes de la instalación de los cables.

c) Apoyos. Se deben instalar apoyos que eviten esfuerzos sobre los cables cuando éstos entren al soporte tipo charola para cables desde canalizaciones u otros envolventes. En los soportes tipo charola que lleguen o pasen a través del piso, deben colocarse tapas que lleguen hasta una altura mínima de 1,80 m sobre el nivel del piso terminado. Cuando se emplean tapas en soportes tipo charolas instalados en exteriores, deben asegurarse firmemente para evitar que se desprendan por efectos del viento.

d) Cubiertas. En las partes o tramos que los soportes tipo charola estén expuestos a la caída de objetos o a la acumulación de escombros o materiales corrosivos o donde se requiera mayor protección, se deben instalar tapas o cubiertas protectoras de un material compatible con el del soporte.

e) Cables multiconductores de 600 V nominales o menos. Se permite instalar en el mismo soporte tipo charola cables multiconductores de 600 V nominales o menos.

f) Cables de más de 600 V nominales. No se deben instalar en el mismo soporte tipo charola cables de más de 600 V nominales con otros cables de 600 V nominales o menores.

Excepción 1: Cuando estén separados por una barrera fija de un material sólido compatible con el del soporte tipo charola.

Excepción 2: Cuando los cables de más de 600 V sean tipo MC.

g) Paso a través de paredes y separaciones. Se permite que los soportes tipo charola para cables se prolonguen transversalmente a través de paredes y tabiques o verticalmente a través de pisos y plataformas en lugares mojados o secos cuando la instalación completa con los cables esté hecha de acuerdo con los requisitos indicados en 300-21 y 318-6(c).

h) Expuestos y accesibles. Los soportes tipo charola para cables deben estar expuestos y accesibles, excepto en lo permitido en 318-6(g).

i) Acceso adecuado. Alrededor de los soportes tipo charola se debe dejar y mantener un espacio suficiente que permita el acceso adecuado para la instalación y mantenimiento de los cables.

j) Tubo (conduit) y cables instalados en soportes tipo charola. En instalaciones industriales, cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que el sistema de soporte tipo charola es atendido únicamente por personas calificadas y estén proyectados de modo que puedan soportar la carga, se permite apoyar tubos (conduit) y cables. Para la terminación de los tubos (conduit) en la charola se debe utilizar una abrazadera o adaptador aprobado y listado y no es necesario un soporte a menos de 0,90 m de la charola. Para los tubos (conduit) y cables que vayan paralelos a la charola, al lado de ella o por debajo, los soportes deben cumplir los requisitos establecidos en los correspondientes Artículos relativos al tubo (conduit) o al cable.

k) Derivaciones a equipo. Las derivaciones de soportes tipo charola a equipos deben realizarse de forma que el agua pueda drenarse lejos de la entrada al equipo.

l) Tuberías con servicios no eléctricos en proximidad a los soportes tipo charola. Ver la Sección 300-8. La separación entre soportes tipo charola y otras tuberías con servicios no eléctricos, no debe ser menor que 0,60 m.

318-7. Puesta a tierra de los soportes para cables

a) Soporte tipo charola metálico para cables. Los soportes tipo charola metálicos para cables que soporten conductores se deben poner a tierra como lo exige el Artículo 250 para las envolventes de conductores. Para la puesta a tierra deben cumplirse los siguientes requisitos:

1) Las secciones de soporte tipo charola, los accesorios y otras canalizaciones conectadas deben empalmarse o unirse según lo establecido en 250-75, utilizando conectores mecánicos con tornillos o puentes de unión que cumplan los requisitos establecidos en 250-79.

2) Para efectuar la conexión de puesta a tierra del sistema de soporte tipo charola, se debe proveer de un cable de puesta a tierra de un material compatible con el del soporte y en toda la extensión del sistema de soporte tipo charola. El conductor de puesta a tierra debe unirse eléctricamente a los soportes tipo charola utilizando conectores metálicos con tornillos o puentes de unión de sección transversal adecuada a intervalos no mayores que 15 m. El tamaño nominal del conductor de puesta a tierra debe basarse en la capacidad o ajuste máximo del dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito o circuitos instalados en el soporte tipo charola.

3) El conductor de puesta a tierra puede alojarse en la parte exterior del soporte tipo charola, siempre que no quede expuesto a daño mecánico.

318-8. Instalación de los cables

a) Empalmes. Se permiten empalmes hechos y aislados con métodos y accesorios aprobados, en un soporte tipo charola para cables, siempre que sean accesibles y no sobresalgan de los rieles laterales.

b) Amarres de seguridad. Los cables o conjuntos de cables deben fijarse firmemente y en forma segura a los travesaños de los soportes tipo charola en todos los tramos a distancias no mayores a 70 cm. El material de los amarres debe ser de forma que no afecte al aislamiento o a la cubierta de los cables y ser

resistente a los esfuerzos dinámicos y mecánicos en operación normal y en condiciones de falla. En caso de alambrados expuestos al sol o a la intemperie, los amarres deben ser aprobados para esas condiciones ambientales.

c) Tubo (conduit) y acoplamientos. Cuando los cables o conductores estén instalados en tubo (conduit) y utilicen los acoplamientos aprobados para soporte y protección contra daño físico del conductor, no es necesario instalar una caja.

d) Conexión en paralelo. Cuando los cables monoconductores (fase o neutro) de un circuito se conecten en paralelo como se permite en 310-4, los conductores se deben instalar en grupos consistentes en no más de un conductor por fase o neutro para prevenir desbalanceo de corriente eléctrica en los conductores en paralelo, debidos a la reactancia inductiva.

Los cables monoconductores se deben amarrar firmemente en grupos de circuitos para evitar movimiento excesivo si se producen esfuerzos mecánicos por fallas a tierra.

No se requiere enlazar los cables cuando los cables monoconductores estén cableados entre sí, como en los conjuntos tríplex o cuádruplex hechos en fábrica, pero sí deben sujetarse al soporte tipo charola.

e) Cables monoconductores. Cuando los cables monoconductores instalados en un soporte tipo escalera, fondo ventilado o malla sean de $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) a 107 mm^2 (4/0 AWG), deben colocarse en una sola capa y la suma de los diámetros de los cables no debe exceder el ancho del soporte tipo charola. Cuando los cables monoconductores son cableados entre sí (tríplex o cuádruplex) o son amarrados entre sí formando conjuntos, la suma de los diámetros de los conjuntos de cables no debe exceder el ancho del soporte tipo charola y los grupos deben colocarse en una sola capa.

f) Cables de diferentes tensiones eléctricas. Los soportes tipo charola para cables con elementos de diferente nivel de tensión eléctrica deben ser colocados en un orden tal que los cables de mayor tensión queden más alejados de las personas.

g) Capacidad de carga de los soportes. El soporte tipo charola para cables debe seleccionarse de forma que la suma de los pesos de los cables y canalizaciones que se coloquen sobre él, sea igual o menor que la capacidad de carga aprobada para el producto (véase 110-2).

318-9. Número de cables multiconductores de 2 000 V nominales o menos en soporte tipo charola para cables. El número de cables multiconductores de 2 000 V nominales o menos permitidos en un soporte tipo charola para cables, no debe superar lo establecido en esta Sección. Los tamaños nominales de los conductores mencionados se refieren tanto a conductores de cobre como de aluminio.

a) Cualquier combinación de cables. Cuando un soporte tipo charola para cables, de fondo ventilado o tipo malla contenga cables multiconductores de energía o de iluminación o cualquier combinación de cables multiconductores de energía, iluminación, control y señales, el número máximo de cables debe ser el siguiente:

1) Si todos los cables son de 107 mm^2 (4/0 AWG) o mayores, la suma de los diámetros de todos ellos incluyendo el aislamiento no debe superar el ancho del soporte y los cables deben ir instalados en una sola capa.

2) Si todos los cables son menores de 107 mm^2 (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales incluyendo el aislamiento de todos los cables no debe superar la superficie máxima permisible de la columna 1 en la Tabla 318-9, para el correspondiente ancho del soporte.

3) Si en el mismo soporte se instalan cables de 107 mm^2 (4/0 AWG) o mayores con cables menores a 107 mm^2 (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales incluyendo el aislamiento de todos los cables menores a 107 mm^2 (4/0 AWG) no debe superar la superficie máxima permisible resultante del cálculo de la columna 2 de la Tabla 318-9 para el correspondiente ancho del soporte. Los cables de 107 mm^2 (4/0 AWG) y mayores se deben instalar en una sola capa y no se deben colocar otros cables sobre ellos.

b) Cables multiconductores sólo de control y/o señalización. Cuando un soporte para cables tipo escalera, de fondo ventilado o tipo malla para cables, con una profundidad interior útil de 15 cm o menos, contenga sólo cables multiconductores de control y/o señalización, la suma del área de sección transversal de todos los cables incluyendo el aislamiento, en cualquier sección de la charola no debe superar 50% de la sección interior de dicha charola. Cuando la profundidad interior útil de la charola sea de más de 15 cm, para calcular la sección interior máxima admisible de la charola se debe tomar una profundidad de 15 cm.

c) Charola de fondo sólido para cualquier combinación de cables. Cuando un soporte tipo charola de fondo sólido para cables contenga cables multiconductores de energía o iluminación o cualquier combinación de cables multiconductores de energía, iluminación, señalización y control, el número máximo de cables que contenga debe ser el siguiente:

1) Si todos los cables son de 107 mm² (4/0 AWG) o mayores, la suma de los diámetros incluyendo el aislamiento de todos ellos no debe superar 90% del ancho del soporte y los cables deben ir instalados en una sola capa.

2) Si todos los cables son menores a 107 mm² (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables incluyendo el aislamiento no debe superar la superficie máxima permisible de la columna 3 de la Tabla 318-9 para el ancho apropiado del soporte.

3) Si en el mismo soporte se instalan cables de 107 mm² (4/0 AWG) o mayores con cables menores a 107 mm² (4/0 AWG), la suma de las secciones transversales de todos los cables incluyendo el aislamiento menores a 107 mm² (4/0 AWG) no debe superar la superficie máxima permisible resultante del cálculo de la columna 4 de la Tabla 318-9 para el ancho apropiado del soporte. Los cables de 107 mm² (4/0 AWG) y mayores se deben instalar en una sola capa y no se deben colocar otros cables sobre ellos.

d) **Soporte para cables tipo fondo sólido con cables multiconductores únicamente de control y señalización.** Cuando un soporte tipo charola de fondo sólido para cables, con una profundidad interior útil de 15 cm o menos, sólo contenga cables multiconductores de control o señalización, la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables incluyendo el aislamiento en cualquier sección del soporte no debe superar 40% del área de la sección transversal interior de dicho soporte. Cuando la profundidad interior útil del soporte sea de más de 15 cm, para calcular el área de la sección transversal interior máxima admisible del soporte se debe tomar una profundidad de 15 cm.

TABLA 318-9.- Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en soportes tipo escalera, tipo malla, de fondo ventilado o sólido para cables de 2 000 V nominales o menos

Ancho interior de la charola en cm	Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en cm ²			
	Soportes tipo escalera, malla o fondo ventilado, Sección 318-9(a)		Soportes para cables de fondo sólido, Sección 318-9(c)	
	Columna 1 Aplicable sólo a la Sección 318-9(a)(2) cm ²	Columna 2* Aplicable sólo a la Sección 318-9(a)(3) cm ²	Columna 3 Aplicable sólo a la Sección 318-9(c)(2) cm ²	Columna 4* Aplicable sólo a la Sección 318-9(c)(3) cm ²
15	45	45 - (3 Sd)**	35	35 - 2,5 Sd
21	68	68 - (3 Sd)	52	52 - 2,5 Sd
30	90	90 - (3 Sd)	70	70 - 2,5 Sd
45	135	135 - (3 Sd)	106	106 - 2,5 Sd
60	180	180 - (3 Sd)	142	142 - 2,5 Sd
75	225	225 - (3 Sd)	177	177 - 2,5 Sd
90	270	270 - (3 Sd)	213	213 - 2,5 Sd

*La superficie máxima admisible de las columnas 2 y 4 se debe calcular. Por ejemplo, la superficie máxima admisible, en mm², de un soporte tipo charola para cables de 15 cm de ancho de la columna 2, debe ser 45 - (3 Sd)

**La expresión Sd de las columnas 2 y 4 es la suma de diámetros en cm de todos los cables multiconductores de 107 mm² (4/0 AWG) y mayores instalados en el mismo soporte tipo charola con cables más pequeños.

Nota: Para anchos de soportes no incluidos en la tabla, interpolar los valores.

e) **Soporte tipo canal ventilado o malla para cables.** Cuando se instalen cables multiconductores de cualquier tipo en soporte tipo canal ventilado o malla para cables, se debe aplicar lo siguiente:

1) Cuando sólo haya instalado un cable multiconductor, el área de su sección transversal no debe exceder el valor especificado en la columna 1 de la Tabla 318-9(e).

2) Cuando haya instalado más de un cable multiconductor, la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables no debe exceder el valor especificado en la columna 2 de la Tabla 318-9(e).

TABLA 318-9(e).- Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en soportes tipo charola de canal ventilado o malla para cables de 2000 V nominales o menos

Ancho interior del canal (cm)	Superficie máxima admisible de los cables multiconductores (cm ²)	
	Columna 1 Un solo cable	Columna 2 Más de un cable

5	8	5
7,5	15	8
10	30	16
15	45	25

318-10. Número de cables monoconductores de 2 000 V nominales o menores en soporte tipo charola para cables. El número de cables monoconductores de 2 000 V nominales o menos permitidos en una sola parte de un soporte tipo charola, no debe superar lo establecido en esta Sección. Los conductores o conjuntos de conductores se deben distribuir uniformemente a lo ancho de todo el soporte. Los tamaños nominales utilizados en este soporte se refieren tanto a conductores de cobre como de aluminio.

a) Soporte tipo escalera, de fondo ventilado o malla para cables. Cuando un soporte tipo escalera, de fondo ventilado o malla contenga cables monoconductores, el número máximo de éstos debe cumplir con los siguientes requisitos:

1) Si todos los cables son de 507 mm² (1 000 kcmil) o mayores, la suma de los diámetros de los cables incluyendo el aislamiento no debe superar el ancho del soporte tipo charola.

2) Si todos los cables son de 127 mm² (250 kcmil) a 507 mm² (1 000 kcmil), la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables incluyendo el aislamiento no debe superar la superficie máxima permitida en la Columna 1 de la Tabla 318-10, para el ancho correspondiente del soporte.

3) Si hay instalados en la misma charola cables monoconductores de 507 mm² (1 000 kcmil) o mayores con cables monoconductores menores a 507 mm² (1 000 kcmil), la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables incluyendo el aislamiento menores a 507 mm² (1 000 kcmil) no debe superar la superficie máxima admisible resultante del cálculo de la Columna 2 de la Tabla 318-10, para el ancho correspondiente del soporte.

4) Cuando cualquiera de los cables instalados sean de 21,2 mm² (4 AWG) a 107 mm² (4/0 AWG), la suma de los diámetros de todos los cables monoconductores incluyendo el aislamiento no debe superar el ancho del soporte.

b) Soporte tipo canal ventilado o malla para cables. Cuando un soporte tipo canal ventilado o malla de 5 cm, 7,5 cm, 10 cm o 15 cm de ancho contenga cables monoconductores, la suma de los diámetros de todos los cables monoconductores incluyendo el aislamiento no debe superar el ancho interior del canal.

318-11. Capacidad de conducción de corriente de los cables de 2 000 V o menores en soportes tipo charola para cables

a) Cables multiconductores. La capacidad de conducción de corriente de los cables multiconductores de 2 000 V nominales o menores, instalados según los requisitos indicados en 318-9, deben cumplir con la capacidad de conducción de corriente de las Tablas 310-16 y 310-18. Los factores de ajuste de la Sección 310-15(g), para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V, deben aplicarse sólo a cables multiconductores con más de tres conductores que transporten corriente eléctrica. La corrección se debe limitar al número de conductores que transportan corriente eléctrica en el cable y no al número de conductores en el soporte tipo charola.

Excepción 1: Cuando los soportes tipo charola para cables tengan cubiertas continuas a lo largo de más de 1,8 m con tapas cerradas sin ventilar, no se permite que los cables multiconductores tengan más de 95% de la capacidad de conducción de corriente indicada en las Tablas 310-16 y 310-18.

Excepción 2: Cuando se instalen cables multiconductores en una sola capa en soporte tipo charola sin cubierta o tapa, guardando una separación entre cables no inferior al diámetro del cable, su capacidad de conducción de corriente no debe exceder la establecida en 310-15(b) para cables multiconductores con no más de tres conductores aislados de 0 a 2 000 V nominales al aire libre, corregido para la correspondiente temperatura ambiente. Véase la Tabla A-310-3 del Apéndice A.

TABLA 318-10.- Superficie máxima admisible de los cables monoconductores en soportes tipo escalera, malla, de canal ventilado para cables de 2 000 V nominales o menos

Ancho interior de la charola (cm)	Superficie máxima admisible de los cables monoconductores (cm ²)	
	Columna 1 Aplicable sólo a la Sección 318-10(a)(2)	Columna 2 aplicable sólo a la Sección 318-10(a)(3)
15	42	42 - (2,8 Sd) **
23	61	61 - (2,8 Sd)
30	84	84 - (2,8 Sd)
45	125	125 - (2,8 Sd)
60	168	168 - (2,8 Sd)

75	210	210– (2,8 Sd)
90	252	252– (2,8 Sd)
*La superficie máxima admisible de la Columna 2 se debe calcular. Por ejemplo, la superficie máxima admisible, en cm ² , de una charola de 15 cm de ancho de la Columna 2, debe ser 42 - (2,8 Sd)		
**La expresión Sd de la columna 2 es la suma de diámetros en cm de todos los cables monoconductores de 507mm ² (1 000 kcmil) y mayores instalados en la misma charola con cables más pequeños.		

b) Cables monoconductores. Los factores de ajuste de la Sección 310-15(g), para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V, no se deben aplicar a la capacidad de conducción de corriente de los cables en soportes tipo charola. La capacidad de conducción de corriente permisible de un cable monoconductor o de los cables monoconductores instalados juntos (en grupos de tres, de cuatro, etc.) de 2 000 V nominales o menores, debe cumplir lo siguiente:

1) Cuando se instalen cables monoconductores de 304 mm² (600 kcmil) y mayores en soportes tipo charola sin cubierta superior o tapa, según los requisitos indicados en 318-10, su capacidad de conducción de corriente no debe exceder 75% de la capacidad de conducción de corriente permitida en las Tablas 310-17 y 310-19. Cuando los soportes tipo charola para cables estén cubiertos continuamente a lo largo de más de 1,8 m con tapas cerradas sin ventilar, no se permite que los cables monoconductores de 304 mm² (600 kcmil) y mayores tengan más de 70% de la capacidad de conducción de corriente permitida de las Tablas 310-17 y 310-19.

2) Cuando se instalen cables monoconductores de 21,2 mm² (4 AWG) a 253 mm² (500 kcmil) en soportes tipo charola sin cubierta superior o tapa, según los requisitos de 318-10, su capacidad de conducción de corriente permitida, no debe superar 65% de la capacidad de conducción de corriente permitida de las Tablas 310-17 y 310-19. Cuando los soportes tipo charola para cables estén cubiertos continuamente a lo largo de más de 1,8 m con tapas cerradas sin ventilar, no se permite que cables monoconductores de 21,2 mm² (4 AWG) a 253 mm² (500 kcmil) tengan más de 60% de la capacidad de conducción de corriente permitida en las Tablas 310-17 y 310-19.

3) Cuando se instalen cables monoconductores en una sola capa en soportes tipo charola sin cubierta superior o tapa, guardando una separación entre cables no inferior al diámetro de cada conductor, la capacidad de conducción de corriente permitida en cables de 21,2 mm² (4 AWG) y mayores no debe superar la capacidad de conducción de corriente permitida en las Tablas 310-17 y 310-19.

4) Cuando se instalen cables monoconductores en configuración triangular o cuadrada en soportes tipo charola sin cubierta superior o tapa, guardando una separación entre circuitos no inferior a 2,15 veces el diámetro exterior de un conductor (2,15 x DE), de cables de 21,2 mm² (4 AWG) y mayores no debe superar la capacidad de conducción de corriente permitida de dos o tres cables monoconductores aislados de 0 a 2000 V nominales soportados por un mensajero, como se indica en la Tabla A-310-2 del Apéndice A.

318-12. Número de cables de Tipo MT (MV) y MC de 2 001 V nominales en adelante en soportes tipo charola para cables. El número de cables de 2 001 V nominales en adelante, permitido en una sola charola de cables, no debe superar los requisitos de esta Sección.

La suma de diámetros de los cables monoconductores y multiconductores no debe exceder el ancho de la charola y los cables deben estar instalados en una sola capa. Cuando los cables monoconductores vayan en grupos de tres, cuatro o a grupos por circuitos, la suma de los diámetros de todos los conductores no debe superar el ancho del soporte tipo charola y estos grupos deben instalarse en una sola capa.

318-13. Capacidad de conducción de corriente permitida de los cables de Tipo MT (MV) y MC (de 2 001 V nominales en adelante) en los soportes tipo charola para cables. La capacidad de conducción de corriente permitida de los cables de 2 001 V nominales en adelante, instalados en soportes tipo charola según lo indicado en 318-12, no debe exceder los requisitos de esta Sección:

a) Cables multiconductores (de 2 001 V nominales en adelante). La capacidad de conducción de corriente permitida de los cables multiconductores debe cumplir los requisitos de capacidad de conducción de corriente permitida en las Tablas 310-75 y 310-76.

Excepción 1: Cuando los soportes tipo charola para cables estén cubiertos continuamente a lo largo de más de 1,8 m con tapas cerradas sin ventilar, no se permite que los cables multiconductores tengan más de 95% de la capacidad nominal indicada en las Tablas 310-75 y 310-76.

Excepción 2: Cuando se instalen cables multiconductores en una sola capa en soportes tipo charola para cables sin tapar, guardando una separación entre cables no inferior al diámetro del cable, su capacidad de conducción de corriente no debe exceder las establecidas en las Tablas 310-71 y 310-72.

b) Cables monoconductores (de 2001 V nominales en adelante). La capacidad de conducción de corriente permitida de los cables monoconductores o cables en grupos de tres, cuatro, etc., debe cumplir lo siguiente:

1) La capacidad de conducción de corriente permitida de los cables monoconductores de 21,2 mm² (4 AWG) y mayores en soportes tipo charola sin cubierta superior o tapa, no debe exceder 75% de la capacidad de conducción de corriente permitida de las Tablas 310-69 y 310-70. Cuando los soportes tipo charola estén cubiertos continuamente a lo largo de más de 1,8 m con tapas cerradas sin ventilar, no se permite que los cables monoconductores de 21,2 mm² (4 AWG) y mayores tengan más de 70% de la capacidad de conducción de corriente nominal referida en las Tablas 310-69 y 310-70.

2) Cuando se instalen cables monoconductores de 21,2 mm² (4 AWG) o mayores en una sola capa en soportes tipo charola sin cubierta superior o tapa, guardando una separación entre cables no inferior al diámetro del cable, su capacidad de conducción de corriente no debe exceder a la establecida en las Tablas 310-69 y 310-70.

3) Cuando se instalen cables monoconductores en configuración triangular (trébol) en soportes tipo charola sin cubierta superior o tapa, manteniendo una separación entre circuitos no inferior a 2,15 veces el diámetro exterior del conductor de mayor diámetro contenido en la configuración de conductores o cables (2,15 x DE), la capacidad de conducción de corriente permitida de los cables de 21,2 mm² (4 AWG) y mayores no debe exceder la capacidad de conducción de corriente permitida referida en las Tablas 310-67 y 310-68.

ARTICULO 320 - ALAMBRADO VISIBLE SOBRE AISLADORES

320-1. Definición. El método de instalación de alambrado visible sobre aisladores consiste en instalar cables expuestos sujetos por abrazaderas, aisladores en pared, tubos rígidos y flexibles para la protección y soporte de cables monoconductores aislados tendidos en o sobre los edificios, no ocultos en la estructura del edificio.

320-2. Otros Artículos. La instalación de alambrado visible sobre aisladores debe cumplir con este Artículo y además con las disposiciones aplicables de otros Artículos de esta norma, especialmente los Artículos 225 y 300.

320-3. Usos permitidos. Se permiten las instalaciones de alambrado visible sobre aisladores en sistemas de 600 V nominales o menos, sólo en edificios industriales o agrícolas, en interiores o exteriores y en lugares secos o mojados, cuando estén sometidos a vapores corrosivos y en las acometidas.

320-5. Conductores

a) Tipo. Los conductores deben ser del tipo especificado en el Artículo 310.

b) Capacidad de conducción de corriente. La capacidad de conducción de corriente debe cumplir lo establecido en 310-15.

320-6. Soportes de los conductores. Los conductores deben estar rígidamente soportados sobre aisladores con material no combustible, no absorbente y no deben estar en contacto con cualquier otro tipo de objetos. Los soportes se deben instalar como sigue:

(1) a menos de 15 cm de un empalme o derivación;

(2) a menos de 30 cm del extremo de la conexión final con un portalámparas o receptáculo;

(3) a intervalos que no superen 1,4 m o menos, suficientes para ofrecer soporte adecuado cuando se puedan producir alteraciones.

Excepción 1: Se permite que los soportes de los conductores de 8,37 mm² (8 AWG) o mayores, instalados a través de espacios abiertos, estén separados hasta 4,6 m si se utilizan aisladores espaciadores no combustibles y no absorbentes como mínimo a cada 1,4 m para mantener una separación de los conductores de 60 mm como mínimo.

Excepción 2: En edificios industriales en los que no exista la posibilidad de que se produzcan alteraciones, se permite instalar conductores de 8,37 mm² (8 AWG) y mayores sobre los espacios abiertos si están apoyados en todos los travesaños de madera sobre aisladores aprobados que mantengan una distancia de 16 cm entre los conductores.

Excepción 3: Sólo en edificios industriales, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que la instalación es atendida únicamente por personas calificadas, se permite utilizar conductores

de 127 mm² (250 kcmil) y mayores a través de espacios abiertos cuando estén soportados a intervalos hasta de 9 m.

320-7. Montaje de los soportes de los conductores. Cuando se utilicen pernos para sujetar los aisladores de pared, éstos no deben ser inferiores a 76 mm. Cuando se utilicen pernos para sujetar los aisladores o tornillos para montar abrazaderas, éstos deben tener longitud suficiente para que penetren en la madera a una profundidad igual como mínimo a la mitad de la altura del aislador y en todo el espesor de la abrazadera. Con los pernos se deben utilizar arandelas aisladas.

320-8. Cables de amarre. Los conductores de 8,37 mm² (8 AWG) o mayores apoyados en aisladores de pared sólidos, se deben sujetar firmemente a ellos mediante cables de amarre con un aislamiento equivalente al del conductor.

320-10. Tubo (conduit) flexible no metálico. En lugares secos, y cuando no estén expuestos a daño físico grave, se permite que los conductores estén encerrados independientemente en tubo (conduit) flexible no metálico. El tubo (conduit) debe ser de tramos continuos no superiores a 4,6 m y se debe sujetar a la superficie por abrazaderas a intervalos no superiores a 1,4 m.

320-11. Cables a través de las paredes, pisos, vigas de madera, etc. Se debe evitar el contacto de los conductores visibles con las paredes, pisos, vigas de madera o tabiques que atraviesen, mediante tubos o boquillas de material aislante no combustible y no absorbente. Cuando la boquilla sea más corta que el orificio, se debe meter en el orificio un casquillo a prueba de agua de material no inductivo y meter después una boquilla aislante por cada extremo del casquillo, de modo que los conductores no toquen en absoluto el casquillo. Cada conductor se debe llevar a través de un tubo o casquillo independiente.

NOTA: En cuanto a los límites de temperatura de los conductores, véase 310-10.

320-12. Distancia a tubo (conduit), a otros conductores expuestos, etc. Los conductores visibles deben estar separados como mínimo 5 cm de canalizaciones, tubo (conduit) metálico u otro material conductor y de cualquier conductor expuesto de iluminación, energía o señalización o estar separados de ellos por un material no conductor continuo y firmemente sujeto, además del aislamiento del conductor. Cuando se utilice cualquier tipo de tubo aislante, se debe sujetar firmemente en sus dos extremos. Cuando sea posible, los conductores deben pasar sobre cualquier tubería que pueda producir fugas o acumulación de humedad, y no por debajo de ella.

320-13. Entrada de los conductores en lugares donde pueda haber agua, humedad o vapores corrosivos. Cuando los conductores entren o salgan en lugares donde pueda haber agua, humedad o vapores corrosivos, se debe hacer en ellos una curva de goteo y después pasarlos en dirección hacia arriba y hacia dentro o desde el lugar húmedo, mojado o corrosivo a través de tubos aislantes no combustibles y no absorbentes.

NOTA: Para los conductores que entran o salen de edificios u otras estructuras, véase 230-52.

320-14. Protección contra daño físico. Se deben considerar expuestos a daño físico los conductores que estén a menos de 2,1 m del piso. Cuando los conductores visibles que atraviesen vigas de techo y columnas estén expuestos a daño físico, se deben proteger por uno de los siguientes métodos:

- (1) por bandas protectoras de espesor nominal no inferior a 2,5 cm y de una altura como mínimo igual que la de los soportes aisladores, colocados uno en cada extremo y cerca del conductor;
- (2) mediante un larguero de 13 mm de espesor mínimo en el que se apoyen los conductores, con protecciones laterales. Estos largueros deben prolongarse 25 mm como mínimo fuera de los conductores, pero no más de 50 mm, y los laterales de protección deben tener como mínimo 50 mm de alto y 25 mm de espesor nominal;
- (3) mediante una caja hecha como se ha indicado anteriormente y dotada de tapa que se mantenga alejada de los conductores que pasen por su interior un mínimo de 25 mm. Cuando haya que proteger conductores verticales sobre paredes laterales, esta caja debe ir cerrada por arriba y en los orificios a través de los cuales pasen los conductores, se deben instalar casquillos;
- (4) mediante tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero o rígido no metálico que cumplan las condiciones de los Artículos 345, 346, 347 o 348; o por tubería metálica, en cuyo caso los conductores deben ir encerrados en tramos continuos de tubería flexible. Los conductores que pasen

a través de cubiertas metálicas deben agruparse de modo que la corriente eléctrica en ambas direcciones sea aproximadamente la misma.

320-15. Desvanes y espacios bajo techo sin acabado. Los conductores en desvanes y en espacios bajo techo sin acabado deben cumplir las siguientes condiciones:

a) Accesibles mediante una escalera fija o portátil. Los conductores se deben instalar a lo largo de o a través de agujeros perforados en las vigas, travesaños o columnas. Cuando pasen a través de orificios perforados, los conductores que atraviesen las vigas, travesaños o columnas a una altura no inferior a 2 m por encima del piso o columnas del mismo, deben protegerse mediante largueros adecuados que se prolonguen no más de 25 mm a cada lado del conductor. Estos largueros se deben sujetar firmemente. No son necesarios los largueros ni las bandas protectoras para conductores instalados a lo largo de las vigas, travesaños o columnas.

b) Lugares no accesibles mediante una escalera permanente o de mano. Los conductores se deben instalar a lo largo de las vigas del piso, travesaños o columnas o a través de orificios perforados en los mismos.

Excepción: En edificios terminados antes de hacer la instalación y que tengan en todos sus puntos una altura de techo inferior a 90 cm.

320-16. Desconectores. Los desconectores de acción rápida para montaje en superficie deben instalarse de acuerdo con lo indicado en 380-10(a) y no son necesarias cajas. Los desconectores de otros tipos se deben instalar de acuerdo con lo indicado en 380-4.

ARTICULO 321 - ALAMBRADO SOPORTADO POR UN MENSAJERO

321-1. Definición. Una instalación de cables soportados por un mensajero consiste en un alambrado soportado mediante un mensajero en los que se sujetan los conductores aislados por uno de los siguientes medios:

- (1) un mensajero con argollas o abrazaderas para los conductores;
- (2) un mensajero con anclajes instalados en obra para los conductores;
- (3) un cable aéreo ensamblado en fábrica;
- (4) cables múltiples, cableado en fábrica con un conductor desnudo y uno o más conductores aislados, como el dúplex, tríplex, o cuádruple.

321-2. Otros Artículos. Las instalaciones con soporte tipo mensajero deben cumplir este Artículo y además las disposiciones aplicables de otros Artículos de esta norma, especialmente los Artículos 225 y 300.

321-3. Usos permitidos

a) Tipos de cables. En las instalaciones con soporte tipo mensajero se permite instalar los siguientes elementos, en las condiciones indicadas en los Artículos que se mencionan para cada uno:

- (1) cables con aislamiento mineral y recubrimiento metálico (Artículo 330);
- (2) cables con recubrimiento metálico (Artículo 334);
- (3) cables multiconductores de entrada de acometida (Artículo 338);
- (4) cables multiconductores subterráneos del alimentador y de circuitos derivados (Artículo 339);
- (5) cables de control y energía aprobados para soportarse en soporte tipo charola para cables (Artículo 340);
- (6) cables para soportes tipo charola para cables de energía en 725-61 y 725-71, y
- (7) otros cables multiconductores de control, señalización o energía, aprobados e identificados para este uso.

b) En instalaciones industriales. Sólo en instalaciones industriales, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que la instalación es atendida únicamente por personas calificadas, se permite usar los siguientes cables:

- 1) Cualquiera de los conductores contemplados en las Tablas 310-13 o 310-62.

2) Cables MT (MV).

Cuando estén expuestos a la intemperie, los conductores deben estar aprobados y listados para su uso en lugares mojados.

Cuando estén expuestos a los rayos directos del sol, los cables o conductores deben ser resistentes a la luz de éste.

c) En áreas peligrosas (clasificadas). Se permiten las instalaciones soportadas por un mensajero en áreas peligrosas (clasificadas) cuando los cables de las mismas estén permitidos para tal uso, según se indica en 501-4, 502-4, 503-3 y 504-20.

321-4. Usos no permitidos. No se permite usar instalaciones soportadas por un mensajero en los cubos de los elevadores o cuando estén expuestas a daño físico.

321-5. Capacidad de conducción de corriente. La capacidad de conducción de corriente esta determinada en la tabla A-310-2.

321-6. Soporte del mensajero. Los mensajeros deben sujetarse por sus extremos y en puntos intermedios, de modo que no causen esfuerzos mecánicos sobre los conductores. No se permite que los conductores estén en contacto con los soportes de los mensajeros ni con miembros estructurales, paredes o tuberías.

321-7. Puesta a tierra. El mensajero se debe conectar a tierra tal como se establece en 250-32 y 250-33, para la puesta a tierra de envolturas.

321-8. Empalmes y derivaciones de los conductores. En las instalaciones soportadas por un mensajero, se permiten empalmes y derivaciones de los conductores que estén hechas y aisladas con dispositivos aprobados.

ARTICULO 324 - ALAMBRADO OCULTO SOBRE AISLADORES

324-1. Definición. El alambrado oculto sobre aisladores es una instalación en la que se utilizan aisladores, tubos y tubo (conduit) flexible no metálico para la protección y soporte de los cables monoconductores aislados.

324-2. Otros Artículos. El alambrado oculto sobre aisladores debe cumplir con este Artículo y además con las disposiciones aplicables de otros Artículos de esta norma, especialmente el 300.

324-3. Usos permitidos. Se permite hacer un alambrado oculto sobre aisladores en los espacios huecos de las paredes o techos, en desvanes sin acabar y espacios bajo techos, tal como se establece en 324-11, sólo en los siguientes casos:

- 1) Ampliaciones de instalaciones ya existentes.
- 2) En cualquier otro, con permiso especial.

324-4. Usos no permitidos. No se permite hacer instalaciones ocultas sobre aisladores en estacionamientos comerciales, teatros y locales similares, estudios cinematográficos, áreas peligrosas (clasificadas) o en los espacios huecos de las paredes, plafones y desvanes, cuando dichos espacios estén aislados por material aislante suelto o en rollos, que envuelva a los conductores.

324-5. Conductores

a) Tipo. Los conductores deben ser del tipo especificado en el Artículo 310.

b) Capacidad de conducción de corriente. La capacidad de conducción de corriente debe cumplir lo establecido en 310-15.

324-6. Soportes de los conductores. Los conductores deben estar rígidamente sujetos sobre materiales aislantes no combustibles y no absorbentes, y no deben estar en contacto con cualquier otro tipo de objetos. Los soportes se deben instalar como sigue: (1) a menos de 15 cm a cada lado de un empalme o derivación, y (2) a intervalos no mayores a 1,40 m.

Excepción: Si fuera impracticable que hubiera soportes en lugares secos, se permite pasar los conductores a través de espacios huecos si cada conductor va encerrado individualmente en un tubo (conduit) flexible no metálico. El tubo (conduit) debe ser continuo entre los soportes, entre cajas o entre un soporte y una caja.

324-7. Alambres de amarre. Cuando se utilicen aisladores sólidos, los conductores se deben sujetar a ellos mediante alambres de amarre con un aislamiento equivalente al del conductor.

324-8. Separación entre conductores. Entre los conductores se debe mantener una distancia no menor que 8 cm y entre el conductor y la superficie sobre la que pasa una no menor que 2,5 cm.

Excepción: Cuando haya espacio muy limitado para cumplir con las anteriores separaciones, como en los medidores, tableros de distribución, salidas y desconectores, los conductores se deben encerrar individualmente en tubos (conduit) flexibles no metálicos que deben ser de tramo continuo entre el último soporte o caja y el punto de terminación.

324-9. Cables a través de las paredes, pisos, vigas de madera, etc. Cuando los conductores pasen a través de agujeros hechos en los miembros estructurales, deben cumplir lo establecido en 320-11. Cuando pasen a través de armazones de madera en paredes de yeso, los conductores se deben proteger mediante tubos aislantes no combustibles y no absorbentes que se extiendan no menos de 7,5 cm sobre la madera.

324.10. Separación con tubería, conductores expuestos, etc. Los conductores deben cumplir las disposiciones en 320-12 en cuanto a separación a otros conductores expuestos, tubería, etcétera.

324-11. Desvanes sin acabado y espacios bajo techo. Los conductores en desvanes y espacios bajo techo sin acabado deben cumplir con las siguientes disposiciones:

NOTA: Para límites de temperatura de los conductores, véase 310-10.

a) Accesibles mediante una escalera fija o portátil. Los conductores se deben instalar a lo largo o a través de orificios perforados en las vigas, travesaños o columnas. Cuando pasen a través de orificios perforados, los conductores que atraviesen las vigas, travesaños o columnas a una altura no menor que 2,10 m por encima del piso o columnas del mismo, deben protegerse mediante orificios adecuados que se extiendan no más de 2,5 cm a cada lado del conductor. Estos largueros se deben sujetar firmemente. No son necesarios largueros ni bandas protectoras para conductores instalados a lo largo de las vigas, travesaños o columnas.

b) No accesibles mediante una escalera fija o portátil. Los conductores se deben instalar a lo largo de las vigas, travesaños o columnas o a través de orificios perforados en los mismos.

Excepción: En edificios terminados antes de hacer la instalación y que tengan en todos sus puntos una altura de techo menor que 1 m.

324-12. Empalmes. Los empalmes deben estar soldados, a no ser que se utilicen dispositivos de empalme aprobados. No se deben hacer empalmes en línea o que se puedan romper por tensión mecánica.

324-13. Cajas. Las cajas de salida deben cumplir con el Artículo 370.

324-14. Desconectores. Los desconectores deben cumplir con lo indicado en 380-4 y 380-10 (b).

ARTICULO 325 - CABLES CON SEPARADOR INTEGRADO DE GAS (TIPO IGS)

A. Disposiciones generales

325-1. Definición. Un cable tipo IGS es un conjunto ensamblado en fábrica de uno o más conductores, cada uno de ellos aislado y encerrado individualmente en un tubo no metálico flexible de acoplamiento elástico, como si fuera un cable integrado con separador de gas de 0 a 600 V nominales.

325-2. Otros Artículos. Los cables tipo IGS deben cumplir con este Artículo y con las disposiciones aplicables de otros Artículos de esta norma.

325-3. Usos permitidos. Se permite utilizar los cables tipo IGS en instalaciones subterráneas, incluso enterrados directamente en la tierra, como conductores de entrada de acometida o como conductores de los alimentadores y circuitos derivados.

325-4. Usos no permitidos. Los cables tipo IGS no se deben utilizar en alambrados interiores o expuestos que estén en contacto con los edificios.

B. Instalación

325-11. Radio de curvatura. Cuando se suministran tubos no metálicos y los cables que se doblen en bobinas para su instalación o se doblen durante el embarque o instalación, el radio de curvatura medido desde el interior de la curva no debe ser inferior al especificado en la Tabla 325-11.

325-12. Curvas. Un tramo de cable tipo IGS entre dos cajas de jalado o terminales no debe tener más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante (360° en total), incluidas las curvas situadas inmediatamente a la entrada o salida de la caja.

TABLA 325-11.- Radio mínimo de curvatura

Designación del tubo	Radio mínimo (mm)
53 (2)	600
78 (3)	900
103 (4)	1100

325-13. Accesorios. Las terminales y empalmes de los cables tipo IGS deben ser aprobadas e identificadas como de un tipo adecuado para mantener la presión del gas dentro del tubo. Cada tramo de cable debe tener una válvula, una tapa y un registro para comprobar la presión del gas o inyectar gas al tubo.

325-14. Capacidad de conducción de corriente. La capacidad de conducción de corriente de los cables y tubos tipo IGS no debe exceder los valores de la Tabla 325-14 para cables mono o multiconductores.

TABLA 325-14.- Capacidad de conducción de corriente de los cables tipo IGS

Tamaño o Designación mm ² (kcmil)	Amperes (A)
127 (250)	119
253 (500)	168
380 (750)	206
507 (1 000)	238
633 (1 250)	266
760 (1 500)	292
887 (1 750)	315
1010 (2 000)	336
1 140 (2 250)	357
1 267 (2 500)	376
1 520 (3 000)	412
1 647 (3 250)	429
1 774 (3 500)	445
1 900 (3 750)	461
2 027 (4 000)	476
2 154 (4 250)	491
2 280 (4 500)	505
2 407 (4 750)	519

C. Especificaciones de construcción

325-20. Conductores. Los conductores deben ser barras de aluminio sólido en paralelo, formando conjuntos de 1 a 19 barras de 12,7 mm de diámetro. El tamaño nominal mínimo de los conductores debe ser de 127 mm² (250 kcmil) y el máximo de 2 407 mm² (4 750 kcmil).

325-21. Aislamiento. El aislamiento debe ser con cintas de papel kraft seco y hexafluoruro de azufre (SF₆) a presión, ambos aprobados para uso eléctrico. La presión nominal del gas debe ser de 138 kPa manométricos.

El espesor del papel separador debe ser el que se especifica en la Tabla 325-21.

TABLA 325-21.- Espesor del papel separador

Tamaño o Designación mm ² (kcmil)	Espesor en mm
127 a 507 (250-1 000)	1,0

633 a 2 407 (1250-4 750)	1,5
--------------------------	-----

325-22. Tubo. El tubo debe ser de polietileno de media densidad, adecuado para usarse en tubería para gas natural con designación de 53 (2), 78(3) y 103 (4). El por ciento de ocupación del tubo aparece en la Tabla 325-22.

El área de la sección transversal del tubo permitido para cada tamaño del conductor debe calcularse de modo que el por ciento de ocupación no supere lo permitido en la Tabla 1, capítulo 10.

TABLA 325-22.- Dimensiones de los tubos

Designación del tubo	Diámetro exterior (aproximados) mm	Diámetro interior (aproximados) mm
53 (2)	60	53
78 (3)	89	78
103(4)	114	103

325-23. Puesta a tierra. Los cables tipo IGS deben cumplir lo establecido en el Artículo 250.

325-24. Marcado. Se deben aplicar a los cables tipo IGS las disposiciones de 310-11.

ARTICULO 326 - CABLES DE MEDIA TENSION MT(MV)

326-1. Definición. Un cable tipo MT es un cable monoconductor o multiconductor con aislamiento sólido para tensión eléctrica nominal de 2 001 V a 35 000 V.

326-2. Otros Artículos. Los cables tipo MT deben cumplir este Artículo y además las disposiciones aplicables de otros Artículos de esta norma, especialmente los Artículos 300, 305, 310, 318, 501 y 710.

326-3. Usos permitidos. Se permite usar los cables tipo MT en instalaciones hasta 35 000 V nominales, en lugares secos o mojados (véase Tabla 310-61), en canalizaciones, en soportes tipo charola para cables como se especifica en 318-3(b)(1) o directamente enterrados según se indica en 710-4(b) y en alambros soportados por mensajero.

326-4. Usos no permitidos. No se permite usar los cables tipo MT si no están aprobados e identificados para ese uso (1) cuando estén expuestos a la luz directa del sol y (2) en soportes tipo charola para cables.

326-5. Construcción. Los cables tipo MT pueden tener conductores de cobre o aluminio, y deben estar contruidos de acuerdo con lo establecido en el Artículo 310.

326-6. Capacidad de conducción de corriente. La capacidad de conducción de corriente de los cables tipo MT debe cumplir con lo establecido en 310-60.

Excepción: La capacidad de conducción de corriente de un cable tipo MT, instalado en un soporte tipo charola para cables, debe cumplir lo establecido en 318-3.

326-7. Marcado. Los cables tipo MT deben estar marcados de acuerdo con lo especificado en 310-11.

ARTICULO 328 - CABLE PLANO TIPO FCC

A. Disposiciones Generales

328-1. Alcance. Este Artículo cubre a un sistema de alambrado de circuitos derivados, hecho en obra, con cables tipo FCC y sus correspondientes accesorios, según define este Artículo. Este sistema de alambrado está diseñado para instalarse bajo alfombra.

328-2. Definiciones

Cable tipo FCC. El cable tipo FCC consiste en tres o más conductores planos de cobre situados uno al lado del otro, y separados y encerrados dentro de una cubierta aislante.

Sistema FCC. Un sistema completo de alambrado para circuitos derivados diseñado para ser instalado bajo alfombras. El sistema FCC incluye los cables tipo FCC y sus correspondientes blindajes, conectores, terminales, adaptadores, cajas y receptáculos.

Conector de cable. Un conector diseñado para unir cables tipo FCC sin necesidad de usar una caja.

Extremo aislado. Aislador diseñado para aislar eléctricamente el extremo de un cable tipo FCC.

Pantalla superior. Es una pantalla metálica puesta a tierra que protege bajo la alfombra y sobre los componentes del sistema FCC para protegerlos contra daño físico.

Pantalla inferior. Capa protectora que se instala entre el piso y los cables planos tipo FCC para protegerlos contra los daños físicos. Puede estar o no incorporada como parte integrante del cable.

Ensamble de transición. Conjunto que facilita la conexión de un sistema FCC a instalaciones de otro tipo y que incorpora (1) un medio de conexión eléctrica y (2) una caja o tapa adecuada que ofrezca seguridad eléctrica y protección contra daño físico.

Conexiones de las pantallas metálicas. Medios de conexión diseñados para conectar eléctrica y mecánicamente una pantalla metálica a otra pantalla, a una caja, a un dispositivo autónomo o a un conjunto de transición.

328-3. Otros Artículos. Las instalaciones FCC deben cumplir además con lo establecido en los Artículos 210, 220, 240, 250 y 300 en aquello que les resulte aplicable.

328-4. Usos permitidos

a) Circuitos derivados. Se permite el uso de sistemas FCC en circuitos derivados, tanto los de uso general y de aparatos eléctricos como los individuales.

b) Pisos. Se permite instalar sistemas FCC sobre pisos duros, resistentes, suaves y continuos, hechos de concreto, cerámica o sistemas mixtos, madera y similares.

c) Paredes. Se permite el uso de sistemas FCC en la superficie de las paredes siempre que vayan en canalizaciones metálicas superficiales.

d) Lugares húmedos. Se permite el uso de sistemas FCC en lugares húmedos.

e) Pisos calientes. Los materiales utilizados en pisos que por su ubicación o exposición a fuentes de calor alcancen temperaturas mayores que 30 °C deben estar aprobados e identificados para poder usarlos a esas temperaturas.

328-5. Usos no permitidos. Los sistemas FCC no deben utilizarse en:

- (1) exteriores ni en lugares mojados;
- (2) presencia de vapores corrosivos;
- (3) cualquier área peligrosa (clasificada);
- (4) los edificios residenciales, escuelas, colegios y hospitales.

328-6. Valores nominales de los circuitos derivados

a) Tensión eléctrica. La tensión eléctrica entre conductores no puestos a tierra no debe exceder de 300 V. La tensión eléctrica entre conductores no puestos a tierra y el conductor puesto a tierra no debe exceder de 150 V.

b) Corriente eléctrica. La corriente eléctrica en los circuitos derivados de uso general y de aparatos eléctricos, no debe exceder 20 A. La capacidad máxima admisible en los circuitos derivados individuales, no debe exceder 30 A.

B. Instalación

328-10. Cubiertas. Los cables, conectores y extremos aislantes tipo FCC deben ir cubiertos con tramos cuadrados de alfombra de lados no mayores a 90 cm. Los tramos de alfombra se deben pegar a la superficie del piso con adhesivos no permanentes para cuando se requiera modificar o dar mantenimiento a la instalación.

328-11. Conexiones y extremos aislados de los cables. Todas las conexiones de los cables tipo FCC se deben hacer mediante conectores aprobados para ese uso, instalados de manera que aseguren la continuidad eléctrica, el aislamiento y la hermeticidad contra la humedad y salpicaduras de líquidos. Todos los extremos desnudos de los cables se deben aislar y sellar contra la humedad y las salpicaduras de líquidos mediante aislantes aprobados.

328-12. Pantallas

a) Pantalla superior. Se debe instalar sobre todos los cables, conectores y extremos aislantes tipo FCC montados en el piso una pantalla que cubra completamente todos los tramos de cables, esquinas, conectores y extremos.

b) Pantalla inferior. Se debe instalar una pantalla inferior debajo de todos los cables, conectores y extremos aislantes tipo FCC.

328-13. Conexiones de envolventes y pantallas. Todas las pantallas metálicas, cajas, cajas de receptáculos y dispositivos autocontenidos deben tener continuidad eléctrica con el conductor de puesta a tierra de equipo de su circuito derivado. Todas esas conexiones eléctricas se deben hacer con conectores aprobados e identificados para este uso. La resistividad eléctrica de dicho sistema no debe exceder la de una fase del cable tipo FCC utilizado en la instalación.

328-14. Receptáculos. Los receptáculos, sus bases y dispositivos autónomos utilizados con el sistema FCC deben estar aprobados e identificados para ese uso y deben estar conectados al cable tipo FCC y a las pantallas metálicas. La conexión de cualquier conductor de puesta a tierra del cable FCC se debe hacer en cada receptáculo al sistema de pantallas metálicas.

328-15. Conexión a otros sistemas. La conexión al circuito de alimentación, de puesta a tierra y al sistema de pantallas entre la instalación FCC y cualquier otro sistema de alambrado, se debe hacer en un ensamble de transición aprobado e identificado para ese uso.

328-16. Anclaje. Todos los componentes de la instalación FCC deben ir firmemente anclados al piso o a la pared mediante un sistema de anclaje por adhesivo o mecánico aprobado e identificado para ese uso. Los pisos deben prepararse de modo que aseguren la adherencia de la instalación al piso hasta que se coloque la alfombra.

328-17. Intersecciones. No se permite en ningún punto intersecciones de más de dos cables tipo FCC. Se permiten las intersecciones de un cable tipo FCC sobre o bajo un cable plano de comunicaciones o de señales. En todos los casos los dos cables deben ir separados por una pantalla metálica puesta a tierra y no se permiten más de dos cruces de cables planos en ningún punto.

328-18. Altura de la instalación. Cualquier parte de una instalación FCC que tenga una altura sobre el piso mayor que 2,3 mm debe adelgazarse o biselarse en los extremos para dejarla al nivel del piso.

328-19. Modificaciones al sistema FCC. Se permiten cambios en las instalaciones FCC. En esos cambios, cuando se hagan nuevas conexiones, deben utilizarse conectores nuevos. Se permite dejar instalados y energizados cables y conectores asociados de circuitos que no estén en servicio. Todos los extremos de los cables deben estar cubiertos con terminales aislantes.

328-20. Polarización de conexiones. Todos los receptáculos y conexiones deben estar construidos e instalados de forma que se mantenga la polarización adecuada del sistema.

C. Especificaciones de construcción

328-30. Cable tipo FCC. El cable tipo FCC debe estar aprobado para usarse con el sistema FCC y debe consistir en tres, cuatro o cinco conductores planos de cobre, uno de los cuales debe ser el conductor de puesta a tierra de equipo. El material aislante del cable debe ser resistente a la humedad y resistente a la propagación de la flama.

328-31. Marcado. El cable tipo FCC debe estar marcado de modo claro y duradero por ambos lados a intervalos no mayores a 60 cm con la información que exige 310-11(a) y con la siguiente información adicional:

- (1) material de los conductores:
- (2) temperatura máxima admisible, y
- (3) capacidad de conducción de corriente.

328-32. Identificación de los conductores

a) Colores. Los conductores deben estar marcados de modo claro y duradero por ambos lados a todo lo largo, como se especifica en 310-12.

b) Orden de colocación. En un sistema FCC de dos conductores y puesta a tierra, el conductor de puesta a tierra debe estar al centro.

328-33. Resistencia a la corrosión. Los componentes metálicos del sistema deben:

- (1) ser resistentes a la corrosión;
- (2) estar recubiertos de material resistente a la corrosión, o
- (3) estar aislados del contacto con sustancias corrosivas.

328-34. Aislamiento. Todos los materiales aislantes del sistema FCC deben estar aprobados e identificados para su uso.

328-35. Pantallas

a) Materiales y dimensiones. Todas las pantallas superiores e inferiores deben ser de forma y materiales aprobados e identificados para ese uso. Las pantallas superiores deben ser metálicas. Las pantallas inferiores pueden ser metálicas o no metálicas.

b) Resistividad. Las pantallas metálicas deben ser de sección transversal que ofrezca una resistividad eléctrica no mayor que la de un conductor del cable tipo FCC que se utilice en la instalación.

c) Conectores de las pantallas metálicas. Las pantallas metálicas deben conectarse entre sí y a las cajas, carcasas de receptáculos, dispositivos autocontenidos y ensambles de transición, mediante conectores adecuados.

328-36. Receptáculos y sus cajas. Se permite utilizar en un sistema FCC cajas para receptáculos y dispositivos autocontenidos diseñados para montarlos en el piso o en la pared. Las cajas de los receptáculos y los dispositivos autocontenidos deben llevar medios que faciliten la entrada y terminación de los cables tipo FCC, y para conectar eléctricamente la caja o dispositivo a la pantalla metálica. Los receptáculos y dispositivos autocontenidos deben cumplir con lo establecido en 210-7. Se permite instalar tomas de comunicación y de corriente eléctrica en la misma caja, de acuerdo con lo establecido en la Excepción 2 de 800-52(c)(2).

328-37. Ensamblés de transición. Todos los ensambles de transición deben estar aprobados e identificados para ese uso. Cada ensamble debe incorporar medios que faciliten la entrada del cable tipo FCC en el conjunto para conectarlo a los conductores puestos a tierra y para conectar eléctricamente el ensamble a las pantallas metálicas de los cables y a los conductores de puesta a tierra de equipo.

ARTICULO 330 - CABLE CON AISLAMIENTO MINERAL Y CUBIERTA METALICA TIPO MI

A. Disposiciones generales

330-1. Definición. Un cable con aislamiento mineral y cubierta metálica tipo MI es un cable ensamblado de fábrica de uno o más conductores aislados con un aislante de mineral refractario de alta compresión y encerrado en una cubierta continua de cobre o de aleación de acero, hermético a los líquidos y a los gases.

330-2. Otros Artículos. Los cables tipo MI deben cumplir con este Artículo y con las disposiciones aplicables de otros Artículos de esta norma, especialmente con lo indicado en el Artículo 300.

330-3. Usos permitidos. Se permite usar cables tipo MI para lo siguiente:

- (1) para acometidas, alimentadores y circuitos derivados;
- (2) para circuitos de fuerza, alumbrado, señalización y control;
- (3) en lugares secos, mojados o continuamente húmedos;
- (4) en interiores y exteriores;
- (5) expuestos u ocultos;
- (6) embebidos en aplanados, concreto, rellenos u otros materiales de mampostería, ya sea sobre o bajo la superficie;
- (7) en cualquier área peligrosa (clasificada);
- (8) expuestos a aceite o gasolina;
- (9) expuestos a condiciones corrosivas que no deterioren su recubrimiento;
- (10) en tramos subterráneos, adecuadamente protegidos contra daño físico y contra la corrosión.

330-4. Usos no permitidos. No debe usarse cables MI cuando estén expuestos a condiciones corrosivas destructivas.

Excepción: Cuando estén protegidos con materiales adecuados para esas condiciones.

B. Instalación

330-10. Lugares mojados. Cuando se instalen en lugares mojados, los cables MI deben cumplir lo establecido en 300-6(c).

330-11. A través de vigas, columnas y travesaños. Cuando se instalen a través de vigas, columnas, travesaños o elementos de madera similares, los cables tipo MI deben cumplir lo establecido en 300-4.

330-12. Soportes. Los cables tipo MI deben sujetarse firmemente a intervalos no mayores de 1,8 m mediante cinchos, grapas, abrazaderas o accesorios similares diseñados para ello e instalarse de modo que no dañen al cable.

Excepción 1: Cuando el cable se instale por medio de una guía.

Excepción 2: Cuando los cables tipo MI se instalan en soportes tipo charola para cables, deben cumplir con lo establecido en 318-8(b).

330-13. Curvas. Las curvas en los cables tipo MI se deben hacer de modo que no dañen al cable. El radio de la parte interior de cualquier curva no debe ser inferior a los valores siguientes:

1) Cinco veces el diámetro exterior de la cubierta metálica para cables de diámetro exterior no mayor a 20 mm.

2) Diez veces el diámetro exterior de la cubierta metálica para cables de diámetro exterior superior a 20 mm pero no mayor que 25 mm.

330-14. Accesorios. Los accesorios utilizados para conectar cables tipo MI a las cajas, gabinetes u otro equipo deben estar aprobados e identificados para ese uso. Cuando entren en cajas o envolventes de metales ferrosos, la instalación de cables monoconductores debe cumplir con lo establecido en 300-20, para evitar el calentamiento debido a inducción.

330-15. Sellado de terminales. En las terminales de cables tipo MI, inmediatamente después de quitar el recubrimiento debe aplicarse un sello para evitar la entrada de humedad en el aislamiento. Los conductores que sobresalgan del recubrimiento deben cubrirse individualmente con un material aislante.

330-16. Cables monoconductores. Cuando se usen cables monoconductores, todos los conductores de fase y el neutro, cuando exista, deben agruparse para minimizar la tensión eléctrica inducida en la cubierta metálica. Cuando los cables monoconductores entren en envolventes de metal ferroso, la instalación debe cumplir con lo establecido en 300-20, para evitar el calentamiento por inducción.

C. Especificaciones de construcción

330-20. Conductores. Los conductores de los cables tipo MI deben ser de cobre sólido o cobre recubierto de níquel, con una resistencia eléctrica correspondiente a su tamaño nominal.

330-21. Aislamiento. El aislamiento de los conductores de los cables tipo MI debe ser de un mineral refractario de alta compresión que deje espacio suficiente para todos los conductores.

330-22. Cubierta exterior. La cubierta exterior debe ser continua, de modo que ofrezca protección mecánica y contra la humedad. Si es de cobre, debe proporcionar una trayectoria adecuada para la puesta a tierra de equipo. Si es de acero, debe disponerse de un conductor de puesta a tierra de equipo que cumpla con el Artículo 250.

ARTICULO 331-TUBO (CONDUIT) NO METALICO

A. Disposiciones generales

331-1. Definición. Un tubo (conduit) no metálico es una canalización corrugada y flexible, de sección transversal circular, con acoplamientos, conectores y accesorios integrados o asociados, aprobada para la instalación de conductores eléctricos. Está compuesto de un material resistente a la humedad, a agentes químicos, a la propagación de la flama.

Una canalización flexible es una canalización que se puede doblar a mano aplicando una fuerza razonable, pero sin herramientas.

El tubo (conduit) no metálico debe ser de un material que cumpla con las características de inflamabilidad, generación de humos y toxicidad del policloruro de vinilo rígido (no plastificado).

331-2. Otros Artículos aplicables. Las instalaciones con tubo (conduit) no metálico deben cumplir con lo requerido en las partes aplicables del Artículo 300. Cuando de acuerdo con en el Artículo 250 se requiere un

conductor de puesta a tierra de equipo, debe instalarse en la canalización un conductor separado para puesta a tierra de equipo.

331-3. Usos permitidos. Está permitido el uso de tubo (conduit) no metálico:

- 1) En cualquier edificio que no supere los tres pisos sobre el nivel de la calle
 - a) En instalaciones expuestas que no estén sujetas a daño físico.
 - b) En instalaciones ocultas dentro de las paredes, pisos y techos.

NOTA: Para la definición de primer piso, véase 336-5(a)(1).

- 2) En edificios que superen tres pisos sobre el nivel de la calle, el tubo (conduit) no metálico debe ir oculto en paredes, piso y techos cuando cuenten con un acabado como barrera térmica que resista al menos 15 minutos de exposición al fuego. Este acabado de barrera térmica puede utilizarse en paredes, pisos y techos combustibles y no combustibles.

NOTA: Se establece la clasificación de los acabados para ensambles que contengan soportes combustibles (de madera). La clasificación de un acabado se decide como el tiempo en el que la columna o viga de madera experimenta un incremento medio de la temperatura de 121°C o un incremento de la temperatura en un punto de 163 °C, medido en el plano de la madera más cercana del fuego. La clasificación de los acabados no se aplica a los techos de membrana.

- 3) En los lugares sometidos a fuertes influencias corrosivas, como se indica en 300-6, y cuando están expuestos a productos químicos para los cuales los materiales son específicamente aprobados.
- 4) En lugares ocultos, secos y húmedos no prohibidos en 331-4.
- 5) Por encima de los techos suspendidos, cuando los techos suspendidos ofrezcan una barrera térmica de material con un acabado de clasificación mínima de 15 minutos, como se indica en las listas de materiales contra el fuego, excepto lo permitido en 331-3(1)(a).
- 6) Embebido en concreto colado, siempre que se utilicen para las conexiones accesorios aprobados para ese uso.
- 7) En lugares interiores mojados, como se permite en esta Sección o en losas de concreto sobre o bajo el piso, con accesorios aprobados y listados para ese uso.
- 8) Ensamble prealambrado fabricado y aprobado con tubo de tamaño 16 (1/2) a 27 (1).

331-4. Usos no permitidos. No debe usarse el tubo (conduit) no metálico:

- 1) En áreas peligrosas (clasificadas).
- 2) Como soporte de aparatos y otro equipo.
- 3) Cuando esté sometido a temperatura ambiente que supere aquélla para la que el tubo (conduit) está aprobado y listado.

NOTA: Para esta Sección, la temperatura ambiente del tubo (conduit) de PVC se limita a 50°C.

- 1) Para conductores cuya limitación de la temperatura de operación del aislamiento exceda la temperatura a la cual el tubo (conduit) no metálico está aprobado y listado.
- 2) Directamente enterrados.
- 3) Para tensiones eléctricas superiores a 600 V.
- 4) En lugares expuestos, excepto lo permitido en 331-3(1), 331-3(5) y 331-3(7).
- 5) En teatros y lugares similares, excepto lo establecido en los Artículos 518 y 520.
- 6) Cuando estén expuestos a la luz directa del sol, a menos que estén aprobadas e identificadas como "resistentes a la luz del sol".

B. Instalación

331-5. Designación nominal.

- a) **Mínimo.** No debe utilizarse tubo (conduit) de designación nominal menor que 16 (1/2).

b) **Máximo.** No debe utilizarse tubo (conduit) de designación nominal mayor que 103 (4).

331-6. Número de conductores en el tubo (conduit) no metálico. El número de conductores no debe exceder el permitido en la Tabla 10-1 del Capítulo 10.

331-7. Desbastado. Todos los extremos cortados del tubo (conduit) deben desbastarse por dentro y por fuera hasta dejarlos lisos.

331-8. Uniones. Todas las uniones entre tramos de tubo (conduit) y entre el tubo (conduit) y acoplamientos, accesorios y cajas, deben hacerse con un método aprobado.

331-9. Curvas. Las curvas del tubo (conduit) no metálico se deben hacer de modo que el tubo (conduit) no sufra daños y que su diámetro interior no se reduzca efectivamente. Se permite hacer curvas a mano sin equipo auxiliar, y el radio de curvatura de la parte interna de dichas curvas no debe ser inferior al permitido en la Tabla 346.10.

331-10. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de alambrado o jalado, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más curvas que el equivalente a cuatro de 90° (360° en total).

331-11. Soportes. El tubo (conduit) no metálico debe instalarse como un sistema completo, como lo establece el Artículo 300 y debe sujetarse firmemente a menos de 1 m de cada caja de salida, de unión, de conexiones, de cada gabinete o accesorio.

El tubo (conduit) debe sujetarse al menos cada metro.

Excepción 1: Se permiten tramos horizontales del tubo (conduit) no metálico soportados por aberturas a través de miembros estructurales a intervalos no mayores a 1 m y sujetos firmemente a menos de 1 m de los extremos.

Excepción 2: Los tramos que no superen una distancia de 1,8 m desde la conexión de una terminal de aparatos para conexión a aparatos de alumbrado.

331-12. Cajas y accesorios. Las cajas y accesorios deben cumplir con las disposiciones aplicables del Artículo 370.

331-13. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y las derivaciones sólo deben hacerse en las cajas de empalmes, cajas de salida, cajas de dispositivos o cajas de paso. Para las disposiciones sobre la instalación y uso de las cajas y registros, véase el Artículo 370.

331-14. Boquillas. Cuando un tubo (conduit) no metálico entre en una caja, envolvente u otra cubierta, debe colocarse una boquilla o adaptador que proteja el aislamiento de los cables contra daños físicos, excepto si la caja, envolvente o cubierta ofrecen una protección similar.

NOTA: Para la protección de conductores de tamaño nominal de 21,2 mm² (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f)

C. Especificaciones de construcción

331-15. Generalidades. El tubo (conduit) no metálico debe estar marcado de modo claro y duradero al menos cada 3 metros, como exige el primer párrafo de 110-21. En la marca debe indicarse también el tipo de material. Se permite identificar con el sufijo LS al tubo (conduit) de baja emisión de humos, resistente a la propagación de incendio y de baja emisión de gas ácido.

El tipo, tamaño y cantidad de conductores utilizados en los ensambles prealambrados fabricados deben identificarse por medio de una etiqueta impresa, unida en cada extremo del ensamble fabricado, ya sea que esté en caja, bobina o carrete. Los conductores utilizados deben marcarse de acuerdo con la Sección 310-11.

ARTICULO 332 - TUBO (CONDUIT) DE POLIETILENO

A. Disposiciones generales

332-1. Definición. Los tubos (conduit) de polietileno pueden ser de dos tipos: una canalización semirrígida, lisa o una canalización corrugada y flexible, ambos con sección transversal circular, y sus correspondientes accesorios aprobados para la instalación de conductores eléctricos. Están compuestos de material que es resistente a la humedad y a atmósferas químicas. Estos tubos (conduit) no son resistentes a la flama.

332-2. Otros Artículos aplicables. Las instalaciones en tubo (conduit) de polietileno deben cumplir con lo requerido en las partes aplicables del Artículo 300. Cuando en el Artículo 250 se requiera la puesta a tierra de equipo, debe instalarse dentro del tubo (conduit) un conductor para ese propósito.

332-3. Usos permitidos. Está permitido el uso de tubo (conduit) de polietileno y sus accesorios:

- 1) En cualquier edificio que no supere los tres pisos sobre el nivel de la calle.
- 2) Embebidos en concreto colado, siempre que se utilicen para las conexiones accesorios aprobados para ese uso.
- 3) Enterrados a una profundidad no menor que 50 cm condicionado a que se proteja con un recubrimiento de concreto de 5 cm de espesor como mínimo

332-4. Usos no permitidos. No debe usarse el tubo (conduit) de polietileno:

- 1) En áreas peligrosas (clasificadas).
- 2) Como soporte de aparatos y otro equipo.
- 3) Cuando estén sometidas a temperatura ambiente que supere aquélla para la que está aprobado el tubo (conduit).
- 4) Para conductores cuya limitación de la temperatura de operación del aislamiento exceda la temperatura a la cual el tubo (conduit) está aprobado.
- 5) Directamente enterradas.
- 6) Para tensiones eléctricas superiores a 150 V a tierra.
- 7) En lugares expuestos.
- 8) En teatros y lugares similares.
- 9) Cuando estén expuestas a la luz directa del Sol.
- 10) En lugares de reunión (véase el Artículo 518).
- 11) En instalaciones ocultas en plafones y muros huecos de tablarroca.
- 12) En cubos y ductos de instalaciones en edificios.
- 13) En las instalaciones que cubren los Artículos 545, 550, 551, 552 y 605.

B. Instalación

332-5. Designación

a) **Mínimo.** No debe utilizarse tubo (conduit) de polietileno de designación nominal menor que 16 (1/2).

b) **Máximo.** No debe utilizarse tubo (conduit) de polietileno de designación nominal mayor que 53 (2).

332-6. Número de conductores en un tubo (conduit). El número de conductores en tubo (conduit) no debe exceder el permitido en la Tabla 10-1 del Capítulo 10.

332-7. Desbastado. Todos los extremos cortados del tubo (conduit) de polietileno deben desbastarse por dentro y por fuera hasta dejarlos lisos.

332-8. Empalmes. No se permite realizar empalmes en tubo (conduit) de polietileno.

332-9. Curvas. Las curvas del tubo (conduit) de polietileno se deben hacer de modo que el tubo (conduit) no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca efectivamente. Se permite hacer curvas a mano sin equipo auxiliar, y el radio de curvatura de la parte interna de dichas curvas no debe ser inferior al permitido en la Tabla 346-10. Se debe utilizar accesorios aprobados.

332-10. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a dos curvas de 90° (180° máximo).

332-11. Cajas y accesorios. Las cajas y accesorios deben cumplir con las disposiciones aplicables del Artículo 370.

332-12. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en las cajas de empalmes, cajas de salida, cajas de dispositivos o cajas de paso. Para las disposiciones sobre instalación y uso de las cajas y registros, véase el Artículo 370.

332-13. Boquillas. Cuando un tubo (conduit) entre en una caja, envolvente u otra cubierta, debe colocarse una boquilla o adaptador que proteja el aislamiento de los cables contra daño físico, excepto si la caja, envolvente o cubierta ofrecen una protección similar.

NOTA: Para la protección de conductores de tamaño nominal de 21,2 mm² (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

C. Especificaciones de construcción

332-14. Marcado. El tubo (conduit) de polietileno debe estar marcado de modo claro y duradero al menos cada 2 m para la canalización lisa y al menos cada 3 m para la canalización corrugada, como se exige en el primer párrafo 110-21. En la marca se indica también el tipo de material.

ARTICULO 333 - CABLE ARMADO TIPO AC

A. Disposiciones generales

333-1. Definición. Un cable tipo AC es un grupo de conductores aislados ensamblados en fábrica dentro de una cubierta metálica flexible. Véase 333-19.

333-2. Otros Artículos aplicables. Los cables tipo AC deben cumplir lo establecido en este Artículo y las disposiciones aplicables de otros en esta norma, especialmente las establecidas en el Artículo 300.

333-3. Usos permitidos. Si no se especifica otra cosa en esta norma y si no están sujetos a daño físico, se permite utilizar cables tipo AC en circuitos alimentadores y derivados, tanto expuestos como ocultos y en soportes tipo charola para cables cuando estén especificados para dicho uso.

Se permite utilizar cables tipo AC en lugares secos e instalados directamente bajo yeso, ladrillo u otro material de mampostería, excepto en lugares húmedos o mojados. Se permite tender o sujetar estos cables en los huecos existentes entre las paredes de ladrillo o azulejo, cuando éstas no estén expuestas o sometidas a excesiva agua o humedad o se encuentren bajo el nivel del piso.

333-4. Usos no permitidos. No debe usarse cables tipo AC cuando esté prohibido en cualquier Artículo de esta norma, como:

- (1) en teatros y lugares similares, excepto lo establecido en el Artículo 518, lugares de reunión;
- (2) en estudios cinematográficos;
- (3) en áreas peligrosas (clasificadas), excepto lo permitido en las Excepciones de 501-4(b), y 502-4(b), así como en la Sección 504-20;
- (4) cuando estén expuestos a humos o vapores corrosivos;
- (5) en grúas o polipastos, excepto lo establecido en la Sección 610-11(c);
- (6) en bancos de baterías;
- (7) en elevadores o montacargas, excepto lo establecido en 620-21, y
- (8) en estacionamientos comerciales cuando esté prohibido por el Artículo 511.

B. Instalación

333-7. Soportes. Los cables tipo AC deben sujetarse por medio de grapas, abrazaderas, soportes colgantes o accesorios, diseñados e instalados de forma que no dañen al cable, a intervalos que no excedan de 1,4 m y a menos de 30 cm de una caja de salida, caja, gabinete o envolvente.

Excepción 1: Cuando el cable se instale dentro de cualquier tipo de canalización, por medio de un sistema de jalado.

Excepción 2: En las terminales con longitudes no mayores a 60 cm, cuando se requiera flexibilidad.

Excepción 3: En longitudes no mayores a 1,8 m desde una caja dentro de un cielo falso, accesible para aparatos o equipo de alumbrado.

Excepción 4: Cuando vayan instalados en soporte tipo charola para cables, los cables tipo AC deben cumplir lo establecido en 318-8(b).

Excepción 5: Cuando los cables se instalen a través de elementos estructurales con distancias entre ellos no mayores a 1,4 m, no se requieren soportes adicionales, pero deben cumplir con el requerimiento de sujeción en cada caja de salida, caja de unión gabinete o accesorio.

333-8. Radio de curvatura. Todas las curvas deben hacerse de modo que el cable no resulte dañado y que el radio de curvatura del borde interior de cada curva no sea inferior a cinco veces el diámetro del cable tipo AC.

333-9. Cajas y accesorios. En todos los puntos donde termine la armadura de un cable AC debe instalarse un accesorio que proteja los cables contra la abrasión, excepto si el diseño de las cajas de salida o el accesorio ofrecen una protección equivalente y además se instala un casquillo aislante o protección equivalente entre los conductores y la armadura. El conector o grapa con la que se sujete el cable tipo AC a las cajas o envoltentes debe estar proyectado de tal manera que el casquillo aislante o protección equivalente quede visible para su inspección. Cuando se cambie de un cable tipo AC a otro cable o método de alambrado en canalización, en los puntos de unión deben instalarse cajas o registros de acuerdo con lo indicado en 300-15.

333-10. Cruces a través de miembros estructurales o paralelos a ellos. Cuando los cables tipo AC se instalen a través de columnas, vigas, travesaños o miembros estructurales similares de madera o metálicos, deben cumplir lo establecido en 300-4.

333-11. Cables expuestos. Los tramos expuestos de cables deben seguir la superficie del acabado del inmueble o sobre los aleros o techos volados.

Excepción 1: Tramos no mayores a 60 cm en las terminales, cuando haya que darles flexibilidad.

Excepción 2: Cuando vayan por la parte inferior de las vigas y estén apoyados en cada viga y colocados de modo que no estén sometidos a daño físico.

Excepción 3: Tramos no mayores a 1,8 m desde una caja dentro de un cielo falso accesible, hasta los dispositivos o luminarios.

333-12. En tapancos accesibles. Los cables tipo AC en desvanes o espacios bajo el techo accesibles, se deben instalar según las siguientes especificaciones:

a) Cuando se instalen a través de la parte superior de las vigas del piso. Cuando se instalen en desvanes o espacios accesibles entre tejado y techo, cruzando sobre las vigas del techo o sobre postes o travesaños a una distancia menor que 2 m del techo o de las vigas del mismo, los cables deben protegerse por medio de tiras de guarda adecuadas que tengan al menos la altura del diámetro del cable. Cuando este espacio no sea accesible por medio de escaleras permanentes o portátiles, sólo se requiere protegerlos hasta una distancia de 1,8 m a partir de la entrada al desván.

b) Cables instalados paralelamente a los miembros estructurales. Cuando el cable se instale paralelamente a los laterales de travesaños, columnas o vigas del piso, no se necesitan abrazaderas ni largueros protectores y su instalación debe cumplir lo establecido en 300-4(d).

C. Especificaciones de construcción

333-19. Construcción. Los cables tipo AC deben tener una armadura de cinta metálica flexible. Los conductores aislados deben cumplir lo establecido en 333-20. Los cables tipo AC deben tener una banda interna de empalme de cobre o aluminio en contacto continuo con la armadura y a lo largo de toda ella.

333-20. Conductores. Los conductores aislados deben ser de un tipo indicado en la Tabla 310-13 o identificados para su uso en este tipo de cables. Además, los conductores deben tener una cubierta general fibrosa resistente a la humedad y resistente a la propagación de la flama. Para los cables tipo AC únicamente sobre los conductores individuales se requiere cubierta fibrosa y resistente a la humedad. Su capacidad de conducción de corriente debe determinarse de acuerdo con 310-15.

Excepción: Los cables armados instalados en aislamientos térmicos, deben tener conductores para una temperatura de operación de 90 °C. La capacidad de conducción de corriente debe ser la correspondiente a los conductores de 60 °C.

333-21. Puesta a tierra. Los cables tipo AC deben tener un conductor adecuado para puesta a tierra de equipo, como se exige en 250-51.

333-22. Marcado. Se debe aplicar lo establecido en 310-11, excepto que los cables tipo AC deben llevar la identificación del fabricante mediante una marca externa visible en la cubierta del cable, a todo lo largo. Se permite identificar con el sufijo LS a los cables resistentes a la propagación de incendio, con baja emisión de humos y gas ácido.

ARTICULO 334 - CABLES CON ARMADURA METALICA TIPO MC**A. Disposiciones generales**

334-1. Definición. Un cable tipo MC es un conjunto ensamblado en fábrica de uno o más conductores aislados con o sin cables de fibra óptica, encerrados en una armadura metálica de cinta engargolada o en un tubo liso o corrugado.

334-2. Otros Artículos. Los cables con armadura metálica deben cumplir las disposiciones de este Artículo y las que les sean aplicables de otros en esta norma, en especial el Artículo 300.

Se permite utilizar cables tipo MC en instalaciones de más de 600 V nominales. Véase 300-2(a).

334-3. Usos permitidos. Si no se indica otra cosa en esta norma y si no están sujetos a daño físico, se permite utilizar cables tipo MC en los siguientes casos:

- (1) en acometidas, circuitos alimentadores y derivados;
- (2) en circuitos de fuerza, alumbrado, control y señalización;
- (3) en interiores y exteriores;
- (4) expuestos u ocultos;
- (5) directamente enterrados cuando estén especificados para ese uso;
- (6) en soportes tipo charola para cables;
- (7) en cualquier canalización;
- (8) en tramos abiertos;
- (9) como cable aéreo o soportado por mensajero;
- (10) en áreas peligrosas (clasificadas) como permiten los Artículos 501, 502, 503 y 504;
- (11) en lugares secos e instalados directamente bajo yeso, ladrillo u otro material de mampostería, excepto en lugares húmedos o mojados, y
- (12) en lugares mojados que cumplan alguna de las siguientes condiciones:
 - 1) Que la cubierta metálica sea resistente a la humedad.
 - 2) Que debajo de la armadura metálica lleve una cubierta de plomo o una cubierta resistente a la humedad.
 - 3) Que los conductores aislados bajo la armadura metálica estén aprobados y listados para usarlos en lugares mojados.

Excepción: Véase la Excepción de 501-4(b).

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

334-4. Usos no permitidos. Los cables tipo MC no deben usarse cuando estén expuestos a condiciones corrosivas destructivas, como enterrados directamente o en concreto o cuando estén expuestos a relleno de escoria, cloruros fuertes, álcalis cáusticos o vapores de cloro o de ácido clorhídrico.

Excepción: Si la armadura metálica es adecuada para esas condiciones o está protegida por un material adecuado para esas condiciones.

B. Instalación

334-10. Instalación. Los cables tipo MC deben instalarse cumpliendo las disposiciones de los Artículos 300, 710, 725 y 770-52 que les sean aplicables.

a) Soportes. Los cables tipo MC deben apoyarse y sujetarse a intervalos no mayores de 1,8 m. Los cables que contengan cuatro conductores o menos de tamaño nominal no mayor que 5,26 mm² (10 AWG), deben sujetarse a no más de 30 cm de cada caja, envolvente o accesorio.

Excepción. 1: Tramos no mayores a 1,8 m desde una salida para conexión a equipo o aparatos de alumbrado en el interior de un techo falso accesible.

Excepción. 2: Cuando el cable tipo MC esté sujeto por sus extremos.

Excepción. 3: Los cables instalados en lugares distintos a los trayectos verticales a través de orificios punzonados o taladrados en miembros de estructuras de madera o metálicas o a través de ranuras en miembros de estructuras de madera y protegidos por una chapa de acero de un espesor mínimo de 1,6 mm,

se consideran sujetos cuando los intervalos de soporte no superen los especificados en esta Sección y el cable esté firmemente sujeto por medios aprobados a menos de 30 cm de una caja, envolvente, registro u otra terminal propia del cable.

b) Soporte tipo charola para cables. Los cables tipo MC instalados en soporte tipo charola para cables deben cumplir con lo establecido en el Artículo 318.

c) Directamente enterrados. Los cables directamente enterrados deben cumplir con lo establecido en 300-5 o 710-4, en lo que les sea aplicable.

d) Como cables de entrada de acometida. Un cable tipo MC instalado como cable de entrada de acometida debe cumplir con el Artículo 230.

e) Instalados fuera de los edificios o cable aéreo. Un cable tipo MC instalado fuera de un edificio o como cable aéreo, debe cumplir con los Artículos 225 y 321.

f) A través de vigas, columnas o travesaños o paralelo a ellas. Cuando los cables tipo MC se instalen a través de vigas, columnas, travesaños o elementos de madera similares, deben cumplir con lo establecido en 300-4.

g) En desvanes accesibles. La instalación de cables tipo MC en desvanes o espacios accesibles bajo el techo, debe cumplir con lo establecido en 333-12.

334-11. Radio de curvatura. Todas las curvas deben hacerse de manera que el cable no sufra daños y el radio de curvatura del borde interior de cualquier curva no debe ser inferior a lo siguiente:

a) Cubierta lisa

1) Diez veces el diámetro exterior de la cubierta metálica, cuando el cable no tenga más de 19 mm de diámetro exterior.

2) Doce veces el diámetro exterior de la cubierta metálica cuando el cable tenga más de 19 mm de diámetro exterior, pero no más de 38 mm.

3) Quince veces el diámetro exterior de la cubierta metálica, cuando el cable tenga más de 38 mm de diámetro exterior.

b) Armadura engargolada o cubierta corrugada. Siete veces el diámetro exterior de la cubierta metálica.

c) Conductores blindados. La mayor de estas dos magnitudes: doce veces el diámetro total de uno de los conductores o siete veces el diámetro total del cable multiconductor.

334-12. Accesorios. Los accesorios usados para conectar los cables tipo MC a cajas, gabinetes u otro equipo deben estar aprobados e identificados para ese uso. Cuando un cable monoconductor entre en una caja o gabinete de metal ferroso, la instalación debe cumplir con lo establecido en 300-20 para evitar el calentamiento por inducción.

334-13. Capacidad de conducción de corriente. La capacidad de conducción de corriente de los cables tipo MC debe cumplir con lo establecido en 310-15.

Excepción. 1: La capacidad de conducción de corriente de los cables tipo MC instalados en soporte tipo charola para cables debe calcularse de acuerdo con lo indicado en 318-11 y 318-13.

Excepción. 2: La capacidad de conducción de corriente de los conductores de tamaño nominal 1,31 mm² (16 AWG) y 0,824 mm² (18 AWG) se debe calcular según la Tabla 402-5.

NOTA: Para los límites de temperatura de los conductores, véase 310-10.

C. Especificaciones de construcción

334-20. Conductores. Los conductores deben ser de cobre o aluminio, sólidos o cableados.

El tamaño nominal mínimo de los conductores debe ser de 0,824 mm² (18 AWG) de cobre y de 13,3 mm² (6 AWG) de aluminio.

334-21. Aislamiento. Los conductores aislados deben cumplir con los siguientes incisos:

a) 600 V. Los conductores aislados de tamaño nominal 1,31 mm² (16 AWG) y 0,824 mm² (18 AWG) deben ser de un tipo listado en la Tabla 402-3 con temperatura máxima de operación no menor que 90 °C y según se permite en 725-27. Los conductores de tamaño nominal mayor que 1,31 mm² (16 AWG) deben ser de un tipo listado en la Tabla 310-13 o especificado para su uso en cables tipo MC.

b) De más de 600 V. Los conductores aislados deben ser de un tipo listado en las Tablas 310-61, 310-62, 310-63 y 310-64.

334-22. Cubierta metálica. La cubierta metálica debe ser de uno de los tipos siguientes: cubierta metálica lisa, cubierta metálica soldada y corrugada, armadura de cinta metálica engargolada. La cubierta metálica debe ser continua y ajustar perfectamente.

Se permite utilizar protección suplementaria en forma de otra cubierta externa de material resistente a la corrosión, que es obligatoria cuando dicha protección sea necesaria. La cubierta metálica no se debe usar como conductor.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

334-23. Puesta a tierra. Los cables tipo MC deben tener una trayectoria adecuada para puesta a tierra de equipo, como se exige en el Artículo 250.

334-24. Marcado. Es de aplicación lo establecido en 310-11. Se permite marcar con el sufijo LS los cables no propagadores de incendio; con baja emisión de humos y gas ácido.

ARTICULO 336 - CABLES CON CUBIERTA NO METALICA, TIPOS NM, NMC Y NMS

336-1. Alcance. Este Artículo cubre el uso, instalación y especificaciones de construcción de los cables con cubierta termoplástica.

A. Disposiciones generales

336-2. Definición. Un cable con cubierta no metálica es un conjunto ensamblado en fábrica de dos o más conductores aislados que tienen una cubierta exterior de material no metálico, resistente a la humedad y resistente a la propagación de la flama o a la propagación de incendios.

336-3. Otros Artículos. Las instalaciones con cables de cubierta no metálica deben cumplir las disposiciones de este Artículo y otros aplicables de esta norma, especialmente los Artículos 300 y 310.

336-4. Usos permitidos. Se permite usar los cables tipo NM, NMC y NMS en edificios de viviendas unifamiliares, bifamiliares, viviendas multifamiliares y otras edificaciones, excepto las prohibidas en 336-5. Cuando estén instalados en soportes tipo charola para cables, deben estar aprobados e identificados para ese uso.

NOTA: Para los límites de temperatura de los conductores, véase 310-10.

a) Tipo NM. Se permite usar cables tipo NM en instalaciones expuestas y ocultas en lugares normalmente secos. Se permite instalar o tender cables tipo NM en la cámara de aire existente entre las paredes de ladrillo o azulejo, cuando dichas paredes no estén expuestas o sometidas a excesiva agua o humedad.

b) Tipo NMC. Se permite instalar cables tipo NMC:

- 1) En instalaciones expuestas y ocultas en lugares secos, húmedos, mojados o corrosivos.
- 2) En el interior y exterior de paredes de ladrillo o azulejo.

3) En ranuras hechas en ladrillo, concreto o adobe y protegidas contra clavos o tornillos por una chapa de acero de un espesor mínimo de 1,6 mm y acabadas con yeso, adobe o similar.

c) Tipo NMS. Se permite instalar cables tipo NMS en instalaciones expuestas u ocultas en lugares normalmente secos. Se permite instalar o tender cables tipo NMS en la cámara de aire existente entre las paredes de ladrillo o azulejo, cuando dichas paredes no estén expuestas o sometidas a excesiva agua o humedad. Los cables tipo NMS deben utilizarse como se indica en el Artículo 780.

336-5. Usos no permitidos

a) Tipos NM, NMC y NMS. No deben utilizarse cables tipo NM, NMC y NMS:

- 1) En cualquier edificio de viviendas u otro que tenga más de tres pisos sobre el nivel de la calle.
Para efectos de este Artículo, el primer piso de un edificio se debe considerar el que tenga 50% o más de la superficie exterior de sus paredes a nivel del piso o por encima de éste. Se permite considerar un piso adicional que sea en la planta baja y no esté proyectado para que lo habiten personas, sino sólo para estacionamiento de vehículos, almacén u otros usos similares.
- 2) Como cables de entrada de acometida.
- 3) En estacionamientos públicos que tengan áreas peligrosas (clasificadas), como se establece en 511-3.

- 4) En teatros y locales similares, excepto lo que establece el Artículo 518, lugares de concentración pública.
 - 5) En estudios cinematográficos.
 - 6) En bancos de baterías.
 - 7) En los huecos de los elevadores.
 - 8) Instalados bajo lechada de cemento, concreto o similar.
 - 9) En áreas peligrosas (clasificadas), excepto lo permitido en la Excepción de 501-4(b), Excepción de 502-4(b) y 504-20.
- b) **Tipos NM y NMS.** No deben instalarse cables tipo NM y NMS:
- 1) Cuando estén expuestos a humos o vapores corrosivos.
 - 2) Bajo ladrillo, concreto, adobe, tierra o yeso.
 - 3) En una ranura poco profunda en ladrillo, concreto o adobe cubierta con yeso, adobe u otro acabado similar.

B. Instalación

336-6. Instalaciones expuestas-Disposiciones generales. En las instalaciones expuestas, los cables deben instalarse como se especifica en los siguientes incisos, excepto lo que establece 300-11(a).

a) **Siguiendo la superficie.** El cable debe seguir lo más cerca posible la superficie del acabado del edificio o los bordes.

b) **Protegidos contra daño físico.** Los cables deben estar protegidos contra daño físico cuando sea necesario mediante tubo (conduit) metálico tipo ligero, tubo (conduit) no metálico de PVC rígido Cédula 80, tubo, cintas protectoras o por otros medios. Cuando pasen a través del piso, los cables deben ir en tubo (conduit) metálico tipo pesado, metálico tipo ligero, no metálico de PVC rígido Cédula 80 u otro que sobresalga como mínimo 15 cm del piso.

c) **En sótanos sin acabado.** Cuando el recorrido del cable forme ángulo con vigas en sótanos sin terminar, se permite sujetar los cables que no tengan menos de dos conductores de 13,3 mm² (6 AWG) o tres conductores de 8,37 mm² (8 AWG) directamente a las caras menores de las vigas. Los cables más pequeños deben instalarse a través de orificios taladrados en las vigas o sobre largueros.

d) **En desvanes accesibles.** Los cables instalados en áticos o espacios bajo techo accesibles deben cumplir además con lo establecido en 333-12.

336-9. A través de vigas, columnas o travesaños o paralelo a ellas. Cuando los cables tipo NM, NMC o NMS se instalen a través de vigas, columnas, travesaños o elementos de madera similares, deben cumplir con lo establecido en 300-4.

336-16. Curvas. Todas las curvas se deben hacer de modo que el cable no resulte dañado y que el radio de curvatura del borde interior de cada curva no sea inferior a cinco veces el diámetro del cable.

336-18. Soportes. Los cables con cubierta no metálica deben sujetarse con grapas, cables de anclaje, abrazaderas o elementos similares proyectados e instalados de modo que no dañen al cable. El cable debe sujetarse a intervalos no mayores a 1,4 m y a menos de 0,3 m de cualquier gabinete, caja o accesorio. No se deben engrapar los cables de dos conductores sobre un borde. Los cables que pasen a través de orificios hechos en columnas, vigas o travesaños de madera o metal, pueden considerarse soportados y asegurados.

NOTA: Para la fijación cuando se usan cajas no metálicas, véase 370-17.

Excepción 1: En instalaciones ocultas en edificios acabados o paneles acabados para edificios prefabricados en los que tales apoyos sean imposibles, se permite tender el cable entre dos puntos de acceso.

Excepción 2: Se permite utilizar un dispositivo eléctrico identificado para ese uso sin caja de salida de corriente eléctrica independiente, que incorpore una abrazadera de cables integrada, cuando el cable esté sujeto a intervalos no mayores a 1,4 m y a menos de 0,3 m de la ranura hecha en la pared para ese dispositivo y cuando quede como mínimo una vuelta de 30 cm de cable continuo o de 15 cm del extremo del cable en el interior de la pared acabada, que permita cambiarlo.

336-20. Cajas de material aislante. Se permiten las cajas de salida no metálicas, tal como se establece en 370-3.

336-21. Dispositivos de material aislante. Se permite utilizar desconectores, salidas y dispositivos de derivación de material aislante sin cajas, en instalaciones visibles de cables y en realambrado, en inmuebles

ya existentes cuando el cable vaya oculto y alambrado con el uso de guía. Las aberturas de dichos dispositivos deben ajustarse estrechamente alrededor de la cubierta exterior del cable y el dispositivo debe encerrar completamente la parte del cable a partir de la cual se haya quitado la cubierta.

Cuando las conexiones a los conductores se hagan mediante terminales tipo tornillo, debe haber tantas terminales como conductores.

336-25. Dispositivos con cubierta integral. Está permitido utilizar dispositivos eléctricos con cubierta integral especificados para ese uso, como lo establece la Excepción 4 en 300-15(b).

C. Especificaciones de construcción

336-30. Disposiciones generales. Los cables con cubierta no metálica deben cumplir las siguientes disposiciones:

a) Construcción. La cubierta exterior del cable debe ser de material no metálico.

1) Tipo NM. La cubierta exterior debe ser resistente a la propagación de la flama y a la humedad.

2) Tipo NMC. La cubierta exterior debe ser resistente a la propagación de la flama y a la humedad, a los hongos y a la corrosión.

3) Tipo NMS. Un cable tipo NMS es un conjunto de conductores aislados ensamblados en fábrica para energía, comunicaciones y señalización, encerrados en una cubierta común de material no metálico, resistente a la humedad y resistente a la propagación de la flama. La cubierta debe aplicarse de manera que separe los conductores de energía de los de comunicaciones y señalización. Se permite que los conductores de señales vayan blindados con una pantalla electrostática. Se permite el uso opcional de una cubierta exterior.

NOTA: Para los cables de fibra óptica, véanse 770-4 y 770-52.

b) Conductores. Los conductores aislados de potencia deben ser de uno de los tipos indicados en la Tabla 310-13 y adecuados para alambrado de circuitos derivados o aprobados e identificados para usarse en estos cables.

Los conductores de potencia deben ser de tamaño nominal de 2,08 mm² (14 AWG) a 33,6 mm² (2 AWG) de cobre o de 13,3 mm² (6 AWG) a 33,6 mm² (2 AWG) de aluminio.

Los conductores de señalización deben cumplir con lo establecido en 780-5. Puesta a tierra de equipo. Cuando lleve este conductor, su tamaño nominal debe estar de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250.

Los conductores deben tener una temperatura nominal de trabajo de 90 °C. La capacidad de conducción de corriente de los cables tipo NM, NMC y NMS debe ser igual que la de los conductores de 60 °C y cumplir con lo establecido en 310-15.

NOTA: Los cables tipo NM, NMC y NMS identificados por las marcas NM-B, NMC-B y NMS-B, cumplen este requisito.

Excepción: Se permite calcular las correcciones por temperatura y por agrupamiento basándose en la capacidad de conducción de corriente a 90 °C, siempre que el valor obtenido no exceda la capacidad de conducción de corriente de un conductor de temperatura de operación del aislamiento de 60 °C.

336-31. Marcado. Los cables deben ir marcados según lo establecido en 310-11. Se permite marcar con el sufijo LS a los cables resistentes a la propagación de incendio, baja emisión de humos y de gas ácido.

ARTICULO 338 - CABLES DE ENTRADA DE ACOMETIDA

338-1. Definición. Un cable de entrada de acometida es un ensamble de uno o varios conductores con o sin cubierta exterior, utilizado fundamentalmente para acometidas. Puede ser de los siguientes tipos:

a) Tipo SE. El tipo SE con cubierta resistente a la propagación de incendio y resistente a la humedad.

b) Tipo USE. El tipo USE, identificado para uso subterráneo, con cubierta resistente a la humedad pero no necesariamente resistente a la propagación de la flama.

Los ensambles de cables monoconductores tipo USE reconocidos para uso subterráneo, pueden incluir en el ensamble un conductor de cobre desnudo. Los cables monoconductores, paralelos o multiconductores tipo USE reconocidos para uso subterráneo pueden llevar un conductor concéntrico de cobre desnudo. Estos cables no requieren una cubierta exterior.

c) Tipos TWD-UV, BTC, DRS, CCE Y BM-AL. Véase la Tabla 310-13.

NOTA: Para los conductores de entrada de acometida no aislados y directamente enterrados, véase la Excepción (b) de 230-41.

d) Un conductor sin aislar. Si los cables tipo SE o USE consisten en dos o más conductores, se permite que uno esté sin aislar.

338-2. Usos permitidos como conductores de entrada de acometida. Los cables utilizados como conductores de entrada de acometida deben instalarse como se indica en el Artículo 230.

Se permite que los cables tipo USE utilizados para acometidas subterráneas sobresalgan del piso en las terminales a las bases de medidores u otras cubiertas, cuando estén protegidos según lo establecido en 300-5(d).

338-3. Otros usos permitidos

a) Conductor aislado puesto a tierra. Se permite usar cables de entrada de acometida tipo SE en sistemas interiores de alambrado cuando todos los conductores de circuito del cable estén recubiertos de aislamiento elastomérico o termoplástico.

b) Conductor no aislado puesto a tierra. Los cables de entrada de acometida tipo SE sin aislamiento individual del conductor del circuito puesto a tierra, no deben usarse como cables del alimentador o del circuito derivado en el interior de un edificio, excepto si el cable tiene una cubierta exterior final termoplástica y se alimenta con c.a. no mayor que 150 V a tierra, en cuyo caso se permite utilizarlo como cable del circuito de alimentación sólo para otros edificios en el mismo predio.

Se permite usar cables de entrada de acometida tipo SE con conductores totalmente aislados cuando se usen como cables de circuitos los conductores aislados y el conductor sin aislar se use para puesta a tierra.

c) Límites de temperatura. Los cables de entrada de acometida tipo SE que se usen para alimentar aparatos no deben estar sometidos a temperaturas mayores a la temperatura especificada para el tipo de aislamiento que lleven.

d) Los cables tipo BTC pueden utilizarse en la distribución subterránea de energía eléctrica en baja tensión, siempre y cuando no contravenga disposiciones indicadas en otros Artículos de esta norma.

e) Los cables tipo DRS pueden utilizarse en la distribución subterránea de energía eléctrica en baja tensión y en instalaciones eléctricas permanentes o temporales para alumbrado general, siempre y cuando no contravenga disposiciones indicadas en otros Artículos de esta norma.

f) Los cables tipo BM-AL pueden utilizarse en la distribución aérea de energía eléctrica en baja tensión y en instalaciones eléctricas permanentes o temporales para alumbrado general, siempre y cuando no contravenga disposiciones indicadas en otros Artículos de esta norma.

338-4. Métodos de instalación en interiores. Además de lo establecido en este Artículo, los cables de entrada de acometida tipo SE utilizados en instalaciones interiores deben cumplir los requisitos de instalación del Artículo 336, Parte A y Parte B, y lo establecido en el Artículo 300.

NOTA: Para los límites de temperatura de los conductores, véase 310-10.

338-5. Marcado. Los cables de entrada de acometida deben marcarse de acuerdo a lo indicado en 310-11. Cuando un cable tenga un conductor neutro de tamaño nominal menor que la de los conductores de fase, debe indicarse en el marcado.

338-6. Curvas. Las curvas y cualquier otro manejo de los cables se deben hacer de modo que no dañen las cubiertas protectoras del cable y que el radio de curvatura del borde interior de la curva no sea inferior a cinco veces el diámetro del cable.

ARTICULO 339 - CABLES PARA ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS SUBTERRANEOS TIPO UF

339-1. Descripción y marcado

a) Descripción. Los cables para alimentadores y de circuitos derivados subterráneos deben estar aprobados como tipo UF y de tamaño nominal de 2,08 mm² (14 AWG) de cobre o de 13,3 mm² (6 AWG) de aluminio hasta 107 mm² (4/0 AWG). Los conductores tipo UF deben corresponder a uno de los tipos resistentes a la humedad según se indica en la Tabla 310-13, adecuado para instalaciones de circuitos derivados o aprobados e identificados para ese uso. Además de los conductores aislados, se permite que el cable lleve un conductor aislado o desnudo de tamaño nominal adecuado, exclusivamente para puesta a tierra de equipo. La cubierta exterior debe ser de material resistente a la propagación de la flama; resistente a la humedad, a los hongos y a la corrosión y adecuada para usarse directamente enterrada.

b) Marcado. Además de lo establecido en 310-11, el cable debe llevar marcas claras en su exterior y a todo lo largo, que indiquen el tipo de cable.

339-2. Otros Artículos. Además de lo establecido en este Artículo, las instalaciones de cables subterráneos de alimentadores o de circuitos derivados (tipo UF) deben cumplir las demás disposiciones aplicables de esta norma, sobre todo las indicadas en el Artículo 300 y en 310-13.

339-3. Uso

a) Usos permitidos

1) Se permite usar cables tipo UF en instalaciones subterráneas, incluso directamente enterrados en la tierra, como cables del alimentador o de un circuito derivado, siempre que estén dotados de dispositivo de protección contra sobrecorriente para la capacidad de conducción de corriente que se establece en 339-4.

2) Cuando se instalen cables monoconductores, los cables del alimentador o del circuito derivado, incluido el neutro y el conductor de puesta a tierra de equipo, si lo hubiera, deben ir juntos en la misma zanja o canalización.

3) En cuanto a los requisitos de la instalación subterránea, véase 300-5.

4) Se permite usar cables tipo UF en instalaciones interiores en lugares secos, mojados o corrosivos siempre que se cumplan los requisitos de instalación de esta norma y que, cuando se instalen cables con cubierta termoplástica, la instalación y los cables cumplan con lo establecido en el Artículo 336 y los cables sean además multiconductores.

5) En sistemas solares fotovoltaicos como se indica en 690-31;

6) Se permite usar cables monoconductores como terminales no calefactoras para cables de calefacción, como se indica en 424-43;

Cuando se usen en soportes tipo charola para cables, los cables tipo UF deben ser multiconductores.

NOTA: Para los límites de temperatura de los conductores, véase 310-10.

b) Usos no permitidos. No se deben usar cables tipo UF:

(1) como cables de entrada de acometida;

(2) en estacionamientos públicos;

(3) en teatros;

(4) en estudios cinematográficos;

(5) en bancos de baterías;

(6) en cubos de elevadores;

(7) en áreas peligrosas (clasificadas);

(8) embebidos en aplanados de cemento, concreto u otro, excepto guías no calefactoras embebidas en yeso de acuerdo a lo establecido en el Artículo 424; y

(9) expuestos directamente a los rayos solares, excepto si están aprobados e identificados como "SR", resistentes a los rayos solares.

(10) cuando estén expuestos a daños físicos.

339-4. Protección contra sobrecorriente. Debe haber protección contra sobrecorriente de acuerdo con lo establecido en 240-3.

339-5. Capacidad de conducción de corriente. La capacidad de conducción de corriente de los cables tipo UF debe ser la correspondiente a los conductores de 60 °C, según se indica en 310-15.

339-6. Marcado. La superficie de la cubierta de estos conductores debe marcarse como se especifica en 310-11.

ARTICULO 340 - CABLES DE ENERGIA Y CONTROL TIPO TC PARA USO EN SOPORTES TIPO CHAROLA

340-1. Definición. El cable de energía y control tipo TC para uso en soportes tipo charola es un ensamble hecho en fábrica de dos o más conductores aislados con o sin conductores de puesta a tierra, cubiertos o desnudos, en una cubierta termoplástica, para su instalación en soporte tipo charola para cables, canalizaciones o soportados por un mensajero.

340-2. Otros Artículos. Además de lo establecido en este Artículo, las instalaciones de cables tipo TC deben cumplir las disposiciones aplicables de otros en esta norma, especialmente los Artículos 300 y 318.

340-3. Construcción. Los conductores aislados de los cables tipo TC deben ser de tamaño nominal $0,824 \text{ mm}^2$ (18 AWG) a 507 mm^2 (1 000 kcmil) de cobre y de $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) a 507 mm^2 (1 000 kcmil) de aluminio. Los conductores aislados de tamaño nominal de $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) y mayores de cobre, los de tamaño $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) y mayores de aluminio, deben ser de uno de los tipos listados en las Tablas 310-13 o 310-62, adecuados para alimentadores o circuitos derivados o identificados para dicho uso. Los conductores aislados de tamaño nominal $0,824 \text{ mm}^2$ (18 AWG) y $1,31 \text{ mm}^2$ (16 AWG) de cobre deben cumplir con lo indicado en 725-27. La cubierta exterior debe ser de material termoplástico y resistente a la propagación de la flama. No se permite una cubierta metálica bajo ni sobre la cubierta exterior termoplástica. Si se instalan en lugares mojados, los cables tipo TC deben ser resistentes a la humedad y a los agentes corrosivos.

Excepción 1: Cuando se utilicen en instalaciones de alarma contra incendios, los conductores deben cumplir lo establecido en 760-16.

Excepción 2: Se permite que los conductores de los cables tipo TC utilizados en circuitos que cumplan con el Artículo 725, sean de cualquiera de los materiales utilizados en las extensiones de cables para termopares. En los cables tipo TC que utilicen extensiones de termopares, no debe haber marcas de tensión eléctrica.

340-4. Usos permitidos. Se permite usar cables tipo TC en:

- (1) en circuitos de energía, alumbrado, control y señalización;
- (2) en soporte tipo charola para cables o en canalizaciones o en tramos exteriores soportados por un mensajero;
- (3) en soporte tipo charola para cables en áreas peligrosas (clasificadas), como permiten los Artículos 318, 501, 502 y 504, en instalaciones industriales cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que la instalación es atendida únicamente por personas calificadas;
- (4) en circuitos de Clase 1, como permite el Artículo 725;
- (5) en circuitos de alarma contra incendios, no limitados en potencia, si los conductores cumplen los requisitos indicados en 760-16.
- (6) En instalaciones industriales cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que la instalación es atendida únicamente por personas calificadas y el cable no esté expuesto a daño físico, se permite utilizar cables tipo TC que cumplan las condiciones de choque e impacto de los cables tipo MC y que estén identificados para utilizarlos como cables abiertos entre el soporte tipo charola para cables y el equipo de utilización en longitudes no mayores a 15 m. El cable debe estar soportado y sujeto a intervalos no mayores a 1,8 m. Debe haber dentro del cable un conductor de puesta a tierra de equipo, que se utilice como conductor de puesta a tierra de equipo entre el soporte tipo charola para cables y el equipo de utilización.

NOTA: Para los límites de temperatura de los conductores, véase 310-10.

340-5. Usos no permitidos. No se permite utilizar cables tipo TC en:

- (1) cuando estén expuestos a daños físicos;
- (2) como cable en instalación visible en grapas o abrazaderas;
- (3) expuestos directamente a los rayos solares, a no ser que estén identificados para ese uso como SR, y
- (4) directamente enterrados, a no ser que estén identificados para ese uso.

340-6. Marcado. Los cables deben ir marcados según lo establecido en 310-11. Se permite marcar con el sufijo LS los cables no propagadores de incendio, baja emisión de humos y de gas ácido.

340-7. Capacidad de conducción de corriente. La capacidad de conducción de corriente de los conductores del cable tipo TC, se debe calcular según 402-5 para los conductores menores al tamaño nominal $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) y según 318-11.

340-8. Curvas. Las curvas en los cables tipo TC se deben hacer de modo que no dañen al cable.

ARTICULO 342 - EXTENSIONES NO METALICAS

342-1. Definición. Las extensiones no metálicas son ensambles de dos conductores aislados dentro de una cubierta no metálica o termoplástica extruida. Su clasificación incluye tanto las extensiones de superficie, diseñadas para ser instaladas directamente en la superficie de paredes o techos, y los cables aéreos que contienen un cable mensajero como soporte integrante del ensamble.

342-2. Otros Artículos. Además de lo establecido en este Artículo, las extensiones no metálicas se deben instalar cumpliendo las disposiciones aplicables de otros Artículos de esta norma.

342-3. Usos permitidos. Se permite usar extensiones no metálicas únicamente cuando se cumplan las siguientes condiciones:

a) Desde una salida existente. Si la extensión proviene de una salida existente en un circuito derivado de 15 A o 20 A que cumpla los requisitos del Artículo 210.

b) Expuestas en un lugar seco. Si la extensión está expuesta y en un lugar seco.

c) Extensiones superficiales no metálicas. Si la extensión superficial es no metálica, si el edificio es de uso residencial o de oficinas y si no supera los límites de altura establecidos en 336-5(a)(1).

c1) Alternativa a (c): Cable aéreo si el edificio es de uso industrial y la naturaleza de la actividad desarrollada en el mismo exige medios muy flexibles para la conexión de equipo.

NOTA: Para los límites de temperatura de los conductores, véase 310-10.

342-4. Usos no permitidos. No se deben usar extensiones no metálicas:

a) Como cables aéreos. Como cables aéreos en sustitución de cualquiera de los métodos de alambrado especificados en esta norma.

b) En zonas sin terminar. En sótanos, desvanes o lugares bajo el techo sin terminar.

c) Tensión eléctrica entre conductores. Cuando la tensión eléctrica entre conductores exceda 150 V para extensiones superficiales no metálicas; cuando la tensión eléctrica entre conductores exceda 300 V para cables aéreos.

d) Vapores corrosivos. Cuando esté sometida a vapores corrosivos.

e) A través de pisos o tabiques. Cuando tenga que pasar a través de pisos o tabiques o salir de la habitación en donde se origina.

342-5. Empalmes y derivaciones. Las extensiones deben consistir en un ensamble continuo e ininterrumpido, sin empalmes y sin conductores expuestos entre los accesorios. Se permiten las derivaciones cuando se utilicen accesorios de conexión aprobados que las cubran completamente. Los cables aéreos y sus conectores deben ir dotados de un medio aprobado para señalar la polaridad. Los conectores derivados tipo contacto deben contar con un mecanismo de candado.

342-6. Accesorios. Cada tramo de la extensión debe terminar en un accesorio que cubra el extremo de todo el ensamble. Todos los accesorios y dispositivos deben ser de un tipo identificado para ese uso.

342-7. Instalación. Las extensiones no metálicas se deben instalar según lo establecido en los siguientes incisos:

a) Extensiones no metálicas superficiales

1) Se permite instalar una o más extensiones a partir de una salida existente en cualquier dirección, pero no en el piso ni a menos de 50 cm del piso.

2) Las extensiones no metálicas superficiales se deben sujetar por medios aprobados a intervalos no mayores a 20 cm.

Excepción: Cuando la conexión con la salida se haga por medio de un conector o clavija, se permite que la primera sujeción esté a 30 cm o menos de la clavija. Debe haber como mínimo un elemento de sujeción entre cada dos salidas contiguas. Una extensión sólo se debe sujetar a elementos de madera o yeso y no debe estar en contacto con metales ni con otros materiales conductores, excepto con las placas metálicas en los receptáculos.

3) Las curvas que reduzcan la separación normal entre conductores se deben cubrir con una tapa para proteger el ensamble contra daño físico.

b) Cables aéreos

1) Los cables aéreos deben estar sujetos a su cable mensajero y sujetos firmemente en cada extremo con abrazaderas y tensores adecuados. Deben colocarse soportes intermedios a intervalos no mayores a 6 m. La

tensión mecánica del cable debe ajustarse para evitar una flecha excesiva. El cable debe conservar una distancia no menor que 50 cm de los miembros estructurales de acero u otros materiales conductores.

2) Los cables aéreos deben estar a una distancia no menor que 3 m sobre el piso de zonas accesibles a peatones y no menor que 4,5 m sobre el piso de zonas accesibles a tráfico de vehículos.

3) Los cables suspendidos sobre zonas de trabajo no accesibles al tráfico peatonal deben guardar una distancia no menor que 2,5 m sobre el piso.

4) Se permiten los cables aéreos como medios de soporte de dispositivos de alumbrado cuando la carga total sobre el cable mensajero no exceda su capacidad.

5) Se permite utilizar el cable mensajero como conductor de puesta a tierra de equipo siempre que esté instalado de acuerdo con las disposiciones aplicables del Artículo 250 y debidamente identificado como conductor de puesta a tierra de equipo. El cable mensajero no se debe utilizar como conductor de un circuito derivado.

342-8. Marcado. Las extensiones no metálicas deben marcarse según lo establecido en 110-21.

ARTICULO 343 - TUBO (CONDUIT) NO METALICO CON CABLES PREENSAMBLADOS PARA USOS SUBTERRANEOS

A. Disposiciones generales

343-1. Descripción. Tubo (conduit) no metálico con cables preensamblados para usos subterráneos; un ensamble hecho en fábrica de conductores o cables dentro de un tubo no metálico de sección circular y paredes lisas.

El tubo (conduit) no metálico debe estar fabricado de un material resistente a la humedad y a los agentes corrosivos. También puede suministrarse en carretes sin que se dañe o se deforme y debe ser de resistencia suficiente para soportar el trato, como impactos o aplastamientos, tanto durante su manejo como durante su instalación, sin que sufran daños ni el tubo (conduit) ni los conductores.

343-2. Otros Artículos. La instalación de tubo (conduit) no metálico con cables preensamblados para usos subterráneos debe cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando se requiera conductor de puesta a tierra de equipo según exige el Artículo 250, se debe utilizar un ensamble que contenga un conductor independiente de puesta a tierra de equipo.

343-3. Usos permitidos. Se permite el uso de tubo (conduit) no metálico con cables preensamblados para usos subterráneos y sus accesorios en los siguientes casos:

1) En instalaciones directamente enterradas. Para los requisitos mínimos de cobertura, véanse las columnas de los tubos rígidos no metálicos de las Tablas 300-5 y 710-4(b).

2) Empotrados o embebidos en concreto.

3) En relleno de escoria volcánica.

4) En instalaciones subterráneas sometidas a condiciones corrosivas severas, como se especifica en 300-6 y sujetas a productos químicos para los que el ensamble esté específicamente aprobado.

343-4. Usos no permitidos. No está permitido utilizar tubo (conduit) no metálico subterráneo con conductores:

1) En lugares expuestos.

2) En el interior de los edificios.

Excepción: Sólo los conductores contenidos en el tubo pueden pasar hacia el interior del edificio, para elaborar sus terminales, de acuerdo con lo indicado en 300-3.

3) En áreas peligrosas (clasificadas), excepto lo establecido en las Secciones 503-3(a), 504-20, 514-8 y 515-5 y en los lugares de Clase I División 2, tal como se permite en la Excepción de 501-4(b).

B. Instalación

343-5. Designación

a) **Mínimo.** No se debe usar tubo (conduit) no metálico subterráneo con designación menor que 16 (1/2).

b) **Máximo.** No se debe usar tubo (conduit) no metálico subterráneo con designación mayor que 103(4).

343-6. Desbastado. En sus extremos, el tubo (conduit) debe desbastarse utilizando un método apropiado que no dañe el aislamiento de los cables ni a su cubierta exterior. Todos los extremos deben desbastarse por dentro y por fuera para dejarlos lisos.

343-7. Uniones. Todas las uniones entre el tubo (conduit), accesorios y cajas se deben hacer con método adecuado.

343-8. Terminación de los conductores. Todas las terminaciones entre los conductores o cables y equipo se deben hacer por un método aprobado para el tipo de conductor o cable.

343-9. Boquillas. Cuando un tubo (conduit) no metálico subterráneo con conductores entre en una caja, accesorio u otra envolvente, se debe instalar una boquilla o adaptador que proteja al conductor o cable de la abrasión, siempre que el diseño de la caja, gabinete o cubierta no ofrezca una protección equivalente.

NOTA: Para la protección de los conductores de tamaño nominal 21,2 mm² (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

343-10. Curvas. Las curvas de tubo (conduit) no metálico subterráneo con conductores se deben hacer manualmente de modo que el tubo (conduit) no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca.

343-11. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de alambrado o jalado, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más curvas que el equivalente a cuatro curvas, de 90° (360° en total).

343-12. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en las cajas de empalmes, cajas de salida, cajas de dispositivos o registros. Para las disposiciones sobre instalación y uso de las cajas y registros, véase el Artículo 370.

C. Especificaciones de construcción

343-13. Disposiciones generales. El tubo (conduit) no metálico subterráneo con conductores se suministra como ensamble continuo en una bobina, carrete o caja.

343-14. Conductores y cables. Los conductores y cables utilizados en tubo (conduit) subterráneos no metálicos con conductores deben estar aprobados y como adecuados para su uso en lugares mojados. Además deben cumplir lo siguiente:

a) De 600 V o menos. Se permite utilizarlos en circuitos de c.a. y c.c. Todos los conductores deben tener un aislamiento nominal igual como mínimo a la tensión eléctrica nominal máxima del circuito de cualquier conductor o cable dentro del tubo (conduit).

b) De más de 600 V. Los conductores o cables de más de 600 V nominales no deben ocupar el mismo tubo (conduit) que conductores o cables de circuitos de 600 V nominales o menos.

343-15. Número de conductores. El número máximo de conductores o cables en tubo (conduit) subterráneos no metálicos con conductores no debe exceder el porcentaje de ocupación permitido en la Tabla 10-1 del Capítulo 10.

343-16. Marcado. El tubo (conduit) no metálico subterráneo con conductores debe ir marcado de modo claro y duradero por lo menos cada 3 m, como se exige en 110-21. La marca debe incluir también el tipo de material del que está hecho el tubo (conduit).

La identificación de los conductores o cables del ensamble debe ir en una etiqueta unida a cada extremo del ensamble o en los laterales de la bobina. El marcado de los conductores o cables dentro del tubo (conduit) subterráneos no metálicos debe cumplir lo establecido en 310-11.

ARTICULO 344 - TUBO (CONDUIT) DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA USOS SUBTERRANEOS

A. Disposiciones generales

344-1. Descripción. Tubo (conduit) no metálico de sección circular y con paredes lisas o con estrías ligeras con coples y accesorios de fijación asociados para la instalación de conductores eléctricos en circuitos subterráneos de alta, media o baja tensión.

El tubo (conduit) no metálico debe estar fabricado de polietileno de alta densidad que es un material resistente a la humedad y a los agentes corrosivos. También puede suministrarse en carretes sin que se dañe o se deforme y debe ser de resistencia suficiente para soportar el trato, como impactos o aplastamientos, tanto durante su manejo como durante su instalación, sin que sufra daño. Cuando se instale directamente enterrado, sin estar cubierto de concreto debe ser capaz de resistir la carga similar a la que será encontrada después de su instalación.

344-2. Otros Artículos. La instalación de tubo (conduit) no metálico de polietileno de alta densidad, debe cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando se requiera conductor de puesta a tierra de equipo según exige el Artículo 250, se debe utilizar un conductor independiente de puesta a tierra de equipo.

B. Instalación

344-3. Usos permitidos. Se permite el uso de tubo (conduit) no metálico de polietileno de alta densidad y sus accesorios en los siguientes casos:

1) En instalaciones directamente enterradas. Para los requisitos mínimos de cobertura, véanse las columnas de los tubos rígidos no metálicos de las Tablas 300-5 y 710-4(b).

2) Empotrados o embebidos en concreto.

3) En relleno de escoria volcánica.

4) En instalaciones subterráneas sometidas a condiciones corrosivas severas, como se especifica en 300-6 y sujetas a productos químicos para los que el tubo conduit esté específicamente aprobado.

5) Se podrá instalar en tramos de longitud predeterminada o en forma continua desde un carrete.

344-4. Usos no permitidos. No está permitido utilizar tubo (conduit) no metálico de polietileno de alta densidad:

1) En lugares expuestos.

2) En el interior de los edificios.

Excepción: Sólo los conductores contenidos en el tubo pueden pasar hacia el interior del edificio, para elaborar sus terminales, de acuerdo con lo indicado en 300-3.

3) En áreas peligrosas (clasificadas), excepto lo establecido en las Secciones 504-20.

4) Cuando estén sometidas a temperatura ambiente que supere aquella para la que está aprobado el tubo (conduit) de polietileno de alta densidad.

5) Para conductores cuya limitación de la temperatura de operación del aislamiento exceda la temperatura a la cual el tubo (conduit) de polietileno de alta densidad está aprobado.

Excepción: Los conductores con temperatura de operación del aislamiento superior al del tubo (conduit) de alta densidad, deberán ser permitida su instalación en los tubos de polietileno de alta densidad, cuando estos conductores no son operados a una temperatura mayor que la cual el tubo conduit de polietileno de alta densidad está aprobado.

344-5. Designación

a) **Mínimo.** No se debe usar tubo (conduit) no metálico de polietileno de alta densidad con designación menor que 16 (1/2).

b) **Máximo.** No se debe usar tubo (conduit) no metálico de polietileno de alta densidad con designación mayor que 103 (4).

Excepción: En instalaciones con conductores de alta tensión, se permitirán diámetros superiores.

344-6. Desbastado. En sus extremos, el tubo (conduit) de polietileno de alta densidad debe desbastarse utilizando un método apropiado que no dañe el aislamiento de los cables ni a su cubierta exterior. Todos los extremos deben desbastarse por dentro y por fuera para dejarlos lisos.

344-7. Uniones. Todas las uniones entre el tubo (conduit) de polietileno de alta densidad, accesorios y cajas se deben hacer con método adecuado.

344-8. Terminación de los conductores. Todas las terminaciones entre los conductores o cables y equipo se deben hacer por un método aprobado para el tipo de conductor o cable.

344-9. Boquillas. Cuando un tubo (conduit) no metálico de polietileno de alta densidad entre en una caja, accesorio u otra envolvente, se debe instalar una boquilla o adaptador que proteja al conductor o cable de la abrasión, siempre que el diseño de la caja, gabinete o cubierta no ofrezca una protección equivalente.

NOTA: Para la protección de los conductores de tamaño nominal 21,2 mm² (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

344-10. Curvas. Las curvas de tubo (conduit) no metálico de polietileno de alta densidad, se deben hacer manualmente de modo que el tubo (conduit) no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca.

344-11. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de alambrado o jalado, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más curvas que el equivalente a cuatro curvas, de 90° (360° en total).

344-12. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en las cajas de empalmes, cajas de salida, cajas de dispositivos o registros. Para las disposiciones sobre instalación y uso de las cajas y registros, véase el Artículo 370.

344-13. Conductores y cables. Los conductores y cables utilizados en tubo (conduit) no metálico de polietileno de alta densidad deben estar aprobados para ser instalados en el lugar de instalación del tubo conduit y como adecuados para su uso en lugares mojados. Además deben cumplir lo siguiente:

a) De 600 V o menos. Se permite utilizarlos en circuitos de c.a. y c.c. Todos los conductores deben tener un aislamiento nominal igual como mínimo a la tensión eléctrica nominal máxima del circuito de cualquier conductor o cable dentro del tubo (conduit).

b) De más de 600 V. Los conductores o cables de más de 600 V nominales no deben ocupar el mismo tubo (conduit) que conductores o cables de circuitos de 600 V nominales o menos.

344-14. Número de conductores. El número máximo de conductores o cables en tubo (conduit) no metálico de polietileno de alta densidad no debe exceder el porcentaje de ocupación permitido en la Tabla 10-1 del Capítulo 10.

344-15. Marcado. El tubo (conduit) no metálico de polietileno de alta densidad debe ir marcado de modo claro y duradero por lo menos cada 3 m, como se exige en 110-21. La marca debe incluir también el tipo de material del que está hecho el tubo (conduit).

ARTICULO 345 - TUBO (CONDUIT) METALICO TIPO SEMIPESADO

A. Disposiciones generales

345-1. Definición. Un tubo (conduit) metálico tipo semipesado es una canalización metálica, de sección circular, aprobada para la instalación de conductores eléctricos y como conductor de puesta a tierra de equipo cuando se instala con sus accesorios y acoplamientos, aprobados.

345-2. Otros Artículos. Las instalaciones de tubo (conduit) metálico tipo semipesado deben cumplir lo establecido en las correspondientes Secciones del Artículo 300.

345-3. Usos permitidos

a) Todas las condiciones atmosféricas y en edificios. Se permite el uso de tubo (conduit) metálico tipo semipesado en todas las condiciones atmosféricas y en edificios de cualquier uso. Cuando sea posible, se debe evitar que haya en la instalación metales distintos en contacto para evitar la posibilidad de reacciones galvánicas. Se permite utilizar tubo (conduit) metálico tipo semipesado como conductor de puesta a tierra del equipo.

Excepción: Se permite utilizar en tubo (conduit) metálico tipo semipesado, cubiertas y accesorios de aluminio.

b) Protección contra la corrosión. Se permite instalar tubo (conduit) metálico tipo semipesado, codos, juntas y accesorios en concreto, en contacto directo con la tierra o en zonas sometidas a condiciones corrosivas graves, si están protegidos contra la corrosión y se juzgan adecuados para esas condiciones.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

c) Relleno de escoria. Se permite la instalación de tubo (conduit) metálico tipo semipesado dentro o debajo del relleno de escoria en donde está sujeto a la humedad permanente, siempre y cuando esté embebido en concreto sin escorias, de espesor no menor que 5 cm o que se coloque a no menos de 50 cm por debajo del relleno o que se proteja contra la corrosión y se estime adecuado para esta condición.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

B. Instalación

345-5. Lugares húmedos. Todos los apoyos, pernos, abrazaderas, tornillos, etcétera, deben ser de material resistente a la corrosión o estar protegidos por materiales resistentes contra la corrosión.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

345-6. Designación

a) Mínimo. No se debe utilizar tubo (conduit) con designación menor que 16 (1/2).

b) Máximo. No se debe utilizar tubo (conduit) con designación mayor que 103 (4).

345-7. Número de conductores en tubo (conduit). El número de conductores en tubo (conduit) no debe exceder el porcentaje de ocupación permitido en la Tabla 10-1 del Capítulo 10, y utilizando la designación del tubo (conduit) de la Tabla 10-4 del Capítulo 10.

345-8. Escariado y roscado. Todos los extremos cortados del tubo (conduit) se deben escariar o acabar de forma apropiada para dejarlos lisos. Cuando el tubo (conduit) se rosque en obra, se debe utilizar una tarraja normal con conicidad de 19 mm por cada 300 mm.

345-9. Acoplamientos y conectores.

a) Sin rosca. Los acoplamientos y conectores sin rosca utilizados con tubo (conduit) se deben impermeabilizar. Cuando estén enterrados en mampostería o concreto deben ser herméticos al concreto. Cuando estén en lugares mojados deben ser herméticos a la lluvia.

b) Con roscas corridas. En tubo (conduit) metálico tipo semipesado no deben utilizarse conectores con rosca corrida.

345-10. Curvas. Las curvas en tubo (conduit) metálico tipo semipesado se deben hacer de modo que el tubo (conduit) no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) de cualquier curva hecha en obra no debe ser menor que el indicado en la Tabla 346-10.

Excepción: En las curvas hechas en obra en conductores con cables sin forrar, con máquinas de curvar de un solo golpe diseñadas para ese fin, el radio de curvatura mínimo no debe ser menor que el indicado en la Tabla 346-10, Excepción.

345-11. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de 90° (360° en total).

345-12. Soportes. El tubo (conduit) metálico tipo semipesado debe instalarse como un sistema completo, como establece el Artículo 300, y debe sujetarse firmemente como mínimo a cada 3 m. Además, el tubo (conduit) debe sujetarse firmemente a no más de 1 m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinete, caja de paso u otra terminación cualquiera. Cuando los miembros de la estructura no permitan fácilmente sujetar el tubo (conduit) a cada metro, se permite aumentar la distancia hasta 1,5 m.

Excepción 1: Si están hechos con acoplamientos roscados, se permite soportar los tramos rectos de tubo (conduit) según lo establecido en la Tabla 346-12, siempre que tales soportes eviten la transmisión de esfuerzos a la terminación donde el tubo (conduit) se doble entre los soportes.

Excepción 2: La distancia entre soportes puede aumentarse a 6 m siempre que el tubo (conduit) esté hecho con acoplamientos roscados, esté firmemente sujeto en la parte mayor y menor y no haya otros medios de apoyo.

Excepción 3: Se permite no sujetar al tubo (conduit) a menos de 1 m de la entrada de la acometida, cuando termine en un poste sobre el piso.

Excepción 4: Se permiten tramos horizontales de tubo (conduit) apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no mayores a 3 m y sujetos firmemente a menos de 1 m de las terminales.

345-13. Cajas y accesorios. Véase el Artículo 370.

345-14. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones deben hacerse de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para los requisitos sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

345-15. Boquillas. Cuando un tubo (conduit) metálico tipo semipesado entre en una caja, accesorio u otra envolvente, se debe instalar una boquilla o adaptador que proteja al conductor o cable de la abrasión, a menos que el diseño de la caja, accesorio o envolvente ofrezca una protección equivalente.

NOTA: Para la protección con boquillas de los conductores de tamaño nominal de 21,2 mm² (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

C. Especificaciones de construcción

345-16. Generalidades. El tubo (conduit) metálico tipo semipesado debe cumplir las siguientes especificaciones:

a) Longitud. Debe ser de longitud en tramos de 3 m incluyendo acoplamientos, en cada tramo debe haber un acoplamiento. Para aplicaciones especiales de uso se permite suministrarlos en longitudes menores o mayores a 3 m con o sin acoplamientos.

b) Material resistente a la corrosión. El tubo (conduit) de metal no ferroso resistente a la corrosión debe llevar marcas adecuadas.

c) Marcado. Cada tramo debe ir marcado de modo claro y duradero de conformidad con lo indicado en 110-21 de esta norma.

ARTICULO 346 - TUBO (CONDUIT) METALICO TIPO PESADO

A. Disposiciones generales

346-1. Definición. Un tubo (conduit) metálico tipo pesado es una canalización metálica, de sección circular, aprobada para la instalación de conductores eléctricos y como conductor de puesta a tierra de equipo cuando se instala con sus accesorios y acoplamientos, aprobados.

346-2. Otros Artículos. Las instalaciones con tubo (conduit) metálico tipo pesado deben cumplir lo establecido en las correspondientes Secciones del Artículo 300.

346-3. Usos permitidos. Se permite el uso de tubo (conduit) metálico tipo pesado en todas las condiciones atmosféricas y en edificios de cualquier ocupación, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

a) Protegidos por esmalte. Si el tubo (conduit) y accesorios de metales ferrosos sólo están protegidos contra la corrosión por un esmalte, se permite su uso únicamente en interiores y en edificios no sometidos a condiciones corrosivas graves.

b) Protección contra la corrosión. Se permite instalar tubo (conduit), codos, acoplamientos y accesorios de metales ferrosos y no ferrosos en concreto, en contacto directo con la tierra o en zonas sometidas a corrosión grave, si están protegidos contra la corrosión y se juzgan adecuados para esas condiciones.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

c) Relleno de escoria. Se permite instalar tubo (conduit) metálico tipo pesado en o bajo relleno de escoria volcánica cuando estén sometidos a humedad permanente, siempre y cuando esté embebido en concreto sin escoria volcánica en no menos de 50 mm de espesor, o cuando el tubo (conduit) esté a no menos de 45 cm bajo relleno de escoria volcánica, o cuando esté protegido contra la corrosión y se juzgue adecuado para esas condiciones.

d) En lugares mojados. Todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos, etcétera, deben ser de material resistente contra la corrosión o estar protegidos con material resistente contra la corrosión.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

B. Instalación

346-4. De otros metales. Cuando sea posible se debe evitar que haya metales distintos en contacto dentro de la misma instalación, para eliminar la posibilidad de reacción galvánica. Se permite utilizar accesorios y envolventes de aluminio con tubo (conduit) de acero tipo pesado y accesorios de acero con tubo (conduit) de aluminio de tipo pesado, cuando no esté sujeto a influencias corrosivas severas.

346-5. Designación

a) Mínimo. No se debe utilizar tubo (conduit) metálico tipo pesado con designación menor que 16 (1/2).

Excepción: Para instalar cables de motores, como se permite en 430-145(b).

b) Máximo. No se debe utilizar tubo (conduit) metálico tipo pesado con designación mayor que 155 (6).

346-6. Número de conductores en tubo (conduit). El número de conductores permitido en tubo (conduit) metálico tipo pesado no debe exceder el porcentaje de ocupación permitido en la Tabla 10-1, Capítulo 10.

346-7. Escariado y roscado.

a) Escariado. Todos los extremos cortados de tubo (conduit) metálico tipo pesado se deben escariar o terminar en forma de eliminar los bordes filosos.

b) Roscado. Cuando el tubo (conduit) metálico tipo pesado se rosque en obra, debe utilizarse una tarraja estándar con una conicidad de 19 mm por cada 30 cm.

NOTA: Para información respecto a las roscas de tubo metálico, véase el apéndice B1.

346-8. Boquillas. Cuando un tubo (conduit) metálico tipo pesado entre en una caja, accesorio u otra envolvente, se deben instalar boquillas o adaptadores que protejan el conductor o cable de la abrasión, siempre que el diseño de la caja, accesorio o envolvente no ofrezca una protección equivalente.

NOTA: Para la protección de los conductores de tamaño nominal 21,2 mm² (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

346-9. Acoplamientos y conectores.

a) Sin rosca. Los acoplamientos y conectores sin rosca utilizados con tubo (conduit) se deben apretar adecuadamente. Cuando estén enterrados en ladrillo u concreto, deben ser herméticos al concreto. Cuando estén en lugares mojados, deben ser de tipo hermético a la lluvia.

b) Con rosca corrida. En tubo (conduit) metálico tipo pesado no se deben utilizar conectores con rosca corrida.

346-10. Curvas. Las curvas del tubo (conduit) metálico tipo pesado se deben hacer de modo que el tubo (conduit) no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) de cualquier curva hecha en obra no debe ser menor que el indicado en la Tabla 346-10.

TABLA 346-10.- Radio de curvatura del tubo (conduit) tipo pesado

Tamaño o Designación	Con herramientas de doblar de un solo golpe o de zapata plena (mm)	Otros dobleces (mm)
16 (1/2)	102	102
21 (3/4)	114	127
27 (1)	146	152
35 (1-1/4)	184	203
41 (1-1/2)	210	254
53 (2)	241	305
63 (2-1/2)	267	381
78 (3)	330	457
91 (3-1/2)	381	533
103 (4)	406	610
129 (5)	610	762
155 (6)	762	914

Nota: La designación del tubo no tiene unidades. Los valores de identificación son los correspondientes a la designación internacional. Para familiarizar con esta designación se indica entre paréntesis la designación anterior.

346-11. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de 90° (360° en total).

346-12. Soportes. El tubo (conduit) metálico tipo pesado debe instalarse como sistema completo, como establece el Artículo 300, y debe sujetarse firmemente como mínimo a cada 3 m. Además, el tubo (conduit) debe sujetarse firmemente a no más de 1 m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinete, caja de paso u otra terminación. Cuando los miembros de la estructura no permitan fácilmente sujetar el tubo (conduit) a cada metro, se permite aumentar la distancia hasta 1,5 m.

Excepción 1: Si están hechos con acoplamientos roscados, se permite soportar los tramos rectos del tubo (conduit) metálico tipo pesado según lo establecido en la Tabla 346-12, siempre que tales apoyos eviten la transmisión de esfuerzos a los extremos donde el tubo (conduit) presente un doblez entre los soportes.

Excepción 2: En soportes verticales expuestos para maquinaria industrial se permite aumentar la distancia de los soportes hasta 6 m, siempre que el tubo (conduit) tenga acoplamientos roscados, esté sujeto en los extremos y no haya otros medios de apoyo al alcance.

Excepción 3: Se permite no sujetar al tubo (conduit) a menos de 1 m de la entrada de la acometida, cuando termine en un poste sobre el piso.

Excepción 4: Se permiten tramos horizontales de tubo (conduit) metálico tipo pesado apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no mayores a 3 m y sujetos a menos de 1 m de los puntos de terminación.

346-13. Cajas y accesorios. Véase el Artículo 370.

346-14. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones deben cumplir con lo establecido en el Artículo 370.

TABLA 346-12.- Soportes para tubo (conduit) metálico tipo pesado

Tamaño o Designación	Distancia máxima entre soportes en metros
16(1/2) – 21(3/4)	3,9
27(1)	3,7
35(1-1/4) – 41(1-1/2)	4,3
53(2) – 63(2-1/2)	4,9
78(3) y mayores	6,1

C. Especificaciones de construcción

346-15. Disposiciones generales. El tubo (conduit) metálico tipo pesado debe cumplir con las siguientes especificaciones:

a) Longitudes. El tubo (conduit) metálico tipo pesado se suministra en tramos de 3 m, incluido el acoplamiento (se suministra un acoplamiento con cada tramo). El tubo (conduit) se debe escariar y roscar en sus dos extremos. Para aplicaciones o usos específicos se permite suministrar tramos más cortos o más largos de 3 m con o sin acoplamientos y con o sin rosca.

b) Material resistente a la corrosión. El tubo (conduit) de metal no ferroso resistente a la corrosión debe ir marcado adecuadamente.

c) Identificación permanente. Cada tubo (conduit) debe ir identificado de modo claro y duradero conforme lo establecido en la norma de producto.

ARTICULO 347-TUBO (CONDUIT) RIGIDO NO METALICO

A. Disposiciones generales

347-1. Descripción. El tubo rígido no metálico es una canalización de sección transversal circular de material no metálico con accesorios, aprobados para la instalación de conductores eléctricos. Debe ser resistente a la flama, a la humedad y a agentes químicos. Por encima del piso, debe ser además resistente a la propagación de la flama, resistente a los impactos y al aplastamiento, resistente a las distorsiones por calentamiento en las condiciones que se vayan a dar en servicio y resistente a las bajas temperaturas y a los efectos de la luz del Sol. Para uso subterráneo, el material debe ser aceptablemente resistente a la humedad y a los agentes corrosivos y de resistencia suficiente para soportar impactos y aplastamientos durante su manejo e instalación. En instalaciones subterráneas se permite tubo (conduit) aprobado para este objetivo en longitudes continuas de un carrete. Cuando esté diseñado para enterrarlos directamente, sin empotrarlos en concreto, el material del tubo (conduit) debe ser además capaz de soportar las cargas continuas previstas para después de su instalación.

347-2. Usos permitidos. Se permite el uso de tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero aprobado con sus accesorios, en las siguientes condiciones:

NOTA: Las temperaturas extremadamente frías pueden hacer que algún tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero se vuelva quebradizo y por tanto sea más susceptible a daños por contacto físico.

a) Ocultos. En paredes, pisos y techos.

b) En atmósferas corrosivas. En lugares expuestos a atmósferas corrosivas intensas, como se especifica en 300-6, y sometidos a productos químicos para los que estén aprobados específicamente esos materiales.

c) Escoria. Con relleno de escoria volcánica.

d) En lugares mojados. En instalaciones en centrales lecheras, lavanderías, fábricas de conservas u otros lugares mojados y en lugares en los que se laven frecuentemente las paredes, todo el sistema de conducción, incluidas las cajas y accesorios utilizados en ellos, deben estar instalados y equipados de manera que eviten que entre el agua en la tubería. Todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos, etcétera, deben ser de material resistente a la corrosión o estar protegidos por materiales aprobados como resistentes a la corrosión.

e) En lugares secos y húmedos. En los lugares secos y húmedos no prohibidos en 347-3.

f) Expuestos. Para instalaciones de tubo rígido no metálico tipo pesado, expuestas y no sometidas a daño físico, si están aprobados e identificados para dicho uso.

g) En instalaciones subterráneas. Para las instalaciones subterráneas, véanse 300-5 y 710-4(b). Debe utilizarse únicamente tubo rígido no metálico tipo pesado.

h) Soporte de cajas de paso. Se permite usar tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado como soporte de cajas de paso no metálicas y con designación no mayor que la designación nominal mayor de la canalización que entra. Las cajas de paso no deben contener dispositivos, ni soportar luminarias u otro equipo.

NOTA: El tubo (conduit) rígido no metálico tipo ligero no debe utilizarse en instalaciones expuestas.

El tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado puede utilizarse en instalaciones expuestas o no expuestas.

347-3. Usos no permitidos. No se debe utilizar tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero:

a) En áreas peligrosas (clasificadas). En las áreas peligrosas (clasificadas), excepto lo establecido en las Secciones 503-3(a), 504-20, y 515-5 y en los lugares de Clase I División 2, tal como lo permite la Excepción de 501-4(b).

b) Como soporte de luminarios. Como soporte de luminarios u otros equipos no descritos en 347-2(h).

c) Expuesto a daños físicos. Cuando esté expuesto a daños físicos, si no está aprobado para ese uso.

d) Temperatura ambiente. Cuando esté expuesto a temperaturas ambientes superiores para las que está aprobado el tubo (conduit).

e) Limitaciones de temperatura del aislamiento. Para usarlo con conductores cuya temperatura de operación exceda aquella para la cual el tubo (conduit) está aprobado.

f) En teatros y locales similares. En teatros y locales similares, excepto lo establecido en los Artículos 518 y 520.

347-4. Otros Artículos. Las instalaciones con tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando, según el Artículo 250, se requiera la puesta a tierra de los equipos, debe instalarse dentro del tubo (conduit) un conductor para la puesta a tierra de equipos.

Excepción: Como se permite en la Sección 250-57(b) Excepción 2 para instalaciones de c.c. y en la Sección 250-57(b) Excepción 3, que los conductores de puesta a tierra de equipo, se instalen independientemente de los conductores del circuito.

B. Instalación

347-5. Desbastado. Todos los extremos del tubo (conduit) deben desbastarse por dentro y por fuera para dejarlos lisos.

347-6. Uniones. Todas las uniones entre tubo (conduit) y entre tubo (conduit) y acoplamientos, cajas y accesorios, deben hacerse con un método adecuado.

347-8. Soportes. El tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero debe instalarse como sistema completo, como establece el Artículo 300 y deben soportarse como exige la Tabla 347-8. Además el tubo (conduit) no metálico debe sujetarse a no más de 1 m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, registro u otra terminación del tubo (conduit). El tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero debe sujetarse de modo que se deje holgura para los movimientos de expansión o contracción térmica.

El tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero aprobado y listado para poderlo sujetar a distancias diferentes a 1 m y a distancias diferentes de las especificadas en la Tabla 347-8, se puede utilizar de acuerdo con su diseño aprobado.

Excepción: Se permiten tramos horizontales de tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no superiores a los de la Tabla 347-8 y sujetos a menos de 1 m de los puntos de terminación.

TABLA 347-8.- Soportes de tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero

Tamaño o Designación	Separación máxima entre soportes en metros
16(1/2)	1,0
21(3/4)	1,0
27(1)	1,0
35(1-1/4)	1,5
41(1-1/2)	1,5
53(2)	1,5
63(2-1/2)	1,8
78(3)	1,8
91(3-1/2)	2,1
103(4)	2,1
129(5)	2,1
155(6)	2,4

Nota: La designación del tubo no tiene unidades. Los valores de identificación son los correspondientes a la designación internacional. Para familiarizar con esta designación se indica entre paréntesis la designación anterior.

347-9. Juntas de expansión. Cuando se espere que la expansión o contracción térmica del tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero, sea de 6 mm o mayor en un tramo recto entre elementos sujetos como cajas, gabinetes, codos u otras terminaciones del tubo (conduit), se deben instalar juntas de expansión para compensar dichas expansiones.

347-10. Designación.

a) Mínimo. No se debe utilizar tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero con designación menor que 16(1/2).

b) Máximo. No se debe utilizar tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero con designación superior a 155(6).

347-11. Número de conductores. El número de conductores en un tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero no debe exceder el por ciento de ocupación permitido en la Tabla 10-1 del Capítulo 10.

347-12. Boquillas. Cuando un tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero entre en una caja, accesorio u otra envolvente, se debe instalar una boquilla o accesorio adaptador para evitar el daño por abrasión a la cubierta de los conductores, a menos que la caja o accesorio ofrezca una protección equivalente.

NOTA: Para la protección de los conductores de tamaño nominal de 21,2 mm² (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

347-13. Curvas. Las curvas de tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero se deben hacer de modo que el tubo (conduit) no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. Cuando se hagan en obra debe utilizarse únicamente un equipo de doblar aprobado e identificado para ese uso. El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) de dichas curvas no debe ser menor que el especificado en la Tabla 346-10.

347-14. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de 90° (360° en total).

347-15. Cajas y accesorios. Las cajas y accesorios deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 370.

347-16. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones deben hacerse de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

C. Especificaciones de construcción

347-17. Disposiciones generales. El tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero debe cumplir lo siguiente:

Marcado. Cada tramo de tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado o ligero debe marcarse en forma permanente por lo menos a cada 3 m con caracteres legibles e indelebles, como establece el primer párrafo de 110-21. Las marcas deben incluir también el tipo de material, a menos que sea identificable visualmente. Se debe indicar nombre o marca del fabricante, material del que está fabricado, si es de tipo pesado o ligero, diámetro nominal y uso. Se permite marcar tubo (conduit) en la superficie para indicar características especiales del material.

NOTA: Por ejemplo, alguna de estas marcas opcionales puede ser "LS" o "SR", "resistente a los rayos solares", etcétera.

ARTICULO 348-TUBO (CONDUIT) METALICO TIPO LIGERO

A. Disposiciones generales

348-1. Definición. Un tubo (conduit) metálico tipo ligero es una canalización metálica, de sección circular, aprobada para la instalación de conductores eléctricos y como conductor de puesta a tierra de equipo cuando se instala con sus accesorios y acoplamientos, aprobados.

348-2. Otros Artículos. Las instalaciones de tubo (conduit) metálico tipo ligero deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

348-3. Usos permitidos.

a) Se permite el uso de tubo (conduit) metálico tipo ligero en instalaciones expuestas y ocultas.

b) **Protección contra la corrosión.** Se permite instalar tubo (conduit), codos, acoplamientos y accesorios de metales ferrosos y no ferrosos en concreto, en contacto directo con la tierra o en zonas sometidas a corrosión grave, si están protegidos contra la corrosión y se juzgan adecuados para esas condiciones.

c) **En lugares mojados.** Todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos, etcétera, deben ser de material resistente a la corrosión o estar protegidos por materiales resistentes contra la corrosión.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

348-4. Usos no permitidos. No se debe utilizar tubo (conduit) metálico tipo ligero:

- (1) cuando durante o después de su instalación pueda verse sometido a daño físico grave;
- (2) cuando estén protegidas contra la corrosión sólo por un esmalte;
- (3) en o bajo relleno de escoria volcánica cuando estén sometidos a humedad permanente, a menos que esté embebido en concreto sin escoria volcánica de no menos de 50 mm de espesor, o cuando el tubo (conduit) esté a no menos de 45 cm bajo relleno de escoria volcánica;
- (4) en cualquier área peligrosa (clasificada) excepto lo permitido en 502-4, 503-3 y 504-20; o
- (5) como soporte de luminarios u otros equipos, excepto cajas de paso no mayores que el tubo (conduit) de mayor designación nominal.

B. Instalación

348-5. De otros metales. Cuando sea posible se debe evitar que haya metales distintos en contacto dentro de la misma instalación, para eliminar la posibilidad de reacción galvánica. Se permite utilizar accesorios y envolventes de aluminio con tubo (conduit) de acero tipo ligero y envolventes y accesorios de acero con tubo (conduit) de aluminio de tipo ligero, cuando no esté sujeto a influencias corrosivas severas.

348-6. Designación.

a) **Mínimo.** No se debe utilizar tubo (conduit) metálico tipo ligero con designación nominal menor que 16 (1/2).

Excepción: Para cables de control de motores, como se permite en 430-145(b).

b) **Máximo.** No debe haber tubo (conduit) metálico tipo ligero con designación nominal mayor que 103 (4).

348-7. Número de conductores en el tubo conduit. El número de conductores en un tubo (conduit) no debe exceder el porcentaje de ocupación permitido en la Tabla 10-1, Capítulo 10.

348-8. Rosca y desbastado. El tubo (conduit) metálico tipo ligero no debe roscarse. Cuando se utilicen acoplamientos integrados, dichos acoplamientos se deben roscar en fábrica. Todos los extremos del tubo (conduit) tipo ligero deben desbastarse por dentro y por fuera para eliminar los bordes filosos.

348-9. Acoplamientos y conectores. Los coples y conectores utilizados con el tubo (conduit) metálico tipo ligero deben sujetarse firmemente. Cuando estén enterrados en ladrillo u concreto, deben ser herméticos al concreto. Cuando estén en lugares mojados, deben ser de tipo hermético a la lluvia.

348-10. Curvas. Las curvas del tubo (conduit) metálico tipo ligero se deben hacer de modo que el tubo (conduit) no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) de cualquier curva hecha en obra no debe ser inferior al indicado en la Tabla 346-10.

348-11. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de 90° (360° en total).

348-12. Soportes.

a) El tubo (conduit) metálico tipo ligero debe instalarse como sistema completo, como establece el Artículo 300, y debe sujetarse firmemente como mínimo a cada 3 m. Además, el tubo (conduit) debe sujetarse firmemente a no más de 1 m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinete, caja de paso u otra terminación.

Excepción 1: Cuando los miembros de la estructura no permitan fácilmente sujetar el tubo (conduit) a cada metro, se permite aumentar la distancia hasta 1,5 m.

Excepción 2: En instalaciones ocultas en edificios acabados o paneles de pared prefabricados cuando tal sujeción es impráctica, se permite instalar el tubo (conduit) metálico tipo ligero (sin acoplamientos) jalándolo por medio de una guía y fijándolo en los extremos.

b) Se permiten tramos horizontales de tubo (conduit) metálico tipo ligero soportados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no superiores a 3 m y sujetos firmemente a menos de 1 m de los puntos de terminación.

348-13. Cajas y accesorios. Las cajas y accesorios deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 370.

348-14. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones deben hacerse de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

C. Especificaciones de construcción

348-15. Disposiciones generales. El tubo (conduit) metálico tipo ligero debe cumplir con las siguientes especificaciones:

a) **Sección.** El tubo (conduit) metálico tipo ligero y los codos y otras secciones curvas que se utilicen con los mismos, deben ser de sección circular.

b) **Acabado.** El tubo (conduit) metálico tipo ligero debe tener un acabado o tratamiento en su superficie exterior que le proporcione un medio aprobado y duradero que lo distinga fácilmente, una vez instalado, de los otros tipos de tubo (conduit) metálicos.

c) **Acoplamientos.** Cuando se utilice el tubo (conduit) metálico tipo ligero con un acoplamiento integral roscado, la rosca tanto para el tubo (conduit) como para el acoplamiento deben ser hechas en fábrica. El acoplamiento debe estar diseñado de modo que evite que el tubo (conduit) metálico ligero se doble en cualquier parte de la rosca.

d) **Marcado.** El tubo (conduit) metálico tipo ligero debe ir marcado de modo claro y duradero por lo menos cada 3 m, como se exige en el primer párrafo de 110-21.

ARTICULO 349-TUBO (CONDUIT) METALICO FLEXIBLE TIPO LIGERO

A. Disposiciones generales

349-1. Alcance. Las disposiciones de este Artículo se aplican al uso, instalación y especificaciones de construcción de las canalizaciones de sección circular para conductores eléctricos, metálicas, flexibles y herméticas a los líquidos, sin cubierta no metálica, así como sus accesorios asociados.

349-2. Otros Artículos. Las instalaciones de tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300 y lo indicado en 110-21.

349-3. Usos permitidos. Se permite usar tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero en circuitos derivados:

- (1) en lugares secos,
- (2) ocultos,
- (3) en lugares accesibles, y
- (4) para instalaciones de 1 000 V máximo.

349-4. Usos no permitidos. No se debe utilizar tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero:

- (1) en cubos de elevadores,

- (2) en cuartos para almacenamiento de baterías,
- (3) en áreas peligrosas (clasificadas), a menos que se permita de alguna manera bajo otros Artículos de esta norma,
- (4) directamente enterradas o ahogadas en concreto colado o concreto agregado,
- (5) si están expuestas a daños físicos y
- (6) en tramos de más de 1,8 m.

B. Construcción e instalación

349-10. Designación.

a) Mínimo. No se debe utilizar tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero con designación nominal menor que 16 (1/2).

Excepción 1: Se permite instalar tubo (conduit) con designación nominal de 12 (3/8) según lo establecido en 300-22 (b) y (c).

Excepción 2: Se permite instalar tubo (conduit) con designación nominal de 12 (3/8) en tramos no mayores a 1,8 m como parte de un ensamble aprobado para elementos de alumbrado. Véase 410-67 c).

b) Máximo. La designación nominal máxima del tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero es de 21 (3/4).

349-12. Número de conductores

a) Tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero de 16 (1/2) y 21 (3/4). El número de conductores en un tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero con designación nominal de 16 (1/2) y 21 (3/4), no debe exceder el porcentaje de ocupación permitido en la Tabla 10-1, Capítulo 10.

b) Tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero de 12 (3/8). El número de conductores permitidos en el tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero con designación nominal de 12 (3/8), no debe exceder lo permitido en la Tabla 350-12.

349-16. Puesta a tierra. Para las reglas sobre el uso de tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero como conductor de puesta a tierra de los equipos, véase la Excepción 1 de 250-91(b).

349-17. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones deben hacerse de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

349-18. Accesorios. El tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero sólo se debe utilizar con accesorios terminales aprobados. Los accesorios deben cerrar eficazmente cualquier abertura de la conexión.

349-20. Curvas.

a) Flexiones no frecuentes en uso. Cuando el tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero, una vez instalado no esté sometido a flexiones frecuentes en uso, el radio de curvatura medido en el interior de la curva no debe ser menor que lo especificado en la Tabla 349-20(a).

TABLA 349-20(a).- Radios de curvatura de tubos con flexiones

Designación	Radio mínimo mm
12 (3/8)	250
16(1/2)	320
21(3/4)	445

Nota: La designación del tubo no tiene unidades. Los valores de identificación son los correspondientes a la designación internacional. Para familiarizar con esta designación se indica entre paréntesis la designación anterior.

b) Curvas fijas. Cuando el tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero se doble para instalarlo y ya no se requiera doblar o flexionar después de su instalación, el radio de curvatura medido en el interior de la curva no debe ser menor que lo especificado en la Tabla 349-20(b).

TABLA 349-20(b).- Radios de curvatura de tubos con curvas fijas

Designación	Radio mínimo en mm
12 (3/8)	90
16 (1/2)	100
21 (3/4)	130

Nota: La designación del tubo no tiene unidades. Los valores de identificación son los correspondientes a la designación internacional. Para familiarizar con esta designación se indica entre paréntesis la designación anterior.

ARTICULO 350 - TUBO (CONDUIT) METALICO FLEXIBLE

A. Disposiciones generales

350-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos para el uso e instalaciones con tubo (conduit) metálico flexible y sus correspondientes accesorios.

350-2. Definición. Un tubo (conduit) metálico flexible es una canalización de sección circular hecha de una banda metálica devanada helicoidalmente, preformada y engargolada.

350-3. Otros Artículos. Las instalaciones con tubo (conduit) metálico flexible deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

350-4. Usos permitidos. El tubo (conduit) metálico flexible debe estar aprobado y listado y se puede usar en lugares expuestos y ocultos.

350-5. Usos no permitidos. No se debe usar tubo (conduit) metálico flexible:

- 1) En lugares mojados, en donde haya posibilidad de que el líquido pueda entrar en las canalizaciones o envolventes a los que esté conectado el tubo.
- 2) En cubos de elevadores, excepto lo permitido en 620-21(a)(1).
- 3) En cuartos de almacenamiento de baterías.
- 4) En áreas peligrosas (clasificadas), excepto lo permitido en 501-4(b) y 504-20.
- 5) Cuando esté expuesto a materiales que puedan producir el deterioro de los conductores instalados, tales como aceite o gasolina.
- 6) Subterráneo o empotrados en concreto colado o concreto agregado.
- 7) Cuando esté expuesto a daño físico.

B. Instalación

350-10. Designación.

a) Mínimo. No debe utilizarse tubo (conduit) metálico flexible con designación nominal menor que 16 (1/2), excepto lo permitido en los siguientes incisos (1) a (5) para tubo (conduit) de 12 (3/8):

- 1) Para cables de alimentación de motores, como se permite en 430-145(b).
- 2) En tramos no mayores a 1,8 m, como parte de un ensamble aprobado y listado o en salidas para elementos de alumbrado como se permite en 410-67 c) o para equipos de utilización.
- 3) En sistemas de alambrado prefabricados como se permite en 604-6(a).
- 4) En los cubos de elevadores, como se permite en 620-21(a)(1).
- 5) Como parte de un ensamble aprobado para conectar cables de aparatos, como se permite en 410-77 c).

b) Máximo. No se debe utilizar tubo (conduit) metálico flexible con designación nominal mayor que 103 (4).

350-12. Número de conductores en el tubo (conduit). El número de conductores en un tubo (conduit) metálico flexible no debe exceder el porcentaje de ocupación permitido en la Tabla 10-1, Capítulo 10 o lo que permite la Tabla 350-12 para tubo (conduit) metálico flexible de 12 (3/8).

350-14. Unión y puesta a tierra. Se permite usar tubo (conduit) metálico flexible para puesta a tierra de equipos, según lo establecido en 250-91(b). Cuando se necesite un puente de unión alrededor de un tubo (conduit) metálico flexible, se debe hacer de acuerdo con lo establecido en 250-79.

Excepción: Se permite utilizar un tubo (conduit) metálico flexible como conductor de puesta a tierra si la longitud total del tramo es de 1,8 m o menos, si el tubo (conduit) termina en accesorios aprobados para puesta a tierra y si los conductores contenidos en el mismo están protegidos por dispositivos de sobrecorriente de 20 A nominales o menos.

Cuando se usen para conectar equipos donde se requiere cierta flexibilidad, debe instalarse un conductor de puesta a tierra de los equipos.

TABLA 350-12.- Número máximo de conductores aislados en tubo (conduit) metálico flexible con designación 12 (3/8) *

Columna **A**: Con accesorios dentro del tubo (conduit) Columna **B**: Con accesorios fuera del tubo (conduit)

Tamaño o Designación del conductor mm ² (AWG)	Tipos TF, XHHW, TW THW, THHN		Tipos TFN, THHN, THWN		Tipos FEP, FEPB	
	A	B	A	B	A	B
0,824 (18)						
1,31 (16)	3	5	5	8	5	8
2,08 (14)	3	4	4	6	4	6
3,3 (12)	2	3	3	4	3	4
5,26 (10)	1	2	2	3	2	3
	1	1	1	1	1	2

*Además está permitido un conductor adicional de puesta a tierra de equipos, del mismo tamaño o designación, con cubierta o desnudo.

350-16. Curvas. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de 90° (360° en total). Las curvas en el tubo (conduit) deben hacerse de modo que el tubo (conduit) no se dañe y que su diámetro interno no se reduzca. El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) de cualquier curva hecha en obra, no debe ser inferior al indicado en la Tabla 346-10.

350-18. Soportes. El tubo (conduit) metálico flexible debe sujetarse firmemente por medios aprobados, a menos de 0,3 m de cada caja, gabinete, caja de paso u otra terminación del tubo (conduit) y deben ir apoyados y sujetos a intervalos no mayores a 1,4 m.

Excepción 1: Cuando el tubo (conduit) metálico flexible esté sujeto por sus extremos.

Excepción 2: Tramos que no superen 1 m entre terminales, cuando sea necesaria cierta flexibilidad.

Excepción 3: Tramos que no superen 1,8 m desde una conexión terminal para conexiones de salidas para aparatos de alumbrado, como se permite en 410-67 c).

Se permite el uso de tubo (conduit) metálico flexible instalado horizontalmente que esté soportado por aberturas a través de los miembros de la estructura a intervalos menores a 1,4 m y sujeto firmemente a menos de 30 cm de los puntos de terminación.

350-20. Accesorios. Los accesorios utilizados con tubo (conduit) metálico flexible deben estar aprobados. No deben utilizarse conectores angulares para instalaciones en canalizaciones ocultas.

350-22. Desbastado. Todos los extremos del tubo (conduit) deben desbastarse por dentro y por fuera para dejarlos lisos, excepto cuando se usen accesorios roscados.

350-24. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

ARTICULO 351 - TUBO (CONDUIT) FLEXIBLE HERMETICO A LOS LIQUIDOS METALICO Y NO METALICO

351-1. Alcance. Este Artículo cubre a instalaciones realizadas con tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos y con tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos.

A. Tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos

351-2. Definición. Un tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos es una canalización de sección circular que lleva una cubierta exterior no metálica hermética a los líquidos y resistente a la luz del Sol sobre un núcleo metálico flexible con sus acoplamientos, conectores y accesorios y aprobado para la instalación de conductores eléctricos.

351-3. Otros Artículos. La instalación con tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos debe cumplir las disposiciones correspondientes del Artículo 300 y las Secciones específicas de los Artículos 350, 501, 502, 503 y 553, a las que se hace referencia a continuación.

NOTA: En cuanto a las marcas, véase 110-21.

351-4. Usos

a) Permitidos. Se permite usar tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos en instalaciones expuestas u ocultas:

1) Cuando las condiciones de instalación, funcionamiento o mantenimiento requieran flexibilidad o protección contra líquidos, vapores o sólidos.

2) Según se permita en 501-4(b), 502-4, 503-3 y 504-20 y en otras áreas peligrosas (clasificadas) específicamente aprobados, y según se indica en 553-7(b).

3) Enterrado directamente, cuando esté aprobado e identificado para ese uso.

b) No permitidos. No se debe usar tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos:

1) Cuando esté expuesto a daños físicos.

2) Cuando cualquier combinación de temperatura ambiente y temperatura de los conductores pueda producir una temperatura de funcionamiento superior a aquella para la cual está aprobado el material.

351-5. Designación.

a) Mínimo. No se debe utilizar tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos con designación inferior a 16 (1/2).

Excepción: Se permite instalar tubo (conduit) de sección comercial de 12 (3/8) según lo establecido en 350-10 (a).

b) Máximo. La designación máxima del tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos es de 103 (4).

351-6. Número de conductores

a) Un solo tubo (conduit). El número de conductores permitido en un solo tubo (conduit) con designación de 16(1/2) a 103(4) no debe exceder el porcentaje de ocupación permitido en la Tabla 10-1, Capítulo 10.

b) Tubo (conduit) de 12(3/8). El número de conductores permitidos en un tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos de 12(3/8) no debe exceder lo permitido en la Tabla 350-12.

351-7. Accesorios. Los accesorios utilizados con tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos deben ser aprobados. No deben utilizarse conectores angulares para instalaciones en canalizaciones ocultas.

351-8. Soportes. El tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos, debe sujetarse firmemente de acuerdo a lo siguiente:

a) A intervalos no mayores a 1 m y a menos de 30 cm de cada lado de cada caja de salida, cajas de terminales, gabinetes o accesorios y debe sujetarse a intervalos no mayores a 1,4 m.

b) No se requiere sujetar el tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos cuando se instale en longitudes mayores jalándolo por medio de una guía y fijándolo en los extremos, o en tramos que no superen 1 m entre terminales cuando sea necesaria cierta flexibilidad, o en tramos que no superen los 1,8 m desde una caja terminal de un luminario para conductores derivados hasta el luminario o accesorios de éste, como lo permite 410-67(c).

c) Se permiten tramos horizontales de tubo (conduit) no metálico flexible y hermético a los líquidos apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no mayores a 1,4 m y sujetos firmemente a menos de 30 cm de los puntos de terminación.

351-9. Puesta a tierra. Se permite usar un tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos para puesta a tierra de equipos, según lo establecido en 250-91(b). Cuando se necesite un puente de unión alrededor de un tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos, se debe hacer de acuerdo con lo establecido en 250-79.

Excepción: Se permite utilizar un tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos como medio de puesta a tierra, si la longitud total del tramo de tierra es de 1,8 m o menos, si el tubo (conduit) termina en accesorios aprobados y listados para puesta a tierra y si los conductores contenidos en el mismo están protegidos por dispositivos de sobrecorriente de 20 A nominales o menos para tubo (conduit) con designación de 12(3/8) y 16(1/2) y de 60 A o menos para tubo (conduit) con designación desde 21(3/4) hasta 35 (1 ¼).

Cuando se usen para conectar equipo con cierta flexibilidad, debe instalarse un conductor de puesta a tierra del equipo.

NOTA: Para los tipos de conductores de puesta a tierra de equipo, véanse las Secciones 501-16(b), 502-16(b) y 503-16(b).

351-10. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de 90° (360° en total). Las curvas en el tubo (conduit) deben hacerse de modo que el tubo (conduit) no se dañe y que su diámetro interno no se reduzca. El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) de cualquier curva hecha en obra, no debe ser inferior al indicado en la Tabla 346-10.

351-11. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

B. Tubo (conduit) no metálico flexible y hermético a los líquidos

351-22. Definición. Un tubo (conduit) no metálico flexible y hermético a los líquidos es una canalización de sección circular de uno de los siguientes tipos:

- 1) Con un núcleo interior liso y sin costuras, con una cubierta adherida al núcleo y teniendo una o más capas de refuerzo entre el núcleo y la cubierta.
- 2) Una superficie interior lisa con refuerzo integral dentro de la pared del tubo (conduit).
- 3) Una superficie corrugada por dentro y por fuera sin refuerzo integral dentro de la pared del tubo (conduit).

Este tubo (conduit) debe ser resistente a la flama y aprobado, junto con sus accesorios, para la instalación de conductores eléctricos.

351-23. Usos

a) Permitidos. Se permite usar tubo (conduit) no metálico flexible y hermético a los líquidos en instalaciones expuestas u ocultas:

NOTA: Las temperaturas muy bajas pueden hacer que algunos tubos (conduit) no metálicos se vuelvan quebradizos y por tanto sean más susceptibles de daños por contacto físico.

- 1) Cuando se necesite flexibilidad de instalación, funcionamiento o mantenimiento.
- 2) Cuando haya que proteger a los conductores de vapores, líquidos o sólidos.
- 3) En instalaciones en exteriores cuando esté aprobado y marcado para ese uso.

NOTA: Para los requisitos del marcado, véase 110-21.

- 4) Enterrado directamente cuando esté aprobado e identificado para ese uso.
- 5) Se permite que el tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos, se instale en tramos mayores de 1,8 m si están sujetos de acuerdo con lo indicado en 351-27 o cuando se apruebe una longitud superior a 1,8 m para obtener el grado requerido de flexibilidad.
- 6) Como un conjunto precableado en fábrica y aprobado con designaciones de 16 (1/2) a 27 (1) para el tipo de tubo definido en 351-22 (2).

b) No permitidos. No se debe usar tubo (conduit) no metálico flexible y hermético a los líquidos:

- 1) Cuando esté expuesto a daño físico.
- 2) Cuando cualquier combinación de temperatura ambiente y de los conductores pueda producir una temperatura de funcionamiento superior a aquella para la cual está aprobado el material.

3) En tramos mayores de 1,8 m, excepto lo que se permite en la Sección 351-23(a)(5).

4) Cuando la tensión eléctrica entre los conductores contenidos en el tubo (conduit) sea mayor que 600 V nominales.

Excepción: Lo permitido en 600-32(a) Excepción para anuncios luminosos de más de 600 V.

351-24. Designación. El tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos debe ser con designación de 16(1/2) a 103(4).

Excepción 1: Se permite instalar tubo (conduit) con designación de 12(3/8) según lo establecido en 430-145(b).

Excepción 2: Se permite instalar tubo (conduit) con designación de 12(3/8) en tramos no superiores a 1,8 m como parte de un ensamble aprobado y listado para elementos de alumbrado, según 410-67 c), o para equipos de utilización.

Excepción 3: El tubo (conduit) con designación de 12(3/8) para conductores de anuncios luminosos en aisladores según se establece en 600-32 a).

351-25. Número de conductores. El número de conductores permitidos en un tubo (conduit) individual debe cumplir el porcentaje de ocupación permitido en la Tabla 10-1, Capítulo 10.

351-26. Accesorios. Los accesorios utilizados con tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos deben ser aprobados. No deben utilizarse conectores angulares para instalaciones en canalizaciones ocultas.

351-27. Soportes. El tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos, tal como se define en 351-22(2), debe sujetarse firmemente de acuerdo a lo siguiente:

a) A intervalos no mayores a 1 m y a menos de 30 cm de cada lado de cada caja de salida, cajas de terminales, gabinetes o accesorios.

b) No se requiere sujetar el tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos cuando se instale en longitudes mayores jalándolo por medio de una guía y fijándolo en los extremos, o en tramos que no superen 1 m entre terminales cuando sea necesaria cierta flexibilidad, o en tramos que no superen los 1,8 m desde una caja terminal hasta el luminario o accesorio de éste, como lo permite 410-67(c).

c) Se permiten tramos horizontales de tubo (conduit) no metálico flexible y hermético a los líquidos apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no mayores a 1 m y sujetos firmemente a menos de 30 cm de los puntos de terminación.

351-28. Puesta a tierra de equipos. Cuando sea necesario instalar un conductor de puesta a tierra de equipos para circuitos instalados en tubo (conduit) no metálico flexible y hermético a los líquidos, se permite instalarlo dentro o fuera del tubo (conduit). Cuando se instale fuera, la longitud del conductor de puesta a tierra de los equipos no debe superar 1,8 m y debe seguir el mismo camino que la canalización o cubierta. Los accesorios y cajas deben ser puestos a tierra o unirse, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250.

351-29. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

351-30. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de 90° (360° en total). Las curvas en el tubo (conduit) deben hacerse de modo que el tubo (conduit) no se dañe y que su diámetro interno no se reduzca. El radio de curvatura al centro del tubo (conduit) de cualquier curva hecha en obra, no debe ser inferior al indicado en la Tabla 346-10.

ARTICULO 352 - CANALIZACIONES SUPERFICIALES METALICAS Y NO METALICAS

A. Canalizaciones superficiales metálicas

352-1. Usos.

a) Usos permitidos. Se permite el uso de canalizaciones superficiales metálicas en:

- (1) lugares secos;
- (2) en las áreas peligrosas (clasificadas) de Clase I División 2, como se permite en 501-4(b) Excepción;
- (3) Por debajo de pisos elevados (pisos falsos), como se permite en la Sección 645-5(d)(2).

b) Usos no permitidos. No se permite utilizar canalizaciones superficiales metálicas:

- (1) cuando estén expuestas a daños físicos severos, si no están aprobadas para ello;
- (2) cuando en la canalización la tensión eléctrica entre conductores sea de 300 V o mayor, a menos que el metal tenga un espesor no menor que 1 mm;

- (3) cuando estén expuestas a vapores corrosivos;
- (4) en los cubos de los elevadores;
- (6) en instalaciones ocultas, excepto lo permitido en 352-1(a)(3).

NOTA: Véase en el Artículo 100 la definición de "Expuesto (aplicado a métodos de alambrado)".

352-2. Otros Artículos. Las canalizaciones superficiales metálicas deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

352-3. Tamaño o designación nominal de los conductores. En una canalización superficial metálica no se deben instalar conductores de mayor tamaño nominal de aquellos para los cuales esté diseñada la canalización.

352-4. Número de conductores en las canalizaciones. El número de conductores instalados en cualquier canalización superficial metálica no debe ser mayor que aquel para el que está diseñada la canalización.

Los factores de ajuste para las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V, de la Sección 310-15(g)(1), no aplican a los conductores instalados en canalizaciones superficiales metálicas, si se cumplen los requisitos siguientes:

- (1) el área de la sección transversal de la canalización es mayor que 2 600 mm²;
- (2) los conductores portadores de corriente no son más de 30;
- (3) la suma de las áreas de la sección transversal de todos los conductores contenidos no supera 20% de la correspondiente de la canalización.

352-5. Extensiones a través de paredes y pisos. Se permite que las canalizaciones superficiales metálicas pasen a través de paredes, ladrillos y pisos secos, respectivamente, si el tramo que atraviesa estos elementos es continuo. A ambos lados de la pared, tabique o piso se debe mantener el acceso a los conductores.

352-6. Combinación en canalizaciones. Cuando se utilicen las canalizaciones superficiales metálicas para circuitos de señalización, de alumbrado y de fuerza, los distintos sistemas deben ir en compartimentos independientes, identificando los circuitos en su interior. En toda la instalación debe mantenerse la misma posición relativa de esos compartimentos.

352-7. Empalmes y derivaciones. Se permite hacer empalmes y derivaciones en las canalizaciones superficiales metálicas que tengan tapa removible accesible después de la instalación. En ese punto, los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal interior de la canalización. En las canalizaciones metálicas superficiales sin tapa removible, los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en cajas de terminales. Todos los empalmes y derivaciones se deben hacer con accesorios aprobados.

352-8. Disposiciones generales. Las canalizaciones superficiales metálicas deben estar construidas de modo que se distingan de otras canalizaciones. Estas canalizaciones y sus codos, acoplamientos y accesorios similares deben estar diseñados de modo que sus partes se puedan conectar eléctrica y mecánicamente e instalar sin que sus cables estén expuestos a la abrasión.

Cuando se utilicen en las canalizaciones superficiales metálicas tapas y accesorios no metálicos, éstos deben estar aprobados e identificados para dicho uso.

352-9. Puesta a tierra. Las cubiertas de canalizaciones superficiales metálicas que sirvan como paso a otro método de alambrado deben tener un medio para conexión de puesta a tierra de equipo.

B. Canalizaciones superficiales no metálicas

352-21. Descripción. La parte B de este Artículo debe aplicarse a un tipo de canalización superficial no metálica y de accesorios de material no metálico resistente a la humedad y a las atmósferas químicas. También debe ser resistente a la propagación de la flama, resistente a impactos y aplastamientos, resistente a las distorsiones por calentamiento en las condiciones que se vayan a dar en servicio y resistente a las bajas temperaturas. Se permite identificar las canalizaciones superficiales no metálicas con baja emisión de humos, resistencia a la propagación de incendio y baja acidez con el sufijo LS.

352-22. Uso.

a) Usos permitidos. Se permite el uso de canalizaciones superficiales no metálicas en:

- (1) lugares secos;
- (2) en las áreas peligrosas (clasificadas) de Clase I División 2, como se permite en 501-4(b) Excepción;

b) Usos no permitidos. No deben utilizarse las canalizaciones superficiales no metálicas en:

- (1) en instalaciones ocultas;
- (2) si están expuestas a daños físicos severos;
- (3) cuando exista una tensión eléctrica entre conductores de 300 V o más, a menos que esté aprobada para una tensión eléctrica más alta;
- (4) en los cubos de los elevadores;
- (5) cuando estén expuestas a temperaturas que superen aquellas para las que está aprobada la canalización;
- (6) para conductores cuyos límites de temperatura de aislamiento superen la temperatura para la que está aprobada la canalización.

352-23. Otros Artículos. Las canalizaciones superficiales no metálicas deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando el Artículo 250 exija poner a tierra al equipo, debe instalarse en la canalización un conductor independiente de puesta a tierra de equipo.

352-24. Tamaño o designación nominal de los conductores. En una canalización superficial no metálica no se deben instalar conductores de mayor tamaño nominal que el diseñado para la canalización.

352-25. Número de conductores en las canalizaciones. El número de conductores instalados en cualquier canalización superficial no metálica, no debe ser superior a aquel para el que está diseñada la canalización.

352-26. Combinación en canalizaciones. Cuando se utilicen las canalizaciones superficiales no metálicas para circuitos de señalización, de alumbrado y de fuerza, los distintos sistemas deben ir en compartimentos independientes identificando los circuitos en su interior. En toda la instalación debe mantenerse la misma posición relativa de esos arreglos.

352-27. Disposiciones generales. Las canalizaciones superficiales no metálicas deben estar construidas de modo que se distingan de otras canalizaciones. Estas canalizaciones y sus codos, acoplamientos y accesorios similares deben estar diseñados de modo que sus partes puedan conectarse eléctrica y mecánicamente e instalarse sin que sus cables estén expuestos a la abrasión.

352-28. Extensiones a través de paredes y pisos. Se permite que las canalizaciones superficiales metálicas pasen a través de paredes, ladrillos y pisos secos, respectivamente, si el tramo que atraviesa estos elementos es continuo. A ambos lados de la pared, tabique o piso se debe mantener el acceso a los conductores.

352-29. Empalmes y derivaciones. Se permite hacer empalmes y derivaciones en las canalizaciones superficiales no metálicas que tengan tapa removible y accesible después de su instalación. En ese punto, los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal interior de la canalización. En las canalizaciones no metálicas superficiales sin tapa removible, los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en cajas de conexiones. Todos los empalmes y derivaciones se deben hacer por métodos aprobados.

C. Canal tipo columna

352-40. Descripción. La parte C de este Artículo debe aplicarse al canal tipo columna y sus accesorios, hechos de metal resistente a la humedad o protegido contra la corrosión y que se estime adecuado para esas condiciones. Se permite que estas canalizaciones con tapa a presión removible estén galvanizadas o sean de acero inoxidable, acero esmaltado o recubierto de PVC o de aluminio. Sus tapas pueden ser metálicas o no metálicas.

352-41. Usos permitidos. Se permite instalar canal tipo columna en:

- (1) en instalaciones expuestas;
- (2) en lugares húmedos;
- (3) en las áreas peligrosas (clasificadas) de Clase I División 2, como se permite en 501-4(b) excepción;
- (4) en lugares expuestos a vapores corrosivos, cuando estén protegidas por un acabado que se estime adecuado para esas condiciones;
- (5) en instalaciones cuya tensión eléctrica sea de 600 V o menos;
- (6) como postes eléctricos;
- (7) que las canalizaciones tipo columna pasen a través de paredes, ladrillos y pisos secos, respectivamente, si el tramo que atraviesa estos elementos es continuo. A ambos lados de la pared, tabique o piso se debe mantener el acceso a los conductores; y

(8) canalizaciones ferrosas tipo columna y accesorios protegidos con esmalte contra la corrosión, solamente en interiores y en lugares no sometidos a condiciones corrosivas severas.

352-42. Usos no permitidos. No está permitido utilizar canal tipo columna:

(1) en instalaciones ocultas

352-43. Otros Artículos. Las instalaciones de canal tipo columna deben cumplir las disposiciones aplicables de los Artículos 250 y 300.

352-44. Tamaño o designación nominal de los conductores. En un canal tipo columna no deben instalarse conductores de mayor tamaño nominal que el diseñado para la canalización.

352-45. Número de conductores en una canalización. El número de conductores permitido en un canal tipo columna no debe superar los porcentajes de la Tabla 352-45 ni las dimensiones del diámetro exterior (DE) de los cables de los tipos y tamaño nominales dados en las Tablas del Capítulo 10.

No se debe aplicar a los conductores instalados en un canal tipo columna los factores de ajuste de la Sección 310-15(g)(1) para las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V, si no se dan todas las siguientes condiciones:

(1) si el área de la sección transversal de la canalización es superior a 2 600 mm²;

(2) los conductores portadores de corriente no son más de 30;

(3) la suma de las áreas de la sección transversal de todos los conductores contenidos no supera 20% de la correspondiente de la canalización.

Comentario: Fórmula de la superficie ocupada por los cables:

$$N = \frac{AC}{AW}$$

Donde:

N= Número de conductores.

AC= Área de la sección transversal del canal en mm².

AW= Área de la sección transversal del conductor en mm².

TABLA 352-45.- Sección del canal y diámetro del área interior

Tamaño de la canalización en cm	Superficie (mm ²)	40% superficie (mm ²)	25% superficie (mm ²)
4,2 x 2,1	570	230	140
4,2 x 2,5	740	300	185
4,2 x 3,5	1 080	430	270
4,2 x 4,2	1 310	520	330
4,2 x 6,2	2 045	820	510
4,2 x 8,3	2 780	1 110	695
3,8 x 1,9	550	220	135
3,8 x 3,8	1 180	470	295
3,8 x 4,8	1 485	595	370
3,8 x 7,6	2 490	995	620

Observaciones:

1. Para calcular el número de conductores permitidos, en las canalizaciones con uniones externas se toma un 40%.
2. Para calcular el número de conductores permitidos, en las canalizaciones con uniones internas se toma un 25%.

352-46. Extensiones a través de paredes y pisos. Se permite que tramos continuos de canal tipo columna se extiendan a través de paredes, tabiques y pisos si las tiras de la cubierta se pueden quitar desde los dos lados y la parte de la canalización que atraviesa la pared, tabique o piso permanece cubierta.

352-47. Soportes de canal tipo columna.

a) Instalación superficial. Un canal tipo columna debe sujetarse a la superficie sobre la que va instalado mediante abrazaderas externas al canal a intervalos que no superen 3 m y a menos de 30 cm de cada caja de salida, gabinete, caja de paso o cualquier otra terminación del canal.

b) Instalación suspendida. Se permite instalar el canal tipo columna suspendido en el aire por medio de accesorios aprobados diseñados para ese uso y a intervalos que no superen 3 m.

352-48. Empalmes y derivaciones. Se permite hacer en el canal tipo columna empalmes y derivaciones que sean accesibles después de su instalación a través de una tapa desmontable. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal del canal en ese punto. Todos los empalmes y derivaciones deben hacerse con accesorios aprobados.

352-49. Disposiciones generales. El canal tipo columna debe estar construido de modo que se distinga de otras canalizaciones. Estas canalizaciones y sus codos, acoplamientos y accesorios similares deben estar diseñados de modo que sus partes se puedan conectar eléctrica y mecánicamente e instalar sin que sus cables estén expuestos a la abrasión.

Cuando se use en canal tipo columna metálico abrazaderas de sujeción y accesorios de material no metálico, deben estar aprobados e identificados para dicho uso.

352-50. Puesta a tierra. Las envolventes de canalizaciones superficiales metálicas que sirvan como transición a otro método de alambrado, deben tener un medio para conectar un conductor de puesta a tierra de equipo. Se permite utilizar el canal tipo columna como conductor de puesta a tierra de equipo de acuerdo con lo indicado en 250-91(b)(10). Cuando se utilice una tapa metálica a presión en un canal tipo columna, para conseguir la continuidad eléctrica de acuerdo con sus valores especificados, no se permite utilizar esa tapa como medio de continuidad eléctrica de cualquier receptáculo montado en la misma.

352-51. Marcado. Todos los tramos del canal tipo columna deben marcarse de modo claro y duradero, según requiere la primera frase de la Sección 110-21.

ARTICULO 353 - ENSAMBLE DE RECEPTACULOS MULTIPLES

353-1. Otros Artículos. Un ensamble de receptáculos múltiples debe cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

353-2. Uso.

a) Usos permitidos. Se permite el uso del ensamble de receptáculos múltiples en:

- (1) lugares secos.
- (2) en áreas peligrosas (clasificadas) de Clase I División 2, como se permite en 501-4(b) excepción;
- (3) Se permite que un ensamble metálico de receptáculos múltiples pueda estar empotrado dentro de las paredes del edificio o empotrar un ensamble no metálico de receptáculos múltiples en el zoclo.

b) Usos no permitidos. No se deben instalar en:

- (1) lugares ocultos, excepto lo permitido en 353-2(a)(3);
- (2) cuando estén expuestos a daño físico;
- (3) cuando la tensión eléctrica entre conductores sea de 300 V o más, excepto si el ensamble es de metal y tiene un espesor no menor que 1 mm;
- (4) si están expuestos a vapores corrosivos;
- (5) en los cubos de los elevadores;
- (6) en áreas peligrosas (clasificadas), excepto lo indicado en 353-2(a)(2).

353-3. Ensamble de receptáculos múltiples metálicos a través de paredes divisorias. Se permite prolongar un ensamble de receptáculos múltiples metálico a través de una pared divisoria (pero no tenderlos por el interior de la misma), si se instalan de modo que pueda quitarse la tapa o tapas de todas las partes expuestas y ningún receptáculo quede en el interior de la pared.

ARTICULO 354-CANALIZACIONES BAJO EL PISO

354-1. Otros Artículos. Las canalizaciones bajo el piso deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

354-2. Uso.

a) Usos permitidos. Se permite instalar canalizaciones bajo el piso en:

(1) debajo de la superficie de concreto u otro material del piso en edificios de oficinas, siempre que queden a nivel con el piso de concreto y cubiertas por linóleo u otro revestimiento equivalente.

(2) en áreas peligrosas (clasificadas), como se permite en la Sección 504-20 y en los lugares de Clase I División 2, como se permite en 501-4(b) excepción;

b) Usos no permitidos. No se deben instalar canalizaciones bajo el piso en:

(1) donde puedan estar expuestas a vapores corrosivos;

(2) en áreas peligrosas (clasificadas), excepto lo permitido en la Sección 354-2(a)(2).

(3) No se deben instalar canalizaciones de metales ferrosos o no ferrosos, cajas de conexiones ni accesorios en concreto ni en zonas expuestas a la influencia de factores corrosivos severos; a menos que estén hechas de un material adecuado para esas condiciones o que estén protegidas contra la corrosión a un nivel aprobado para esas condiciones.

354-3. Cubiertas. Las cubiertas de las canalizaciones deben cumplir con los siguientes incisos.

a) Canalizaciones de no más de 10 cm de ancho. Las canalizaciones semicirculares con la parte superior plana, de no más de 10 cm de ancho, deben tener una cubierta de concreto o madera con espesor no menor que 20 mm sobre la canalización.

Excepción: Lo permitido en los siguientes incisos (c) y (d) para canalizaciones con la parte superior plana.

b) Canalizaciones de más de 10 cm, pero de no más de 20 cm de ancho. Las canalizaciones con la parte superior plana, de más de 10 cm, pero no más de 20 cm de ancho, con una separación mínima entre canalizaciones de 25 mm, deben cubrirse con concreto de un espesor no menor que 25 mm. Las canalizaciones con una separación menor que 25 mm deben cubrirse con concreto de un espesor no menor que 38 mm.

c) Canalizaciones de tipo zanja a nivel con el concreto. Se permite que las canalizaciones de tipo zanja con tapas removibles queden al nivel de la superficie del piso. Dichas canalizaciones aprobadas deben estar diseñadas de modo que la lámina de las tapas les proporcionen una protección mecánica y una rigidez adecuadas y equivalentes a las tapas de las cajas de empalme.

d) Otras canalizaciones a nivel con el concreto. En edificios de oficinas se permite instalar canalizaciones aprobadas con parte superior metálica y plana, de no más de 10 cm de ancho, a nivel con la superficie del piso de concreto, siempre que estén cubiertas con una capa considerable de linóleo o similar, de espesor no menor que 1,6 mm. Cuando se instale a nivel con el concreto más de una canalización, pero no más de tres, deben situarse una al lado de otra y unirse de modo que formen un ensamble rígido.

354-4. Tamaño o designación nominal de conductores. En las canalizaciones subterráneas no se deben instalar conductores de tamaño nominal mayor que aquel para el que está diseñado la canalización.

354-5. Número máximo de conductores en una canalización. La suma del área de la sección transversal de todos los conductores o cables en una canalización no debe exceder 40% de la sección transversal interior de la canalización.

354-6. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones se deben hacer únicamente en cajas de empalme.

Para los fines de esta Sección, el alambrado tipo anillo (conductores continuos no seccionados que conectan varios receptáculos individuales) no se consideran empalmes ni derivaciones.

Excepción: Se permiten empalmes y derivaciones en canalizaciones de tipo zanja a nivel con el piso, que tengan tapa removible y sean accesibles después de la instalación. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal interior de la canalización en ese punto.

354-7. Salidas fuera de servicio. Cuando una salida se abandone, se elimine o deje de utilizarse, los conductores del circuito que suministraban energía a la salida deben quitarse de la canalización. No se permite que haya en las canalizaciones empalmes o conductores aislados con cinta, como sería el caso de las salidas fuera de servicio en los alambrados tipo anillo.

354-8. En línea recta. Las canalizaciones subterráneas deben hacerse de modo que si se traza una línea recta que una el centro de una caja de empalme con el centro de la siguiente caja de empalme, coincida con el eje central del sistema de canalización. Las canalizaciones se deben sujetar firmemente de tal modo que no pierdan la alineación durante la construcción.

354-9. Marcas en los extremos. En el extremo de cada tramo recto de una canalización o lo más cerca posible del mismo, se debe localizar una marca adecuada que permita localizar la última inserción.

354-10. Extremos finales. Los extremos finales de las canalizaciones deben cerrarse.

354-13. Cajas de terminales. Las cajas de terminales deben instalarse a nivel con el piso y sellarse para evitar la entrada de agua o concreto. Las cajas de terminales que se utilicen con canalizaciones metálicas deben ser metálicas y no perder la continuidad eléctrica con la canalización.

354-14. Insertos. Los insertos deben situarse a nivel con el piso y sellarse para evitar la entrada de concreto. Los insertos utilizados en canalizaciones metálicas deben ser metálicos y mantener la continuidad eléctrica con la canalización. Los insertos colocados en o sobre canalizaciones de fibra antes de tapar el piso, deben sujetarse mecánicamente a la canalización. Los insertos colocados en canalizaciones de fibra después de tapar el piso, deben atornillarse a la canalización. Cuando se corten las paredes de la canalización, y se coloquen los insertos, debe evitarse que virutas y otras partículas y basura queden dentro de la canalización y las herramientas que se empleen deben estar diseñadas de modo que no entren en la canalización y no dañen a los conductores que ya estuvieran instalados.

354-15. Conexiones con gabinetes y salidas de pared. Las conexiones de las canalizaciones con los centros de distribución y salidas de pared, se deben hacer por medio de tubo (conduit) metálico, tipo pesado, semipesado o ligero y accesorios aprobados, o puede utilizarse tubo (conduit) metálico flexible cuando no esté instalado en concreto. Cuando un sistema subterráneo de canalizaciones metálicas esté provisto de un conductor de puesta a tierra para equipo con terminales, se permite utilizar tubo (conduit) no metálico rígido, tipo pesado, ligero, o puede utilizarse tubo (conduit) no metálico flexible y herméticos a los líquidos cuando no esté instalado en concreto.

ARTICULO 356-CANALIZACIONES EN PISOS METALICOS CELULARES

356-1. Definiciones. Para los propósitos de este Artículo, una "canalización en piso metálico celular" se define como los espacios huecos de los pisos metálicos celulares, junto con los accesorios adecuados, que se puedan aprobar como envolvente para conductores eléctricos. Una "celda" se define como un espacio sencillo, de forma tubular y cerrado en una sección del piso metálico celular, cuyo eje es paralelo al de la sección del piso metálico. Un "cabezal" se define como una canalización transversal para conductores eléctricos que da acceso a determinadas celdas de un piso metálico celular, permitiendo así el tendido de conductores eléctricos desde un centro de distribución hasta las celdas.

356-2. Usos

a) Usos permitidos. Se permite instalar conductores eléctricos en canalizaciones en pisos metálicos celulares:

(1) en áreas peligrosas (clasificadas), como se permite en la Sección 504-20 y en los lugares de Clase I División 2, como se permite en 501-4(b) excepción;

(2) en estacionamientos públicos para salidas en el techo o extensiones por debajo del piso.

b) Usos no permitidos. No deben instalarse conductores eléctricos en canalizaciones en pisos metálicos celulares:

(1) si están expuestos a vapores corrosivos;

(2) en áreas peligrosas (clasificadas) excepto lo permitido en la Sección 356-2(a)(1);

(3) en estacionamientos públicos, en salidas por encima del piso (ver 356-2(a)(2)).

NOTA: Para la instalación de conductores con otros sistemas, véase 300-8.

356-3. Otros Artículos. Las canalizaciones en pisos metálicos celulares deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

A. Instalación

356-4. Tamaño o designación nominal de los conductores. No deben instalarse conductores de tamaño nominal mayor que 53,5 mm² (1/0 AWG).

356-5. Número máximo de conductores en una canalización. La suma del área de la sección transversal de todos los conductores o cables en una canalización no debe superar 40% del área de la sección transversal interior de la celda o del cabezal.

356-6. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en las unidades de acceso a los cabezales o en cajas de empalme.

Para los propósitos de esta Sección, se considera que los llamados alambrados tipo anillo (conductores continuos que conectan distintas salidas sin ser seccionados) no se consideran empalmes ni derivaciones.

356-7. Salidas fuera de servicio. Cuando una salida quede fuera de servicio, se elimine o se deje de utilizar, los conductores del circuito que suministraban energía a la salida deben quitarse de la canalización. No se permite que en las canalizaciones haya empalmes o conductores aislados con cinta, como sería el caso de las salidas abandonadas en los alambrados tipo anillo.

356-8. Marcadores. Para la localización de las celdas en el futuro debe instalarse un número adecuado de marcadores.

356-9. Cajas de empalme. Las cajas de empalme se deben instalar a nivel con el piso y sellar para evitar la entrada de agua o concreto. Las cajas de empalme que se utilicen con canalizaciones metálicas deben ser metálicas y no perder la continuidad eléctrica con la canalización.

356-10. Insertos. Los insertos deben situarse a nivel con el piso y sellarse para evitar la entrada de concreto. Los insertos utilizados en canalizaciones metálicas deben ser metálicos y mantener la continuidad eléctrica con la canalización. Cuando se corten las paredes de la canalización, y se coloquen los insertos, debe evitarse que virutas y otras partículas y basura queden dentro de la canalización y las herramientas que se empleen deben estar diseñadas de modo que no entren en la canalización y no dañen a los conductores que ya estuvieran instalados.

356-11. Conexiones desde las celdas con gabinetes y extensiones. Las conexiones de las canalizaciones con los centros de distribución y salidas de pared, se deben hacer por medio de tubo (conduit) metálico, tipo pesado, semipesado o ligero y accesorios aprobados, o puede utilizarse tubo (conduit) metálico flexible cuando no esté instalado en concreto. Cuando existe un conductor de puesta a tierra para equipo con terminales, se permite utilizar tubo (conduit) no metálico rígido, tipo pesado, ligero o puede utilizarse tubo (conduit) no metálico flexible y hermético a los líquidos cuando no esté instalado en concreto.

B. Especificaciones de construcción

356-12. Disposiciones generales. Las canalizaciones en pisos metálicos celulares deben estar construidas de modo que se asegure la adecuada continuidad eléctrica y mecánica de todo el sistema y deben brindar un encerramiento completo para los conductores. Sus superficies interiores deben estar libres de rebabas y bordes cortantes y las superficies sobre las que se tiendan los conductores deben estar lisas. Cuando los conductores pasen a través de una canalización se deben instalar boquillas o accesorios adecuados con bordes lisos redondeados.

ARTICULO 358-CANALIZACIONES EN PISOS DE CONCRETO CELULAR

358-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos de las canalizaciones en pisos de concreto celular, en los espacios huecos de los pisos construidos con baldosas prefabricadas de concreto celular y sus accesorios metálicos diseñados para permitir el acceso a las celdas del piso.

358-2. Definiciones. Una "celda" se define como un espacio sencillo, cerrado y tubular en un piso hecho de baldosas prefabricadas de concreto celular, cuyo eje es paralelo a la dirección del miembro del piso. Un "cabezal" se define como una canalización metálica transversal para conductores eléctricos que da acceso a determinadas celdas de un piso de concreto celular, permitiendo así el tendido de conductores eléctricos desde un centro de distribución hasta las celdas.

358-3. Otros Artículos. Las canalizaciones en pisos de concreto celular deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

358-4. Usos no permitidos. No se deben instalar conductores eléctricos en canalizaciones en pisos de concreto celular prefabricado: (1) si están expuestos a vapores corrosivos; (2) en áreas peligrosas (clasificadas), excepto lo permitido en 504-20 y en lugares de Clase I División 2, como se permite en la Excepción de 501-4(b), ni (3) en estacionamientos públicos, excepto para salidas en el techo o extensiones por debajo del piso, pero no por encima.

NOTA: Para la instalación de conductores con otros sistemas, véase 300-8.

358-5. Cabezales. Los cabezales se deben instalar en línea recta y perpendiculares a las celdas. Los cabezales se deben sujetar mecánicamente a la parte superior del piso prefabricado de concreto celular. Las juntas de los extremos se deben cerrar con un cierre metálico y sellar para impedir la entrada de concreto. El cabezal debe ser eléctricamente continuo y estar conectado equipotencialmente al envolvente del centro de distribución.

358-6. Conexiones con gabinetes y otras envolventes. La conexión de los cabezales con los gabinetes y otras envolventes se debe hacer por medio de canalizaciones metálicas aprobadas y listadas con sus accesorios igualmente aprobados y listados.

358-7. Cajas de empalme. Las cajas de empalme se deben instalar a nivel con el piso y sellar para evitar la entrada de agua o concreto. Las cajas de empalme deben ser de metal y tener continuidad mecánica y eléctrica con los cabezales.

358-8. Marcas. Para la localización de las celdas se deben instalar marcas en una cantidad adecuada.

358-9. Insertos. Los insertos deben situarse a nivel con el piso y sellarse para evitar la entrada de concreto. Los insertos deben ser metálicos y fijarse con receptáculos del tipo puesto a tierra. Un conductor de puesta a tierra debe conectar los receptáculos del inserto a la conexión de puesta a tierra del cabezal. Cuando se corten las paredes de la canalización, por ejemplo, para hacer los insertos y para otros casos (por ejemplo, para acceder a las aberturas entre el cabezal y las celdas), debe evitarse que las partículas y la suciedad queden dentro de la canalización, y debe procurarse utilizar herramientas diseñadas de modo que no entren en la canalización, para que no afecten a los cables que pudiera haber instalados.

358-10. Tamaño nominal de los conductores. No se deben instalar conductores de tamaño nominal mayor que 53,5 mm² (1/0 AWG).

358-11. Número máximo de conductores en una canalización. La suma del área de la sección transversal de todos los conductores o cables en una canalización no debe exceder 40% del área de la sección transversal interior de la celda o cabezal.

358-12. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en las unidades de acceso a los cabezales o cajas de empalmes.

Para los propósitos de esta Sección, se considera que los llamados alambrados tipo anillo (conductores continuos que conectan las distintas salidas sin ser segmentados) no son empalmes ni derivaciones.

358-13. Salidas fuera de servicio. Cuando una salida quede fuera de servicio, se elimine o se deje de utilizar, los conductores del circuito que alimentaban a la salida se deben quitar de la canalización. No se permite que haya en las canalizaciones empalmes o conductores aislados con cinta, como sería el caso de las salidas abandonadas en los alambrados tipo anillo.

ARTICULO 362 - DUCTOS METALICOS Y NO METALICOS CON TAPA

A. Ductos metálicos

362-1. Definición. Los ductos metálicos son ductos de placa metálica con tapa a presión removible, o con bisagras para alojar y proteger cables eléctricos, en los cuales se instalan los conductores después de haber instalado el ducto como un sistema completo.

362-2. Uso. Sólo se permite usar los ductos metálicos en instalaciones expuestas. Los ductos metálicos instalados en lugares mojados deben ser herméticos a la lluvia. No se debe instalar ductos metálicos:

- (1) cuando estén expuestos a daño físico o a vapores corrosivos ni
- (2) en ningún área peligrosa (clasificada), excepto lo permitido en 501-4(b), 502-4(b) y 504-20.

Excepción: Se permite instalar ductos en espacios ocultos según lo establecido en el inciso c) de la Excepción 640-4.

362-3. Otros Artículos. Las instalaciones de ductos deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

362-4. Tamaño nominal de los conductores. No se debe instalar en un ducto ningún conductor de mayor tamaño nominal que aquel para el cual fue diseñado.

362-5. Número de conductores. Los ductos no deben contener más de 30 conductores de fase en ninguna parte. No se consideran conductores de fase los de circuitos de señalización o los conductores de control entre el motor y su arrancador, que se utilizan únicamente para el arranque del motor.

La suma del área de la sección transversal de todos los conductores contenidos en cualquier lugar del ducto no debe superar 20% del área de la sección transversal interior del mismo.

No se deben aplicar los factores de ajuste de la Sección 310-15(g), para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V, a los 30 conductores de fase que ocupen 20% del espacio, como se especificó anteriormente.

Excepción 1: Cuando se apliquen los factores de corrección especificados en la Sección 310-15(g) para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V, no debe limitarse el número de conductores de fase, pero la suma del área de la sección transversal de todos los conductores contenidos en cualquier lugar del ducto no debe exceder 20% del área de la sección transversal interior del mismo.

Excepción 2: Como se establece en 520-6, la limitación a 30 conductores no se debe aplicar en teatros ni locales similares.

Excepción 3: Como se establece en 620-32, la limitación de 20% de ocupación no se debe aplicar para elevadores y montacargas.

362-6. Conductores aislados doblados. Cuando en un ducto se doblen conductores aislados, bien en sus extremos o donde los tubos, accesorios u otras canalizaciones o cables entren o salgan del conducto, o cuando la dirección del ducto varíe más de 30°, se deben aplicar las dimensiones correspondientes indicadas en 373-6. Cuando los conductores aislados de 21,2 mm² (4 AWG) o mayores entren en una canalización a través de otra canalización o cable, la distancia entre esa canalización y las entradas del cable no debe ser inferior a seis veces el diámetro de la mayor canalización o conector del cable.

362-7. Empalmes y derivaciones. En los ductos se permite hacer derivaciones que sean accesibles. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal del ducto en ese punto.

362-8. Soportes. Los ductos se deben sujetar de acuerdo con lo siguiente:

a) Soporte horizontal. Cuando se instalen horizontalmente, los ductos se deben sujetar en cada extremo y a intervalos que no excedan 1,5 m o para tramos individuales que excedan 1,5 m, en cada extremo o unión, excepto si están aprobados y listados para otros intervalos. La distancia entre los soportes no debe exceder de 3 m.

b) Soporte vertical. Los tramos verticales de ductos se deben sujetar firmemente a intervalos que no excedan de 4,5 m y no debe haber más de una unión entre dos soportes. Las secciones unidas de los ductos se deben sujetar firmemente, de modo que constituyan una junta rígida.

362-9. Extensión a través de paredes. Se permite que los ductos metálicos pasen a través de paredes si el tramo que pasa por la pared es continuo. Se debe mantener el acceso a los conductores por ambos lados de la pared.

362-10. Extremos finales. Los extremos finales de los ductos para cables deben estar cerrados.

362-11. Extensiones a partir de ductos. Las extensiones que salen de los ductos se deben efectuar usando cordones colgantes instalados de acuerdo con la Sección 410-10, o cualquier método de alambrado indicado en el Capítulo 3 que incluya un medio de puesta a tierra del equipo. Cuando se utilice un conductor independiente de puesta a tierra del equipo, la conexión de los conductores de puesta a tierra del alambrado de la instalación con el ducto debe cumplir lo establecido en 250-113 y 250-118. Cuando se emplee tubo (conduit) no metálico tipo pesado, tipo ligero o no metálico flexible y hermético a los líquidos, la conexión del conductor de puesta a tierra del equipo de la canalización no metálica al ducto metálico debe cumplir lo establecido en 250-113 y 250-118.

362-12. Marcado. Los ductos se deben marcar de modo que después de su instalación quede claramente visible el nombre del fabricante o su marca comercial.

362-13. Puesta a tierra. La puesta a tierra debe cumplir las disposiciones del Artículo 250.

B. Ductos no metálicos

362-14. Definición. Los ductos no metálicos son ductos de material no metálico retardante a la flama, con tapa con bisagras o removible, para alojar y proteger alambres y cables eléctricos y en los cuales se instalan los conductores después de instalado el conducto, como un sistema completo.

362-15. Usos permitidos. Se permite el uso de ductos no metálicos aprobados y listados:

1) Sólo en instalaciones expuestas.

Excepción: Se permite instalar ductos en espacios ocultos según lo establecido en 640-4, Excepción, inciso c.

2) Donde estén expuestos a vapores corrosivos.

3) En lugares mojados, cuando estén aprobados y listados para ese fin.

NOTA: Las temperaturas muy bajas pueden hacer que algunos tubos no metálicos se vuelvan frágiles y por tanto sean más susceptibles de daño por contacto físico.

362-16. Usos no permitidos. No se deben utilizar ductos no metálicos:

1) Cuando estén expuestos a daño físico.

2) En áreas peligrosas (clasificadas).

Excepción: Lo permitido en 504-20.

3) Cuando estén expuestos a la luz del Sol, excepto si están aprobados e identificados para ese uso.

4) Cuando estén expuestos a temperatura ambiente distinta para la que fue aprobado el ducto no metálico.

5) Con conductores cuyos límites de temperatura de aislamiento superen aquellos para los que está aprobado y listado el ducto no metálico.

362-17. Otros Artículos. Las instalaciones de ductos no metálicos para cables deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando en el Artículo 250 se exija la puesta a tierra del equipo, en el ducto no metálico se debe instalar un conductor independiente de puesta a tierra de equipo.

362-18. Tamaño nominal de los conductores. En un ducto no se debe instalar ningún conductor de mayor tamaño nominal que aquel para el cual fue diseñado el ducto.

362-19. Número de conductores. La suma del área de la sección transversal de todos los conductores portadores de corriente contenidos en cualquier parte de un ducto no metálico no debe exceder 20% del área de la sección transversal del mismo. No se consideran conductores portadores de corriente los de los circuitos de señalización o los conductores entre un motor y su control de arranque, utilizados únicamente para el arranque del motor.

A los conductores portadores de corriente eléctrica que ocupen hasta e inclusive 20% del espacio, como se acaba de indicar, se les deben aplicar los factores de ajuste de la Sección 310-15(g)(1) de las Tablas de capacidad de conducción de corriente, de 0 a 2 000 V.

362-20. Conductores aislados doblados. Cuando dentro de un ducto se doblen conductores aislados, bien en sus extremos o donde los tubos, accesorios u otras canalizaciones o cables entren o salgan del conducto o cuando la dirección del ducto varíe más de 30°, se deben aplicar las dimensiones correspondientes indicadas en 373-6.

362-21. Empalmes y derivaciones. Se permiten empalmes y derivaciones en los ductos no metálicos con tal que sean accesibles. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75 % del área de la sección transversal del ducto en ese punto.

362-22. Soportes. Los ductos se deben sujetar de acuerdo con lo siguiente:

a) **Soporte horizontal.** Cuando vayan instalados horizontalmente, los ductos se deben sujetar a intervalos que no excedan de 1 m y en cada extremo o unión, excepto si están aprobados y listados para otros intervalos. En ningún caso la distancia entre los soportes debe exceder de 3 m.

b) **Soporte vertical.** Los tramos verticales de ductos se deben sujetar de forma firme a intervalos que no excedan de 1,2 m y no debe haber más de una unión entre dos soportes. Las secciones unidas de los ductos se deben sujetar de forma segura de modo que constituyan una junta rígida.

362-23. Juntas de expansión. Cuando en un ducto no metálico se esperen variaciones de longitud en un tramo recto de 6 mm o más, se deben instalar dispositivos de dilatación que compensen la expansión térmica y contracción.

362-24. Extensión a través de paredes. Se permite que los ductos no metálicos para cables pasen a través de paredes si el tramo que pasa por la pared es continuo. Se debe mantener el acceso a los conductores por ambos lados de la pared.

362-25. Extremos finales. Los extremos finales de los ductos deben quedar cerrados utilizando herrajes aprobados.

362-26. Extensiones de los ductos. Las extensiones de los ductos para cables se deben hacer mediante cordones colgantes o cualquier método de alambrado indicado en el Capítulo 3. Se debe instalar un conductor independiente de puesta a tierra del equipo por cualquiera de los métodos aplicados al alambrado de la extensión.

362-27. Marcado. Los ductos no metálicos deben ir marcados de modo que, después de su instalación, se vea claramente el nombre del fabricante o su marca comercial y el área de su sección transversal interior en mm^2 o las dimensiones del ducto. Se permite identificar con el sufijo LS los ductos no metálicos con baja emisión de humos, resistentes a la propagación de incendio y baja acidez.

ARTICULO 363 - CABLES PLANOS TIPO FC

363-1. Definición. Los cables planos tipo FC consisten en varios conductores paralelos fabricados integralmente con una malla de material aislante específicamente diseñada para su instalación en canalizaciones metálicas superficiales.

363-2. Otros Artículos. Además de las disposiciones de este Artículo, las instalaciones de cables tipo FC deben cumplir las disposiciones aplicables de los Artículos 210, 220, 250, 300, 310 y 352.

363-3. Usos permitidos. Se permite utilizar cables planos únicamente como circuitos derivados que alimenten dispositivos para alumbrado, pequeños aparatos eléctricos o pequeñas cargas. Los cables planos sólo se deben instalar en instalaciones expuestas. Los cables planos sólo se deben instalar en lugares donde no estén expuestos a daño físico.

363-4. Usos no permitidos. No se deben instalar sistemas de cables planos:

- (1) si están sometidos a vapores corrosivos, a menos que sean adecuados para esa aplicación;
- (2) en cubos de elevadores;
- (3) en áreas peligrosas (clasificadas) o
- (4) en exteriores o en lugares húmedos o mojados, excepto si están aprobados e identificados para su uso en lugares mojados.

363-5. Instalación. En la obra, los cables planos sólo se deben instalar en canalizaciones metálicas superficiales aprobadas e identificadas para ese uso. La parte acanalada de la canalización metálica superficial se debe instalar como un sistema completo antes de introducir en su interior los cables planos.

363-6. Número de conductores. Los sistemas de cables planos constan de dos, tres o cuatro conductores.

363-7. Tamaño de los conductores. Los sistemas de cables planos deben tener conductores de hilos de cobre especialmente trenzados de tamaño nominal de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG).

363-8. Aislamiento de los conductores. Todo el sistema de cables planos debe estar formado de modo que ofrezca una cubierta aislante adecuada de todos sus conductores, por medio de uno de los materiales que aparecen en la Tabla 310-13 para instalaciones de circuitos derivados.

363-9. Empalmes. Los empalmes deben hacerse en cajas de empalme aprobadas y listadas.

363-10. Derivaciones. Las derivaciones deben hacerse entre cualquier fase y el conductor puesto a tierra o cualquier otra fase, por medio de dispositivos y accesorios aprobados e identificados para ese uso. Los dispositivos de empalme deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que 15 A o más de 300 V a tierra y deben ser de los colores que se exige en 363-20.

363-11. Terminales del cable. Cada extremo terminal de cables planos debe cubrirse con un capuchón u otro dispositivo aprobado e identificado para ese uso.

El accesorio del extremo de las canalizaciones metálicas superficiales debe estar también aprobado e identificado para ese uso.

363-12. Soportes para equipos. Los soportes para equipos conectados con los cables planos deben estar aprobados e identificados para ese uso.

363-13. Accesorios. Los accesorios que se instalen con los cables planos deben estar diseñados e instalados de modo que protejan a los cables contra daño físico.

363-14. Extensiones. Todas las extensiones de los cables planos se deben hacer por métodos de alambrado aprobados, en las cajas de empalme instaladas en cualquier extremo de la trayectoria de los cables planos.

363-15. Soportes. Los cables planos se deben sujetar en las canalizaciones metálicas de superficie por medios diseñados especialmente para ese uso.

Las canalizaciones metálicas de superficie se deben sujetar según lo requerido para ese tipo de canalizaciones.

363-16. Capacidad de conducción de corriente nominal. La capacidad de conducción de corriente nominal de un circuito derivado no debe exceder los 30 A.

363-17. Marcado. Además de lo establecido en 310-11, los cables tipo FC deben llevar marcada de modo duradero en su superficie su temperatura de operación nominal, a intervalos no mayores a 60 cm.

363-18. Cubiertas protectoras. Cuando los cables planos se instalen a menos de 2,4 m sobre el piso o plataforma fija de trabajo, se deben proteger con una cubierta metálica aprobada e identificada para ese uso.

363-19. Identificación. El conductor puesto a tierra se debe identificar en toda su longitud por medio de una marca clara y duradera de color blanco o gris claro.

363-20. Identificación del tablero de terminales. Los tableros de terminales adecuados para este uso deben tener marcas claras y duraderas de color o con letras. La parte del bloque terminal correspondiente del conductor puesto a tierra debe llevar una marca blanca o una designación adecuada. La siguiente sección adyacente al tablero de terminales debe llevar una marca negra o una designación adecuada. La siguiente sección debe llevar una marca roja o una designación adecuada. La última sección o externa (opuesta al conductor puesto a tierra), debe llevar una marca azul o una designación adecuada.

ARTICULO 364-DUCTOS CON BARRAS (ELECTRODUCTOS)

A. Disposiciones generales

364-1. Alcance. Este Artículo cubre los ductos con barras (electroductos) y sus accesorios, que se utilizan como circuitos de entrada de acometida, alimentadores y derivaciones.

364-2. Definición. Para el propósito de este Artículo, un electroducto es un ducto metálico puesto a tierra que contiene conductores desnudos o aislados, usualmente de cobre o aluminio en forma de barras, alambres o tubos, ensamblados en fábrica.

NOTA: Para canalizaciones prealambradas en campo, véase el Artículo 365.

364-3. Otros Artículos aplicables. Las instalaciones de electroductos deben cumplir con los requisitos aplicables del Artículo 300.

364-4. Usos

a) Usos permitidos. Los electroductos deben instalarse en forma visible y en lugares despejados.

Excepción 1: Se permite la instalación de electroducto detrás de paneles, si están accesibles y se cumple con todas las siguientes condiciones:

a. Que no haya dentro del electroducto dispositivos de protección contra sobrecorriente, excepto los correspondientes a los equipos individuales o a otras cargas.

b. Que el espacio detrás de los paneles no se use para ventilación o manejo de aire.

c. Que el electroducto sea del tipo no ventilado, totalmente cerrado.

d. Que el electroducto se instale de tal manera que las uniones entre secciones y los accesorios, sean accesibles para fines de mantenimiento.

Excepción 2: Se permite instalar electroductos detrás de paneles de acceso, de acuerdo con lo indicado en 300-22(c).

b) Usos no permitidos. Los electroductos no deben instalarse:

(1) cuando puedan estar sometidos a daño físico o a vapores corrosivos;

(2) en cubos de elevadores;

(3) en áreas peligrosas (clasificadas), a menos que estén aprobados para ese uso en particular. (Véase 501-4(b)); ni

(4) a la intemperie o en lugares mojados o húmedos, a menos que estén aprobados e identificados para ese uso.

Los electroductos para alumbrado o para trole de equipo móvil no deben instalarse a menos de 2,5 m sobre el piso o plataforma de trabajo, a menos que estén provistos de una cubierta protectora adecuada.

364-5. Soportes. Los electroductos deben estar firmemente soportados a distancias no mayores de 1,50 m a menos que por diseño se marque otro espaciamiento entre soportes.

364-6. Paso a través de paredes y pisos. Los electroductos pueden pasar a través de paredes secas, siempre que el paso se haga con tramos continuos de una sola pieza. También pueden extenderse verticalmente a través de pisos secos, siempre y cuando los ductos estén completamente cerrados (no ventilados), y hasta una altura sobre el nivel del piso de 1,80 m como mínimo, para proveer una adecuada protección contra daños mecánicos.

NOTA: Véase 300-21, propagación del fuego y de los productos de la combustión.

364-7. Extremos de los electroductos. Los extremos de los electroductos deben estar cerrados.

364-8. Derivaciones desde los electroductos. Las derivaciones desde los electroductos pueden hacerse como se indica a continuación:

a) Con canalizaciones de los tipos indicados en los Artículos 331, 345, 346, 347, 348, 350, 351, 352, 364, o con cables tipo MC, Artículo 334. Cuando se utiliza una canalización no metálica, la conexión de los conductores para la puesta a tierra de equipo, contenidos en la canalización, al electroducto debe cumplir con lo indicado en 250-113 y 250-118.

b) Pueden usarse conjuntos de cordones o cables para uso rudo para la conexión de equipo portátil o de equipo fijo para facilitar su conexión si se desplazan ocasionalmente, siguiendo lo establecido en 400-7 y 400-8 y las siguientes condiciones:

1) El cordón o cable debe fijarse al edificio por medios aprobados.

2) La longitud del cordón o cable desde la conexión de clavija en el electroducto hasta el dispositivo que proporciona la tensión eléctrica en el cordón o cable, no debe ser mayor que 1,80 m.

Excepción: Solamente en establecimientos industriales y cuando el mantenimiento y la supervisión se realicen por personal calificado, se permite el uso de longitudes de cordón mayores de 1,80 m entre la conexión al electroducto y el dispositivo de tensión eléctrica, si el cordón o cable se sujeta a intervalos que no excedan de 2,40 m.

3) El cordón o cable debe instalarse en forma vertical desde el dispositivo compensador de tensión hasta el equipo alimentado.

4) Se deben colocar abrazaderas relevadoras de esfuerzos para el cable o cordón, en las conexiones al electroducto y en las terminales de los equipos alimentados.

364-9. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente debe hacerse de acuerdo con lo indicado en 364-10 a 364-13.

364-10. Capacidad nominal de la protección contra sobrecorriente en alimentadores. Cuando la capacidad de conducción de corriente de un electroducto no coincida con una capacidad normalizada de un dispositivo de protección de sobrecorriente, debe seleccionarse uno con el valor superior más cercano a ésta, sólo si esa capacidad no excede de 800 A.

364-11. Reducción de la capacidad de conducción de corriente nominal del electroducto. Se requiere de un dispositivo de protección contra sobrecorriente cuando algún tramo del electroducto tiene menor capacidad de conducción de corriente que el electroducto general.

Excepción: En instalaciones industriales puede omitirse la protección adicional contra sobrecorriente en los puntos del electroducto de menor capacidad de conducción de corriente, siempre y cuando la longitud del electroducto más pequeño no sea mayor que 15 m, desde el punto de reducción, y que su capacidad de conducción de corriente sea igual o mayor que la tercera parte del tamaño o ajuste del dispositivo de sobrecorriente que protege a la línea. Se requiere además que el electroducto no esté en contacto con materiales combustibles.

364-12. Alimentadores o circuitos derivados. Cuando el electroducto se utiliza como alimentador y las derivaciones o subalimentadores se inician en dispositivos, o conectores enchufables que se conectan a las barras del electroducto, los elementos de protección contra sobrecorriente para los circuitos derivados o subalimentadores deben estar incluidos en dichos dispositivos. Los dispositivos enchufables deben tener un interruptor automático o uno con fusibles, de operación externa. Cuando tales dispositivos están montados lejos del alcance del operador y contienen medios de desconexión, pueden emplearse medios como cuerdas, cadenas o pértigas para permitir la operación manual desde el piso o lugar accesible.

Excepción 1: Lo permitido en 240-21, para derivaciones.

Excepción 2: Cuando se conectan al electroducto luminarios fijas o semifijas, por medio de extensiones de cordón cuya clavija incluye el dispositivo de protección de sobrecorriente.

Excepción 3: Cuando se enchufan directamente en el electroducto aparatos sin cordón y la protección contra sobrecorriente está montada en el aparato.

364-13. Protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados. Los electroductos pueden emplearse como circuitos derivados de cualquiera de los tipos descritos en el Artículo 210.

Donde se usen en esa forma, la capacidad de corriente eléctrica del circuito derivado está determinada por el tamaño o ajuste del dispositivo de protección que protege al electroducto y el circuito debe estar de acuerdo en todos los aspectos con los requerimientos del Artículo 210 aplicables a circuitos derivados de esa capacidad y debe cumplir con lo aplicable de los Artículos 430 y 440.

364-15. Marcado. Los electroductos deben llevar una placa que indique la corriente eléctrica nominal y la tensión de operación para la cual están diseñados y el nombre o marca del fabricante, y que quede visible después de la instalación.

B. Requisitos para tensión eléctrica mayor que 600 V nominales

364-21. Identificación. Cada tramo de electroducto debe estar provisto de una placa de datos, con la siguiente información:

(1) Tensión eléctrica nominal;

(2) Capacidad máxima de corriente eléctrica en operación normal. Si el electroducto tiene ventilación forzada, la identificación debe incluir tanto la capacidad con ventilación forzada como la capacidad con ventilación natural, para el mismo incremento de temperatura;

(3) Frecuencia nominal;

(4) Tensión eléctrica de impulso nominal;

(5) Rigidez dieléctrica a 60 Hz, en seco;

(6) Corriente eléctrica nominal momentánea, y

(7) Nombre o marca del fabricante.

364-22. Puesta a tierra. Los electroductos blindados con cubierta metálica deben ser puestos a tierra como se indica en el Artículo 250.

364-23. Estructuras de soporte y adyacentes. Los electroductos blindados con cubierta metálica deben instalarse de forma tal que el aumento de temperatura por la circulación de corrientes eléctricas inducidas en cualquiera de las partes metálicas adyacentes, no sea peligroso para el personal ni constituya riesgo de incendio.

364-24. Neutro. Cuando se requiera una barra para el neutro del sistema, ésta debe tener una capacidad de conducción de corriente adecuada para conducir todas las corrientes eléctricas de carga del neutro, incluyendo las armónicas, además debe tener capacidad adecuada instantánea de cortocircuito de acuerdo con los requisitos del sistema.

364-25. Barreras y sellos. Los electroductos que tengan trayectorias que pasen del interior al exterior de edificios, deben tener un sello para vapor en la pared del edificio, para evitar el intercambio de aire entre las secciones interiores y exteriores.

Excepción: No se requiere un sello para vapor en electroductos con ventilación forzada.

Deben colocarse barreras contra el fuego cuando se atraviesan paredes, pisos o cielos rasos.

NOTA: Para información sobre propagación de fuego o de los productos de la combustión, véase 300-21.

364-26. Drenaje. Deben proveerse válvulas, filtros de drenaje o métodos similares, para facilitar la eliminación de humedad condensada en los puntos bajos de las trayectorias de los electroductos.

364-27. Electroductos con ventilación. Los electroductos con ventilación deben instalarse de acuerdo con lo indicado en la Sección 110-31, a menos que estén diseñados en forma tal que si algún objeto extraño se introduce por cualquier abertura, éste sea desviado de las partes energizadas.

364-28. Terminales y conexiones. Cuando los electroductos conectan máquinas enfriadas por gas inflamable, deben proveerse conectores de salida sellados, deflectores u otros medios, que impidan la acumulación de gas inflamable dentro de la envolvente del electroducto.

En tendidos largos y rectos del electroducto, deben proveerse conexiones flexibles o de expansión, para permitir la expansión o contracción por temperatura, y también donde los electroductos atraviesan las juntas amortiguadoras de vibraciones de los edificios.

Todos los dispositivos de terminación y conexión de conductores deben ser accesibles para su instalación, conexión y mantenimiento.

364-29. Desconectores. Los dispositivos de interrupción o puentes de desconexión incluidos en el sistema de electroductos, deben tener la misma capacidad de conducción momentánea de corriente que las barras. Los puentes de desconexión deben llevar claramente marcada la indicación de que sólo pueden ser removidos cuando las barras estén desenergizadas. Los dispositivos de interrupción para desconexión sin carga, deben estar protegidos para impedir su operación con carga, y los envolventes de los puentes de desconexión deben estar protegidos para impedir el acceso a las partes energizadas.

364-30. Alambrado en 600 V nominales o menos. Los dispositivos de control secundario y su alambrado, que forman parte del sistema del electroducto, deben estar aislados de los otros elementos primarios del circuito por medio de barreras retardantes del fuego, excepto cuando se trate de un alambrado corto, tales como las terminales de transformadores de instrumento.

ARTICULO 365 - CANALIZACIONES PREALAMBRADAS

365-1. Definición. La canalización prealambrada es un conjunto de conductores aislados montados en posiciones espaciadas en una estructura de metal ventilado que los soporta y protege y que incluye accesorios y terminales de conductores.

La canalización prealambrada se ensambla normalmente en el lugar de instalación con componentes proporcionados o especificados por el fabricante y de acuerdo con lo indicado en las instrucciones para el trabajo específico.

El conjunto está diseñado para conducir corriente eléctrica de falla y soportar las fuerzas magnéticas de dichas corrientes.

365-2. Usos

a) 600 V o menos. Las canalizaciones prealambradas aprobadas se permiten para cualquier tensión o corriente eléctricas para las cuales los conductores espaciados estén especificados y deben instalarse

solamente para trabajos expuestos. Cuando se instalen en exteriores o en lugares corrosivos, húmedos o mojados, deben ser adecuadas para tal uso. Las canalizaciones prealumbradas no se deben instalar en huecos de elevadores ni en áreas peligrosas (clasificadas), a menos que sean específicamente adecuadas para tales usos. Las canalizaciones prealumbradas pueden ser usadas para circuitos derivados, alimentadores y acometidas.

Las estructuras de las canalizaciones prealumbradas cuando se conectan en forma adecuada, pueden usarse como conductores de puesta a tierra del equipo, en circuitos derivados y alimentadores, siempre que esté conectado equipotencialmente como se exige en el Artículo 250.

b) Más de 600 V. Las canalizaciones prealumbradas se permiten para sistemas de más de 600 V nominales. Véase 710-4 (a).

365-3. Conductores

a) Tipo de conductores. En las canalizaciones prealumbradas, los conductores de fase deben tener un aislamiento adecuado para 75°C o más, aprobado, adecuado para las condiciones de uso, de acuerdo con lo indicado en los Artículos 310 y 710.

b) Capacidad de conducción de corriente de los conductores. La capacidad de conducción de corriente de los conductores en las canalizaciones prealumbradas debe estar de acuerdo con lo indicado en las Tablas 310-17 y 310-19, o las Tablas 310-69 y 310-70 para instalaciones mayores que 600 V.

c) Tamaño o designación y número de conductores. El área de la sección transversal nominal y el número de conductores deben ser para los cuales la canalización prealumbrada está diseñada, y el tamaño nominal del conductor en ningún caso debe ser menor que 53,5 mm² (1/0 AWG).

d) Soportes de conductores. Los conductores aislados deben estar soportados sobre bloques u otros medios diseñados para este propósito. Los conductores individuales en una canalización prealumbrada deben estar sujetos a intervalos no mayores de 90 cm para canalizaciones horizontales y 45 cm para canalizaciones verticales. El espaciamiento vertical y horizontal entre los conductores soportados no debe ser menor que el diámetro de un conductor en los puntos de sujeción.

365-5. Protección contra sobrecorriente. Las canalizaciones prealumbradas deben estar protegidas contra sobrecorriente, de acuerdo con la capacidad de conducción de corriente de los conductores de la canalización prealumbrada, de acuerdo con lo indicado en 240-3. Cuando la capacidad de conducción de corriente de los conductores de una canalización prealumbrada no corresponda a la de un dispositivo de protección normalizado, se debe utilizar el de capacidad inmediata superior, siempre y cuando no exceda de 800 A.

Excepción: Está permitida la protección contra sobrecorriente para sistemas de más de 600 V, de acuerdo con lo indicado en 240-100.

365-6. Soportes y extensiones a través de paredes y pisos

a) Soportes. Las canalizaciones prealumbradas deben estar sujetas firmemente a distancias no mayores de 3,6 m.

Excepción: Cuando se requieran tramos mayores de 3,6 m, la estructura se debe diseñar específicamente para la longitud requerida.

b) Tendidos transversales. Las canalizaciones prealumbradas pueden extenderse transversalmente a través de tabiques o paredes que no sean paredes contra el fuego, siempre que dentro de la pared sea continua, esté protegida contra daños materiales y no esté ventilada.

c) A través de plataformas y pisos secos. Las canalizaciones prealumbradas pueden extenderse en tramos verticales a través de plataformas y pisos secos, excepto donde se requieran bloques contra fuego, siempre que la canalización prealumbrada esté totalmente cerrada en el lugar donde atraviesa la plataforma o al piso y hasta una altura de 1,8 m.

d) A través de plataformas y pisos en lugares mojados. Las canalizaciones prealumbradas pueden colocarse en tramos verticales a través de plataformas y pisos en lugares mojados, excepto cuando se requieran bloques contra fuego, siempre que:

(1) Existan brocales u otros medios que impidan que el agua pase a través de la abertura en la plataforma o el piso, y

(2) La canalización prealabrada esté totalmente cerrada en el lugar donde atraviesa a la plataforma o al piso y hasta una altura de 1,8 m.

365-7. Accesorios. Las canalizaciones prealabradas deben estar equipadas con accesorios adecuados para:

(1) cambios verticales u horizontales de dirección en el recorrido;

(2) remates;

(3) terminaciones que estén dentro o sobre aparatos o equipos conectados o en las cubiertas de tales equipos, y

(4) dar protección física adicional a los conductores donde se requiera, tales como resguardo cuando estén expuestos a daños mecánicos severos.

365-8. Terminales de conductores. Para las conexiones de los conductores de las canalizaciones prealabradas, se deben emplear terminales aprobadas.

365-9. Puesta a tierra. Las canalizaciones prealabradas deben estar puestas a tierra y unidas de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250, excluyendo la Excepción 2 de 250-33.

365-10. Marcado. Cada sección de la canalización prealabrada debe marcarse con el nombre del fabricante o marca comercial y con el diámetro máximo, número, tensión eléctrica nominal de trabajo y capacidad de conducción de corriente de los conductores que se deban instalar. El marcado debe ubicarse de manera que sea visible después de la instalación.

ARTICULO 370 – CAJAS, CAJAS DE PASO Y SUS ACCESORIOS, UTILIZADOS PARA SALIDA, EMPALME, UNION O JALADO

A. Alcance y disposiciones generales

370-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos de la instalación y uso de las cajas y cajas de paso (ovaladas y redondas), utilizadas para salidas, empalmes, unión o jalado. Las cajas comúnmente denominadas FS y FD, de dimensiones mayores, de metal fundido, cajas de lámina metálica y otras como las no metálicas, no se consideran cajas de paso. Este Artículo trata además de los requisitos de instalación de los accesorios utilizados para conectar las canalizaciones entre sí, así como las canalizaciones y cables, a las cajas y cajas de paso.

NOTA: Para sistemas de más de 600 V nominales, véase la Parte D de este Artículo.

370-2. Cajas redondas. No deben utilizarse cajas redondas donde los tubos o conectores requieran el uso de tuercas o boquillas para conectarse en un lado de la caja.

370-3. Cajas no metálicas. Sólo se permite utilizar cajas no metálicas en alambrados expuestos, sobre aisladores, en alambrados ocultos sobre aisladores, con cables de recubrimiento no metálico y con canalizaciones no metálicas.

Excepción 1: Cuando se proporcionen medios internos de puenteo para todas las entradas, se permite utilizar cajas no metálicas con canalizaciones metálicas o con cables con recubrimiento metálico.

Excepción 2: Se permite utilizar cajas no metálicas con canalizaciones metálicas o cables con cubierta metálica cuando exista un medio integral de unión con posibilidad de conectar un puente de tierra del equipo dentro de la caja entre todas las entradas a rosca de las cajas no metálicas aprobadas y listadas para este uso.

370-4. Cajas metálicas. Todas las cajas metálicas deben estar puestas a tierra, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250.

370-5. Cajas de paso de radio reducido. Las cajas de paso, como los codos con tapas y los codos de entrada de acometidas dentro de los cuales se instalen conductores de tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) o menores, y que sólo estén previstos para completar la instalación de la canalización y los conductores contenidos en ella, no deben contener empalmes, salidas ni dispositivos y deben ser de tamaño suficiente como para dejar espacio libre para todos los conductores incluidos en ellos.

dispositivo 10,2 x 5,4 x 5,4	213	8	7	6	5	5	4	2
dispositivo	238	9	8	7	6	5	4	2
9,5 x 5,1 x 6,4 mampostería	230	9	8	7	6	5	4	2
9,5 x 5,1 x 8,9 mampostería	344	14	12	10	9	8	7	4
FS de Prof. mínima 4,5 c/tapa	221	9	7	6	6	5	4	2
FD de Prof. mínima 6,0 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FS de Prof. mínima 4,5 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FD de Prof. mínima 6,0 c/tapa	394	16	13	12	10	9	8	4
* Cuando en 370-16(b)(2) a 370-16(b)(5) no se exijan tolerancias de volumen.								

1) Cajas normalizadas. El volumen de las cajas normalizadas que no estén marcadas en cm^3 , debe corresponder a la Tabla 370-16(a).

2) Otras cajas. Las cajas de 1640 cm^3 o menos, distintas de las descritas en la Tabla 370-16(a) y las cajas no metálicas, deben ir marcadas por el fabricante de modo legible y duradero con su volumen en cm^3 . Las cajas descritas en la Tabla 370-16(a) que tengan mayor volumen del indicado en la tabla, pueden tener marcado su volumen en cm^3 como exige esta Sección.

b) Cálculo del volumen ocupado. Se deben sumar los volúmenes de los siguientes párrafos (1) a (5). No se exigen tolerancias de volumen para accesorios pequeños, como tuercas y boquillas.

1) Volumen ocupado por los conductores. Cada conductor que proceda de fuera de la caja y termine o esté empalmado dentro de la caja, se debe contar una vez; cada conductor que pase a través de la caja sin empalmes ni terminaciones, se debe contar una vez. El volumen ocupado por los conductores en cm^3 se debe calcular a partir de la Tabla 370-16(b). No se deben contar los conductores que no salgan de la caja.

Excepción: Se permite omitir de los cálculos los conductores de puesta a tierra de equipo o no más de cuatro conductores de equipo de tamaño nominal menor que $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) o ambos, cuando entren en una caja procedentes de un aparato bajo un domo, marquesina o similar y que terminen en la caja.

TABLA 370-16(b).- Espacio libre en la caja para cada conductor

Tamaño o Designación mm^2 (AWG)	Espacio libre en la caja para cada conductor cm^3
0,824 (18)	25
1,31 (16)	29
2,08 (14)	33
3,31 (12)	37
5,26 (10)	41
8,37 (8)	49
13,3 (6)	82

2) Volumen ocupado por las abrazaderas. Donde haya una o más abrazaderas internas para cables, suministradas de fábrica o instaladas en obra, se debe dejar un volumen tal como el que se indica en la Tabla 370-16(b) para el conductor de mayor tamaño nominal que haya en la caja. No se deben dejar tolerancias de volumen para conectores cuyo mecanismo de sujeción quede fuera de la caja.

3) Volumen ocupado por los accesorios de soporte. Cuando haya en la caja uno o más accesorios o casquillos para aparatos se debe dejar un volumen tal como el que se indica en la Tabla 370-16(b) para el conductor de mayor tamaño nominal que haya en la caja por cada accesorio.

4) Volumen ocupado por equipos o dispositivos. Para cada chasis que contenga uno o más equipos o artefactos eléctricos, se debe dejar un volumen doble del que se indica en la Tabla 370-16(b) para el

conductor de mayor tamaño nominal que haya en la caja por cada equipo o artefacto eléctrico soportado por ese chasis.

5) Volumen ocupado por los conductores de puesta a tierra de equipo. Cuando entre en una caja uno o más conductores de puesta a tierra de equipo, se debe dejar un volumen tal como el que se indica en la Tabla 370-16(b) para el conductor de tierra de mayor tamaño nominal que haya en la caja. Cuando en la caja se encuentren otros conductores de puesta a tierra de equipo, como se permite en la Excepción 4 de 250-74, se debe calcular un volumen adicional equivalente al del conductor adicional de tierra, de mayor tamaño nominal.

c) Cajas de paso. Las cajas de paso que contengan conductores de tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) o menores, y que sean distintas a las cajas de paso de radio reducido descritos en 370-5, deben tener un área de sección transversal no menor que el doble del área de la sección transversal del mayor tubo (conduit) al que estén unidas. El número máximo de conductores permitidos debe corresponder al número máximo permitido por la Tabla 10-1 del Capítulo 10 para el tubo (conduit) unido al registro.

Las cajas de paso no deben contener empalmes, conexiones ni dispositivos excepto si están marcados por el fabricante de modo legible y duradero con su capacidad en cm³. El número máximo de conductores se debe calcular mediante el mismo procedimiento para conductores similares en cajas distintas a las normalizadas. Las cajas de paso se deben sujetar de modo que queden rígidas y seguras.

370-17. Conductores que entran en cajas, cajas de paso o accesorios. Los conductores que entren en cajas, cajas de paso o accesorios deben ir protegidos contra la abrasión y cumplir con las siguientes disposiciones:

a) Aberturas que se deben cerrar. Las aberturas por las que entran los conductores se deben cerrar adecuadamente.

b) Cajas y cajas de paso metálicas. Cuando se instalen cajas o cajas de paso metálicas en alambrado expuesto o en alambrados ocultos sobre aisladores, los conductores deben entrar a través de boquillas aislantes o en los lugares secos, a través de tubos flexibles que se extiendan desde el último soporte aislante y que estén firmemente sujetos a la caja o registro. Cuando haya un tubo (conduit) o cable instalados con cajas o cajas de paso metálicas, la tubería o el cable deben ir sujetos adecuadamente a dichas cajas o cajas de paso.

c) Cajas no metálicas. Las cajas no metálicas deben ser adecuadas para el conductor de temperatura nominal más baja que entre en las mismas. Donde se utilicen cajas no metálicas en alambrado expuesto o en alambrados ocultos sobre aisladores, los conductores deben entrar en la caja por aberturas independientes. Donde se utilicen tubos flexibles para canalizar los conductores, los tubos deben sobresalir desde el último soporte aislante hasta no menos de 6 mm dentro de la caja. Donde se utilicen cables con recubrimiento no metálico, el conjunto del cable, incluido el recubrimiento, debe extenderse dentro de la caja no menos de 6 mm a través de una abertura en la tapa de la caja. En todos los casos, los cables deben estar sujetos a la caja por medios adecuados.

Excepción: No es necesario sujetar el cable a la caja cuando se utilicen cables con recubrimiento no metálico en cajas de tamaño no mayor que 5,7 cm x 10,2 cm montadas en paredes o techos y si el cable está sujeto a menos de 20 cm de la caja, medidas a lo largo de su recubrimiento y si este recubrimiento se extiende a través de una tapa en una longitud no menor que 6 mm. Se permite que pasen varios cables por una sola abertura de la tapa.

d) Conductores de tamaño nominal de 21,2 mm² (4 AWG) o mayores. La instalación debe cumplir lo establecido en 300-4(f).

370-18. Aberturas no utilizadas. Las aberturas para cables o canalizaciones en cajas y cajas de paso que no se utilicen, se deben cerrar eficazmente de modo que ofrezcan una protección prácticamente igual que la de la pared de la caja o registro. Si se utilizan tapas o chapas metálicas en cajas o cajas de paso no metálicas deben introducirse como mínimo 6 mm por debajo de la superficie externa de las cajas.

370-19. Cajas con dispositivos montados a nivel. En las cajas utilizadas para instalar dispositivos que queden a nivel, su diseño debe ser tal que los dispositivos queden perfectamente encerrados por detrás y por los lados y firmemente sujetos. Los tornillos de sujeción de las cajas no se deben utilizar para sujetar los dispositivos instalados dentro de las mismas.

370-20. En paredes o techos. En las paredes o techos de concreto, azulejo u otro material no combustible, las cajas se deben instalar de modo que su borde delantero no quede más de 6 mm por debajo de la superficie terminada. En las paredes y techos de madera u otro material combustible, las cajas deben quedar a nivel con la superficie terminada o sobresalir de ella.

370-21. Reparación de las paredes de yeso, ladrillo o panel de yeso. Las superficies de paredes de yeso, ladrillo o panel de yeso que estén rotas o incompletas, se deben reparar para que no queden huecos ni espacios abiertos de más de 3 mm alrededor del borde de las cajas o accesorios.

370-22. Extensiones superficiales expuestas. Las extensiones superficiales de una caja de una instalación oculta se deben hacer instalando y sujetando mecánicamente otra caja o anillo de extensión sobre la caja oculta. Cuando sea necesario se debe poner a tierra al equipo, de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250.

Excepción: Se permite hacer una extensión superficial desde la tapa de una caja oculta cuando la tapa esté proyectada de modo que no sea probable que se caiga o la quiten si se afloja. El método de alambrado debe ser flexible y estar hecho de modo que, si fuera necesaria la continuidad de la puesta a tierra, debe ser independiente del empalme entre la caja y la tapa.

370-23. Soportes. Los envolventes o cubiertas a los que se refiere el Artículo 370 deben estar rígidamente sujetas, de acuerdo con lo indicado en los siguientes incisos.

a) Montaje sobre superficies. Los envolventes o cubiertas deben ir sujetas a la superficie sobre la que van montadas, a no ser que dicha superficie no ofrezca un soporte adecuado, en cuyo caso se deben sujetar según lo establecido en (b).

b) Montaje estructural. Las cubiertas se deben sujetar rígidamente a un miembro de la estructura del edificio, directamente en el piso o mediante accesorios de fijación de metal, polímeros o madera.

1) Clavos y tornillos. Si se utilizan clavos o tornillos como medios de sujeción, deben emplearse mediante accesorios de fijación, o se permite que pasen a través del interior de la envolvente si están situados a menos de 6 mm del fondo o extremos de la envolvente.

2) Los accesorios de fijación metálicos deben estar protegidos contra la corrosión y tener un espesor de metal no menor que 0,5 mm sin recubrir. Los accesorios de fijación de madera deben tener un área de sección transversal no menor que la nominal de 2,5 cm x 5,1 cm. Los accesorios de fijación de madera en lugares húmedos se deben tratar de acuerdo con esa circunstancia. Los accesorios de fijación de polímeros deben estar aprobados e identificados para poder instalarse en ese uso.

c) Montaje no estructural. Se permite instalarlas a nivel de las superficies cubiertas existentes cuando ofrezcan soporte adecuado por medio de abrazaderas, anclajes o accesorios. Se permite utilizar los miembros del armazón de los techos suspendidos como soporte, si esos miembros están adecuadamente soportados y sujetos entre sí y a la estructura del edificio. Las cubiertas así soportadas se deben sujetar al armazón por medios mecánicos como pernos, tornillos o remaches. También se permite usar clips aprobados e identificados para su uso con ese tipo de armazón de techo y cubierta.

d) Canalizaciones sujetando envolventes, sin aparatos ni dispositivos. Los envolventes que no tengan más de 1 640 cm³ de tamaño nominal y tengan entradas roscadas o conectores aprobados e identificados para ese uso y que no contengan dispositivos ni aparatos de soporte, se deben considerar adecuadamente soportadas cuando lleven conectadas al envolvente dos o más tubos roscados firmemente apretados con llave y cuando cada uno de los tubos esté soportado a menos de 91 cm del envolvente a dos o más lados, de modo que presente un conjunto rígido y seguro como establece esta Sección de la norma.

Excepción: Se permite utilizar como soporte de las cajas de paso los tubos (conduit) pesados, semipesados, ligeros y los no metálicos pesados, siempre que las cajas de paso no sean de mayor tamaño nominal que el del tubo (conduit) metálico de mayor tamaño nominal.

Se debe considerar que dichos envolventes están adecuadamente apoyados si cumplen con lo establecido en 370-23(e).

e) Canalizaciones que sujetan envolventes, con aparatos o dispositivos. Los envolventes que no tengan más de 1 640 cm³ de volumen y tengan conectores roscados aprobados e identificados para ese uso y que contengan dispositivos, aparatos o ambos, deben considerarse adecuadamente apoyados cuando lleven conectados al envolvente o a los conectores dos o más tubo (conduit) roscados bien apretados con llave y cuando cada uno de ellos esté apoyado a menos de 457 mm a dos o más lados del envolvente, de modo que presente un conjunto rígido y seguro como establece esta Sección de la norma.

Excepción 1: Se permite utilizar como soporte de las cajas de paso, tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado, siempre que las cajas de paso no sean de diámetro nominal igual que el del tubo (conduit) metálico de mayor diámetro nominal.

Excepción 2: Se permite utilizar como soporte de las cajas utilizadas a su vez como soporte de aparatos, un tramo continuo de tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado o apoyar una cubierta de cables en un aparato en vez de una caja, de acuerdo con lo indicado en 300-15(d), cuando se cumplan las condiciones siguientes:

a. Que el tubo (conduit) esté firmemente sujeto a un punto de modo que la longitud del mismo después del último punto de soporte del mismo no sea mayor que 91 cm.

b. Que la longitud del tubo (conduit) antes del último punto de soporte sea de 30 cm o mayor.

c. Que, cuando sea accesible a personas no calificadas, el aparato esté como mínimo a 2,44 m por encima del piso o zona de paso, medidos hasta su punto más bajo, y como mínimo a 91 cm, medidos en horizontal, de la elevación de 2,44 m desde las ventanas, puertas, cobertizos, salidas de incendios o similares.

d. Que un aparato soportado por un solo tubo (conduit) no tenga más de 30 cm en cualquier dirección desde el punto de entrada del mismo.

e. Que el peso soportado por cualquier tubo (conduit) individual no supere 9 kg.

f. Que el tubo (conduit) esté atornillado y apretado con llave por sus extremos a la caja o gabinete de los cables o a los conectores aprobados e identificados para ese fin.

f) Cajas en concreto o mampostería. Se permite empotrar las cajas en concreto o en mampostería.

g) Cajas colgantes. Se permite que las cajas estén colgadas, de acuerdo con las siguientes condiciones:

1) Cordón flexible. Se permite que las cajas estén soportadas por un cordón flexible multiconductor, de manera aprobada y que proteja a los conductores contra esfuerzos, por ejemplo, mediante un conector roscado a la caja y sujeto con una tuerca.

2) Tubo (conduit). Se permite que las cajas que soporten portalámparas o elementos de alumbrado o los envolventes del alambrado utilizados en lugar de cajas de acuerdo con lo indicado en 300-15(d), estén soportadas por tubo (conduit) tipo pesado o semipesado en tramos superiores a 455 mm, si los tramos están conectados al sistema de alambrado por medio de accesorios flexibles adecuados para el lugar en cuestión. En el extremo del aparato, el tubo (conduit) debe estar roscado y apretado con llave al envolvente del alambrado o a conectores aprobados e identificados para ese uso.

Donde estén soportadas por un solo tubo (conduit), se debe evitar que las juntas roscadas se aflojen utilizando tornillos pasados u otro medio eficaz o el aparato debe estar en cualquier punto a 2,5 m sobre el piso o zona de paso y a un mínimo de 91 cm medidos horizontalmente de la elevación de 2,5 m de las ventanas, puertas, cobertizos, salidas de incendios o elementos similares. Un aparato apoyado en un solo tubo no debe estar a más de 3 m en cualquier dirección horizontal del punto de entrada del tubo (conduit).

370-24. Profundidad de las cajas de salida. Ninguna caja debe tener una profundidad inferior a 12,7 mm. Las cajas proyectadas para contener dispositivos que queden a nivel deben tener una profundidad interior no menor que 23,8 mm.

370-25. Tapas sencillas y ornamentales. En las instalaciones una vez terminadas, todas las cajas deben tener una tapa, una placa de cierre o una tapa ornamental.

a) Tapas y placas metálicas o no metálicas. Se permite utilizar con las cajas no metálicas, tapas metálicas o no metálicas. Cuando se utilicen tapas o placas metálicas, deben cumplir los requisitos de puesta a tierra indicados en 250-42.

NOTA: Para más requisitos sobre puesta a tierra, véase 410-18(a) sobre tapas ornamentales metálicas y en 380-12 y 410-56(d) para placas metálicas.

b) Acabados de paredes o techos combustibles expuestos. Cuando se utilice una tapa o placa de cierre, todas las paredes o techos con acabados combustibles que estén expuestos y queden entre el borde de la tapa o placa y la caja de salida, se deben sellar con material no combustible.

c) Cordones flexibles colgantes. Las tapas de cajas de salida y cajas de paso que tengan aberturas a través de las cuales pasen cordones flexibles colgantes, deben estar dotadas de boquillas diseñadas para ese uso o tener una superficie lisa y perfectamente redondeada en la que se puedan soportar los cables. No se deben utilizar boquillas de goma dura o mixtas.

370-27. Cajas de salida

a) Cajas en las salidas para aparatos de alumbrado. Las cajas utilizadas en las salidas para aparatos de alumbrado deben estar diseñadas para ese fin. En todas las salidas utilizadas únicamente para alumbrado, la caja debe estar diseñada o instalada de modo que se le pueda conectar el dispositivo de alumbrado.

b) Cajas en el piso. Para salidas situadas en el piso se deben utilizar cajas aprobadas y listadas específicamente para esa aplicación.

Excepción: Las cajas situadas en pisos elevados de escaparates y lugares similares, cuando no están expuestas a daño físico, humedad y suciedad.

c) Cajas de salida para ventiladores de techo. Las cajas de salida para ventiladores no se deben utilizar como único soporte para los ventiladores de techo (de paletas).

Excepción: Se permite utilizar como único medio de soporte las cajas aprobadas y listadas para esta aplicación.

370-28. Cajas de empalmes y tiro. Las cajas y cajas de paso utilizados como cajas de empalmes o de paso deben cumplir los siguientes incisos.

Excepción: Las terminales suministradas con los motores deben cumplir lo establecido en 430-12.

a) Tamaño mínimo. En canalizaciones que contengan conductores de 21,2 mm² (4 AWG) o mayores y para los cables que contengan conductores de 21,2 mm² (4 AWG) o mayores, las dimensiones mínimas de las cajas de empalmes o de paso instaladas en la canalización o en el tramo del cable, deben cumplir lo siguiente:

1) Tramos rectos. En los tramos rectos, la longitud de la caja no debe ser menor que ocho veces el diámetro nominal de la canalización más grande.

2) Dobleces en ángulo o en U. Cuando se hagan empalmes o dobleces en ángulo o en U, la distancia entre la entrada de cada canalización a la caja y la pared opuesta de la misma, no debe ser menor que seis veces el mayor diámetro nominal de la canalización más grande de una fila. Si se añaden nuevas entradas, esta distancia se debe aumentar en una cantidad que sea la suma de los diámetros de todas las demás canalizaciones que entran en la misma fila o por la misma pared de la caja. Cada fila debe calcularse por separado y tomar la máxima distancia.

Excepción: Cuando la entrada de una canalización o de un cable esté en la pared de una caja o registro opuesta a la tapa removible y cuando la distancia desde esa pared hasta la tapa cumpla lo establecido en la columna de un cable por terminal de la Tabla 373-6(a).

La distancia entre las entradas de la canalización que contenga el mismo cable no debe ser menor que seis veces el diámetro de la canalización más grande.

Si en lugar del tamaño de la canalización en los anteriores incisos (a)(1) y (a)(2) se toma el tamaño nominal del cable, se debe utilizar el tamaño nominal mínimo de la canalización para el número y tamaño de los conductores del cable.

3) Se permite utilizar cajas o cajas de paso de dimensiones menores a las establecidas en los anteriores (a)(1) y (a)(2) en instalaciones con varios conductores que ocupen menos del máximo permitido en cada tubo (conduit) (de los que se utilicen en la instalación), según permite la Tabla 10-1 del Capítulo 10, siempre que la caja o caja de paso hayan sido aprobadas para ese uso y estén permanentemente marcados con el número y tamaño nominal máximo permitidos en los conductores.

b) Conductores en cajas de empalmes o de paso. En cajas de empalmes o de paso en las que cualquiera de sus dimensiones sea superior a 1,8 m, todos los conductores deben estar instalados o sujetos de manera aprobada.

c) Tapas. Todas las cajas de empalmes y de derivación y las cajas de paso deben estar dotadas de tapas compatibles que sean adecuadas para sus condiciones de uso. Si se utilizan tapas metálicas, deben cumplir los requisitos de puesta a tierra indicados en 250-42. Cualquier extensión de la tapa de una caja expuesta debe cumplir lo establecido en la Excepción de 370-22.

d) Barreras permanentes. Cuando se instalen barreras permanentes en una caja, cada sección de la misma se debe considerar como una caja independiente.

370-29. Cajas de paso, cajas de empalmes, de derivación y de salida accesibles. Las cajas de paso y las cajas de empalmes, de derivación y de salida se deben instalar de tal manera que los cables contenidos

dentro de las mismas sean accesibles sin tener que quitar ninguna parte del edificio o en las instalaciones subterráneas, sin tener que excavar las aceras, el pavimento, la tierra u otra sustancia que constituya el acabado de la superficie.

Excepción: Se permite utilizar cajas aprobadas y listadas cuando estén cubiertas por grava, agregado fino o granulado no cohesivo si están efectivamente identificadas y son accesibles para excavaciones.

C. Especificaciones de construcción

370-40. Cajas, cajas de paso y accesorios metálicos

a) Resistentes a la corrosión. Las cajas, cajas de paso y accesorios metálicos deben ser resistentes a la corrosión o estar galvanizados, esmaltados o recubiertos de un modo adecuado, por dentro y por fuera, para evitar la corrosión.

NOTA: Para limitaciones de uso de las cajas y accesorios protegidos contra la corrosión sólo por esmalte, véase 300-6.

b) Espesor del metal. Las cajas de lámina de acero menores a $1\ 640\ \text{cm}^3$ de volumen deben estar fabricadas de lámina de un espesor mínimo de 1,6 mm. La pared de una caja de hierro maleable, aluminio fundido, bronce, o cajas de paso, no debe tener menos de 2,38 mm de espesor. Las cajas o cajas de paso de otros metales deben tener un espesor de pared no menor que 3,17 mm.

Excepción 1: Las cajas y cajas de paso aprobadas y listadas que demuestren tener una resistencia y características equivalentes, pueden estar hechos de metal más delgado o de otros metales.

Excepción 2: Se permite que las paredes de cajas de paso de radio reducido, de los que trata la Sección 370-5, estén fabricadas de metal más delgado.

c) Cajas metálicas de más de $1\ 640\ \text{cm}^3$. Las cajas metálicas de tamaño superior a $1\ 640\ \text{cm}^3$ deben estar construidas de modo que sean suficientemente resistentes y rígidas. Si son de placa de acero, el espesor del metal no debe ser menor que 1,35 mm sin recubrir.

d) Puesta a tierra. En todas las cajas metálicas debe estar prevista la conexión de un conductor de puesta a tierra de equipo. Se permite que esa conexión se haga en un orificio roscado o equivalente.

370-41. Tapas. Las tapas metálicas deben ser del mismo material que la caja o el registro en el que vayan instaladas, o deben ir forradas de un material aislante firmemente adherido de un espesor no menor que 0,79 mm o estar aprobadas y listadas para ese uso. Las tapas metálicas deben ser del mismo espesor que las cajas o cajas de paso en las que se utilicen o deben estar aprobadas y listadas para ese uso. Se permite tapas de porcelana u otro material aislante aprobado si tienen un espesor y forma que proporcione la misma resistencia y protección.

370-42. Boquillas. Las tapas de las cajas de salida y cajas de paso que tengan aberturas a través de las cuales puedan pasar cables flexibles, deben estar dotadas de boquillas aprobadas o tener una superficie lisa y perfectamente redondeada sobre la que haga el recorrido el cable. Cuando pasen por una tapa metálica conductores separados, cada conductor debe pasar por un agujero independiente equipado con una boquilla de material aislante adecuado. Dichas aberturas deben estar conectadas por ranuras, como se exigen 300-20.

370-43. Cajas no metálicas. Los elementos de soporte u otros medios de montaje de las cajas no metálicas deben estar situados fuera de la caja o estar construidos de manera que se evite el contacto entre los conductores alojados dentro de la caja y los tornillos de sujeción.

370-44. Marcado. Todas las cajas y cajas de paso, tapas, anillos de extensión y similares, deben estar marcados de manera legible y duradera con el nombre del fabricante o marca comercial.

D. Cajas de empalmes y de paso utilizadas en instalaciones de más de 600 V nominales

370-70. Disposiciones generales. Además de las disposiciones generales del Artículo 370, se deben aplicar las disposiciones normativas indicadas en 370-71 y 370-72.

370-71. Tamaño de las cajas de empalmes y de paso. Las cajas de empalmes y de paso deben tener dimensiones y espacio suficiente para la instalación de los conductores y deben cumplir los requisitos específicos de esta Sección.

Excepción: Las terminales suministradas con los motores deben cumplir lo establecido en 430-12.

a) Para derivaciones rectas. La longitud de la caja no debe ser menor que 48 veces el diámetro exterior total (sobre el recubrimiento) del mayor conductor blindado o recubierto de plomo o del mayor cable que entre

en la caja. En el caso de conductores o cables no blindados, la longitud de la caja no debe ser menor que 32 veces el diámetro exterior del mayor de ellos.

b) Para derivaciones en ángulo o en U

1) La distancia entre la entrada de cada cable o conductor a la caja y la pared opuesta de la misma, no debe ser menor que 36 veces el diámetro exterior sobre el recubrimiento del mayor de los cables o conductores. Si hay otras entradas, esta distancia se debe aumentar en la suma de los diámetros exteriores sobre el revestimiento de todos los cables o conductores que entren a la caja por la misma pared.

Excepción 1: Si la entrada de un conductor o cable en una caja está en la pared opuesta a la tapa removible, se permite que la distancia desde esa pared hasta la tapa sea no menor que el radio de curvatura de los conductores, como se establece en 300-34.

Excepción 2: Si los cables son no blindados y no recubiertos de plomo, se permite que la distancia de 36 veces su diámetro exterior se reduzca a 24 veces dicho diámetro.

2) La distancia entre la entrada de un cable o conductor a la caja y su salida de la misma no debe ser menor que 36 veces el diámetro exterior incluyendo el recubrimiento de ese cable o conductor.

Excepción: Si los cables son no blindados y no recubiertos de plomo, se permite que la distancia de 36 veces su diámetro exterior se reduzca a 24 veces dicho diámetro.

c) Laterales removibles. Uno o más laterales de las cajas de derivación deben ser removibles.

370-72. Requisitos de construcción e instalación

a) Protección contra la corrosión. Las cajas deben estar fabricadas de material intrínsecamente resistente a la corrosión o estar bien protegidas, tanto por dentro como por fuera, por esmalte, galvanización, chapado u otro medio.

b) Paso a través de muros divisorios. Cuando sea necesario que los conductores o cables pasen a través de muros divisorios u otros elementos, se deben instalar boquillas o accesorios adecuados con bordes lisos y redondeados.

c) Envoltente completo. Una caja debe formar un envoltente completo para los conductores o cables que contenga.

d) Cables accesibles. Las cajas deben estar instaladas de manera que los cables sean accesibles sin tener que quitar ninguna parte del edificio. Debe haber espacio de trabajo suficiente según lo establecido en 110-34.

e) Tapas adecuadas. Las cajas deben estar cerradas mediante tapas adecuadas firmemente sujetas. Las tapas de las cajas subterráneas que pesen más de 45 kg deben estar marcadas de modo permanente con la inscripción.

“PELIGRO - ALTA TENSION ELECTRICA - ALEJESE”

Las marcas deben estar en el exterior de la tapa de la caja y ser fácilmente visibles. Las letras deben ser mayúsculas y tener como mínimo 13 mm de altura.

f) Adecuadas para soportar el manejo esperado. Las cajas y sus tapas deben ser capaces de soportar el manejo al que se espere que puedan estar sometidas.

ARTICULO 373 - GABINETES, CAJAS PARA CORTACIRCUITOS Y BASES PARA MEDIDORES

373-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos de instalación y construcción de los gabinetes, cajas para cortacircuitos y bases para montaje de medidores.

A. Instalación

373-2. En lugares húmedos, mojados o áreas peligrosas (clasificadas).

a) En lugares húmedos y mojados. En los lugares húmedos o mojados, las envoltentes montadas en superficie a que hace referencia este Artículo, deben estar colocadas o equipadas de modo que eviten que el agua o la humedad entren y se acumulen dentro del gabinete o caja para cortacircuitos, y deben ir montadas de modo que quede por lo menos 6,5 mm de espacio libre entre la envoltente y la pared u otra superficie de soporte. Los gabinetes o cajas para cortacircuitos instalados en lugares mojados, deben ser a prueba de intemperie.

Excepción: Se permite instalar gabinetes y cajas para cortacircuitos no metálicos sin espacio libre cuando estén sobre una pared de concreto, ladrillo, azulejo o similar.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

b) En áreas peligrosas (clasificadas). La instalación de cajas para cortacircuitos o gabinetes en áreas peligrosas (clasificadas) debe ajustarse a lo indicado en los Artículos 500 a 517.

373-3. Posición en las paredes. En las paredes de concreto, azulejo u otro material no combustible, los gabinetes deben instalarse de modo que el borde delantero del mismo no quede metido más de 6,35 mm por debajo de la superficie de la pared. En las paredes de madera u otro material combustible, los gabinetes deben quedar a nivel con la superficie o sobresalir de la misma.

373-4. Aberturas no utilizadas. Las aberturas no utilizadas de los gabinetes o cajas para cortacircuitos deben cerrarse eficazmente de modo que ofrezcan una protección prácticamente igual que la de la pared del gabinete o caja para cortacircuitos. Si se utilizan tapas o placas metálicas en gabinetes o cajas para cortacircuitos no metálicos, deben quedar como mínimo 6,35 mm por debajo de su superficie exterior.

373-5. Conductores que entren en los gabinetes o cajas para cortacircuitos. Los conductores que entren en los gabinetes o cajas para cortacircuitos deben estar protegidos contra la abrasión y cumplir con lo establecido en los siguientes incisos:

a) Aberturas que se deben cerrar. Las aberturas a través de las que entren conductores se deben cerrar adecuadamente.

b) Gabinetes metálicos y cajas para cortacircuitos. Cuando se instalen gabinetes o cajas para cortacircuitos metálicas con alambrado expuesto u oculto sobre aisladores, los conductores deben entrar en ellos a través de boquillas aislantes o en los lugares secos, a través de tubería flexible que vaya desde el último soporte aislante y estén firmemente sujetas al gabinete o caja para cortacircuitos.

c) Cables. Cuando se instalen cables, cada uno de ellos deben ir firmemente sujetos al gabinete o cajas para cortacircuitos.

373-6. Radio de curvatura de los conductores. Los conductores de las terminales o los que entren o salgan de gabinetes, cajas para cortacircuitos y similares, deben cumplir lo establecido en los incisos siguientes:

Excepción: El espacio que se debe dejar para curvatura de los cables en cubiertas de controladores de motores que tengan previstas una o dos fases por cada terminal, debe cumplir con lo establecido en 430-10(b).

a) Ancho de los canales para cables. No se deben doblar los conductores dentro de un gabinete o cajas para cortacircuitos a no ser que exista un canal de ancho según la Tabla 373-6(a). Los conductores en paralelo según 310-4 se deben calcular sobre la base del número de conductores en paralelo.

TABLA 373-6(a).- Espacio mínimo para la curvatura de los cables en las terminales y ancho mínimo de los canales para cables (mm)

Tamaño o Designación mm ² (AWG o kcmil)	Cables por cada Terminal				
	uno	dos	tres	cuatro	cinco
2,08-5,26 (14-10)	No especificado	---	---	---	---
8,37-13,3 (8-6)	40	---	---	---	---
21,2-26,7 (4-3)	50	---	---	---	---
33,6 (2)	65	---	---	---	---
42,4 (1)	75	---	---	---	---
53,5-67,4 (1/0-2/0)	90	125	180	---	---
85,0-107 (3/0-4/0)	100	150	200	---	---
127 (250)	115	150	200	250	---
152-177 (300-350)	125	200	250	300	---
203-253 (400-500)	150	200	250	300	350
304-355 (600-700)	200	250	300	350	400
380-456 (750-900)	200	300	350	400	450
507- 633 (1 000-1 250)	250	---	---	---	---

760-1010 (1 500-2 000)	300	---	---	---	---
El espacio del dobléz en las terminales se debe medir en línea recta de la punta del adaptador o del conector de alambre (en la dirección en que el alambre salga de la terminal) a la pared, barrera u obstrucción.					

b) Espacio para la curvatura de los cables en las terminales. En cada terminal se debe dejar un espacio para la curvatura de los cables, de acuerdo con lo siguiente:

1) Cuando el conductor no entre o salga de la cubierta a través de la pared opuesta a la terminal, se debe aplicar la Tabla 373-6(a).

Excepción 1: Se permite que un conductor entre o salga de un gabinete a través de la pared opuesta a su terminal, siempre que el conductor entre o salga por donde el canal se una a otro canal adyacente que tenga un ancho de acuerdo con lo indicado en la Tabla 373-6(b) para ese conductor.

Excepción 2: Se permite que un conductor de tamaño nominal no mayor que 177 mm² (350 kcmil) entre o salga de una caja que contenga sólo un receptáculo para medidor, a través de la pared opuesta a su terminal, siempre que esa terminal esté instalada en el fondo, cuando:

a. La terminal señale hacia la abertura del gabinete y forme un ángulo menor que 45° con la pared de enfrente, o

b. La terminal señale directamente hacia la pared del gabinete y esté desplazado no más de 50% del espacio para curvatura especificado en la Tabla 373-6(a).

NOTA: El desplazamiento es la distancia desde el eje central de la terminal hasta una línea que pase por el centro de la abertura del gabinete, medida a lo largo de la pared de dicha cubierta.

2) Cuando el conductor entre o salga del gabinete a través de la pared opuesta a su terminal, se debe aplicar lo expuesto en la Tabla 373-6(b).

c) Conductores de tamaño nominal 21,2 mm² (4 AWG) o mayores. Su instalación debe cumplir lo establecido en 300-4(f).

TABLA 373-6(b).- Espacio mínimo en milímetros, para la curvatura de los cables en las terminales según 373-6(b)(2)

Tamaño o Designación mm ² (AWG o kcmil)	Número de cables por cada terminal y espacio en milímetros			
	uno	dos	tres	Cuatro o más
2,08-5,26 (14-10)	No especificado	---	---	---
8,37 (8)	40	---	---	---
13,3 (6)	50	---	---	---
21,2 (4)	75	---	---	---
26,7 (3)	75	---	---	---
33,6 (2)	90	---	---	---
42,4 (1)	115	---	---	---
53,5 (1/0)	140	140	180	---
67,4 (2/0)	150	150	190	---
85,0 (3/0)	160	160	200	---
107 (4/0)	180	190	215	---
127 (250)	215	215	230	250
152 (300)	250	250	280	300
177 (350)	300	300	330	350
203 (400)	330	330	350	380
253 (500)	350	350	380	400
304 (600)	380	400	450	480
355 (700)	400	450	500	550
380 (750)	430	480	550	600
405 (800)	450	500	550	600
456 (900)	480	550	600	600

507 (1 000)	500	---	---	---
633 (1 250)	550	---	---	---
760 (1 500)	600	---	---	---
887 (1 750)	600	---	---	---
1010 (2 000)	600	---	---	---

El espacio de dobleces en terminales debe medirse en línea recta de la punta del adaptador o conector del alambre en dirección perpendicular a la pared del registro. Para terminales removibles y de tendido de cables, para un solo alambre el espacio de doblez se permite se reduzca a las cantidades en mm de la tabla.

373-7. Espacio dentro de los gabinetes. Los gabinetes y cajas para cortacircuitos deben tener espacio suficiente para que quepan holgadamente todos los conductores instalados en ellos.

373-8. Envoltentes para desconectores o para dispositivos de protección contra sobrecorriente. Las envoltentes para desconectores o para dispositivos de sobrecorriente no se deben utilizar como cajas de empalmes, canales auxiliares o canalizaciones de conductores que vayan hasta o estén conectados con otros desconectores o dispositivos de sobrecorriente, a menos que quede espacio suficiente para ello. Los conductores no deben ocupar más de 40% del área de la sección transversal del gabinete en cualquier punto y los conductores, empalmes y conexiones no deben ocupar más de 75% del área referida.

373-9. Espacio lateral, posterior o canales para cables. Los gabinetes y cajas para cortacircuitos deben tener espacio posterior para cables, canales o compartimentos para cables, según se establece en 373-11 (c) y (d).

B. Especificaciones de construcción

373-10. Materiales. Los gabinetes y cajas para cortacircuitos deben cumplir lo establecido en los incisos siguientes:

a) Gabinetes y cajas para cortacircuitos metálicos. Los gabinetes y las cajas para cortacircuitos hechos de metal, deben protegerse por dentro y por fuera contra la corrosión.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

b) Resistencia mecánica. Los gabinetes y las cajas para cortacircuitos deben estar contruidos de modo que sean resistentes y rígidos. Si son de placa de acero, el espesor de la placa no debe ser menor que 0,8 mm sin recubrir.

c) Gabinetes no metálicos. Los gabinetes no metálicos deben estar aprobados y listados antes de instalarlos.

373-11. Espacio. El espacio dentro de los gabinetes y cajas para cortacircuitos debe cumplir lo establecido en los incisos siguientes.

a) Características generales. El espacio dentro de los gabinetes y cajas para cortacircuitos debe ser suficiente para que permita instalar holgadamente los cables que haya en su interior, y para que quede una separación entre las partes metálicas de los dispositivos y aparatos montados dentro de ellos, como sigue:

1) Base. Además del espacio en los puntos de soporte, debe quedar un espacio libre de 1,6 mm como mínimo entre la base del dispositivo y la pared metálica de cualquier gabinete o caja para cortacircuitos en el que dicho dispositivo vaya montado.

2) Puertas. Entre cualquier parte metálica viva, incluidas las partes vivas de los fusibles instalados en el interior de las cajas, y la puerta de éstas, debe quedar un espacio libre de 25 mm como mínimo.

Excepción: Cuando la puerta esté forrada de un material aislante aprobado o el espesor de la placa metálica no sea menor que 2,5 mm sin recubrir, el espacio libre no debe ser menor que 15 mm.

3) Partes vivas. Entre las paredes, parte posterior, entrada de canales o en la puerta metálica de cualquier gabinete o cajas para cortacircuitos y la parte expuesta portadora de corriente eléctrica más próxima de los dispositivos o aparatos montados dentro del gabinete, si su tensión eléctrica no supera los 250 V, debe haber un espacio libre de 15 mm como mínimo. Para tensiones eléctricas nominales de 251 a 600 V, este espacio debe ser como mínimo de 25 mm.

Excepción: Cuando se cumplan las condiciones de la Excepción de 373-11(a)(2), se permite que el espacio para tensiones eléctricas nominales de 251 a 600 V sea no menor que 15 mm.

b) Espacio para los desconectores. Los gabinetes y cajas para cortacircuitos deben ser de profundidad suficiente que permitan cerrar las puertas estando los desconectores de 30 A de los paneles de alumbrado y control de los circuitos derivados en cualquier posición; cuando los desconectores mixtos estén en cualquier posición o cuando otros desconectores de acción simple se abran, en la medida en que lo permita la construcción.

c) Espacio para los cables. Los gabinetes y cajas para cortacircuitos que contengan en su interior dispositivos o aparatos conectados a más de ocho conductores, incluidos los de los circuitos derivados, medidores, circuitos de alimentación, circuitos de fuerza y similares pero no los del circuito de acometida o cualquier extensión del mismo, deben tener un espacio posterior o uno o más espacios laterales, canales laterales o compartimentos para cables.

d) Espacio para los cables en las envolventes. Los espacios posteriores o laterales, los canales laterales o los compartimentos laterales de los gabinetes y cajas para cortacircuitos para cables deben cerrarse herméticamente por medio de tapas, barreras o separadores que vayan desde la base de los dispositivos instalados en el gabinete hasta la puerta, armazón o laterales del gabinete.

Excepción: Los espacios posteriores o laterales, los canales laterales o los compartimentos laterales de los gabinetes y cajas para cortacircuitos para cables pueden no ser impermeables cuando esos espacios laterales contengan únicamente conductores que entren en el gabinete directamente por la parte de enfrente donde están instalados los dispositivos a los que vayan conectados.

Los espacios posteriores para cables parcialmente cerrados deben llevar tapas que completen el gabinete. Los espacios para cables exigidos por el anterior inciso (c) y que queden expuestos cuando se abran las puertas, deben llevar tapas que completen el gabinete. Cuando exista espacio suficiente para los conductores de paso y para empalmes, como se exige en 373-8, no es necesario instalar separaciones adicionales.

ARTICULO 374 - CANALES AUXILIARES

374-1. Uso. Se permite instalar canales auxiliares que complementen los espacios para cables en las concentraciones de medidores, centros de distribución, tableros de distribución y elementos similares de sistemas de alambrado, y pueden contener conductores o barras, pero no debe utilizarse para contener desconectores, dispositivos de protección contra sobrecorriente, aparatos u otro equipo similar.

374-2. Extensión más allá de los equipos. Un canal auxiliar no se debe prolongar más de 9 m más allá de los equipos a los que complementa.

Excepción: Lo establecido en 620-35 para los elevadores.

NOTA: Para las canalizaciones de cables, véase el Artículo 362. Para electroductos véase el Artículo 364.

374-3. Soportes

a) Canales auxiliares de placa metálica. Los canales auxiliares de placa metálica deben estar sujetos en toda su longitud a intervalos no mayores a 1,5 m.

b) Canales auxiliares no metálicos. Los canales auxiliares no metálicos deben estar sujetos a intervalos no mayores a 90 cm y en cada extremo o unión, excepto si están aprobados y listados para otros intervalos. En ningún caso la distancia entre los soportes debe ser mayor que 3 m.

374-4. Tapas. Las tapas deben estar firmemente sujetas a los canales.

374-5. Número de conductores

a) Canales auxiliares de placa metálica. Los canales auxiliares de placa metálica no deben contener más de 30 conductores portadores de corriente eléctrica en ningún punto. La suma del área de la sección de todos los conductores instalados en cualquier punto de un canal auxiliar de placa metálica, no debe superar 20% del área de la sección transversal interior del canal en ese punto.

Excepción 1: Lo establecido en 620-35 para los elevadores.

Excepción 2: Los conductores de los circuitos de señalización o los de controladores entre un motor y su arrancador, utilizados sólo para el arranque del motor, no se consideran como conductores portadores de corriente eléctrica la Sección 310-15(g), para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V.

Excepción 3: Cuando se apliquen los factores de ajuste de la Sección 310-15(g) para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V, no debe haber límite al número de conductores portadores de corriente eléctrica, pero la suma del área de la sección transversal de todos los conductores contenidos en

cualquier punto del canal auxiliar de placa metálica no debe superar 20% de la correspondiente sección transversal interior del canal en ese punto.

b) Canales auxiliares no metálicos. La suma del área de la sección transversal de todos los conductores incluyendo su aislamiento instalados en cualquier punto de un canal auxiliar de placa no metálica no debe superar 20% de la correspondiente sección transversal interior del canal en ese punto.

374-6. Capacidad de conducción de corriente de los conductores

a) Canales auxiliares de placa metálica. Cuando el número de conductores energizados contenidos en un canal auxiliar de placa metálica sea de 30 o menos, no se aplican los factores de ajuste de la Sección 310-15(g) para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V. La capacidad nominal continua de las barras de cobre desnudas en canales auxiliares de placa metálica, no debe superar 155 A/cm² de área de la sección transversal de conductor. Si las barras son de aluminio, la corriente eléctrica nominal de operación en uso continuo no debe superar 108,5 A/cm² de área de la sección transversal de conductor.

b) Canales auxiliares no metálicos. A los conductores de fase en los canales auxiliares no metálicos les son aplicables los factores de ajuste de la Sección 310-15(g) para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V.

374-7. Distancia a las partes vivas. Los conductores desnudos deben sujetarse rígida y fuertemente, de modo que la distancia mínima entre partes metálicas desnudas portadoras de corriente eléctrica de distinta polaridad montadas sobre la misma superficie, no sea menor que 50 mm ni menor que 25 mm, si esas partes están al aire libre. Entre cualquier parte metálica portadora de corriente eléctrica y cualquier superficie metálica debe haber una distancia no menor que 25 mm. Se debe dejar espacio suficiente para la dilatación y contracción de las barras.

374-8. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones deben cumplir lo establecido en los incisos siguientes:

a) Dentro de los canales. Se permite hacer empalmes y derivaciones dentro de los canales si son accesibles por medio de tapas o puertas removibles. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal del canal.

b) Conductores desnudos. Las derivaciones entre conductores desnudos deben salir del canal por el lado opuesto a las terminales y los conductores no deben estar en contacto con partes portadoras de corriente eléctrica sin aislar de distinto potencial.

c) Identificación adecuada. Las conexiones en derivación en los canales deben estar perfectamente identificadas en cuanto a los circuitos o equipo a los que alimentan.

d) Protección contra sobrecorriente. Las conexiones en derivación de conductores en los canales auxiliares deben estar provistas de dispositivos de protección contra sobrecorriente como exige 240-21.

374-9. Construcción e instalación. Los canales auxiliares deben cumplir lo establecido en los siguientes incisos:

a) Continuidad eléctrica y metálica. Los canales deben estar contruidos e instalados de modo que se asegure la adecuada continuidad eléctrica y mecánica de toda la instalación.

b) Construcción sólida. Los canales deben estar contruidos sólidamente y formar un envolvente completo para alojar a los conductores contenidos en ellos. Todas sus superficies, tanto internas como externas, deben estar adecuadamente protegidas contra la corrosión. Las juntas de las esquinas deben ser herméticas y, cuando el conjunto se sujete mediante pernos, tornillos o remaches, dichos elementos deben estar espaciados una distancia no mayor que 30 cm.

c) Bordes lisos y redondeados. Cuando los conductores pasen entre canales, a través de muros divisorios, alrededor de esquinas, entre canales y gabinetes o canales y cajas de conexiones y en otros lugares cuando fuera necesario para prever la abrasión de su aislante, se deben instalar boquillas, tubos o accesorios adecuados con bordes lisos y redondeados.

d) Conductores aislados doblados. Cuando los conductores aislados se doblen dentro de un canal auxiliar, bien en sus extremos o donde los tubos, accesorios u otras canalizaciones de cables entren o salgan del canal o cuando la dirección del canal varíe más de 30°, se deben aplicar las dimensiones establecidas en 373-6.

e) Uso en interiores y exteriores

1) Canales auxiliares de placa metálica. Los canales auxiliares de placa metálica instalados en lugares mojados deben ser adecuados para esos lugares.

2) Canales auxiliares no metálicos

a. Los canales auxiliares no metálicos instalados en exteriores deben:

1. Estar aprobados e identificados como adecuados para su exposición a la luz del Sol.
2. Estar aprobados e identificados como adecuados para su uso en lugares mojados.
3. Estar aprobados para la máxima temperatura ambiente de la instalación y marcados con la temperatura máxima de aislamiento de los conductores.
4. Llevar instaladas juntas de dilatación cuando la variación esperada de longitud debido a la dilatación y contracción térmica sea mayor que 6,5 mm.

b. Los canales auxiliares no metálicos instalados en interiores deben:

1. Estar aprobados y listados para la temperatura ambiente máxima de la instalación y marcados con la temperatura máxima de aislamiento de los conductores.
2. Llevar instaladas juntas de dilatación cuando la variación esperada de longitud debido a la dilatación y contracción térmica sea mayor que 6,5 mm.

NOTA: Las temperaturas muy bajas pueden hacer que los canales auxiliares no metálicos se hagan más frágiles y, por tanto, más susceptibles a daños por contactos físicos.

f) **Puesta a tierra.** Para la puesta a tierra se debe cumplir lo establecido en el Artículo 250.

ARTICULO 380 – DESCONECTADORES**A. Instalación**

380-1. Alcance. Las disposiciones de este Artículo se aplican a todos los desconectadores, dispositivos desconectadores e interruptores automáticos cuando se utilicen como medios de desconexión.

380-2. Conexiones de los desconectadores

a) **Interruptores de tres y de cuatro vías.** Los desconectadores de tres y de cuatro vías deben estar conectados de modo que la desconexión se haga sólo en el conductor de fase del circuito. Cuando estén instalados en canalizaciones metálicas o con cables con recubrimiento metálico, el alambrado entre los desconectadores y las salidas debe cumplir lo establecido en 300-20(a).

Excepción: En los circuitos cerrados de desconectadores no se exige un conductor puesto a tierra.

b) **Conductores puestos a tierra.** Los desconectadores o interruptores automáticos no deben desconectar el conductor puesto a tierra de un circuito.

Excepción 1: Se permite que un desconectador o un interruptor automático desconecte el conductor puesto a tierra de un circuito cuando se desconecten simultáneamente todos los conductores del circuito.

Excepción 2: Se permite que un desconectador o un interruptor automático desconecte el conductor puesto a tierra de un circuito cuando el desconectador esté instalado de manera que no se pueda desconectar el conductor puesto a tierra hasta que se hayan desconectado todos los conductores de fase del circuito.

380-3. Envoltentes. Los desconectadores e interruptores automáticos deben ser de tipo operable desde afuera e ir montados en un envoltente aprobado y listado para el uso previsto. El espacio mínimo para los cables en las terminales y el espacio mínimo en los canales auxiliares previstos en los envoltentes de desconectadores, deben ser los indicados en 373-6.

Excepción 1: Se permite que estén fuera de envoltentes los desconectadores de acción rápida y de cuchilla, tanto de tipo colgante como montados en superficie en un tablero de alumbrado y distribución o tablero de distribución abierto.

Excepción 2: Se permite que estén fuera de envoltentes los desconectadores e interruptores automáticos instalados, de acuerdo con lo indicado en 110-17(a)(1), (2), (3) o (4).

380-4. En lugares mojados. Un desconectador o interruptor automático instalado en un lugar mojado o fuera de un edificio, debe estar encerrado en un envoltente a prueba de intemperie o gabinete aprobado para uso en intemperie que cumpla con lo establecido en 373-2(a). No se deben instalar desconectadores en lugares mojados, en los espacios para tinas bañeras o duchas, excepto si están instalados como parte de un conjunto aprobado y listado para tinas bañeras o duchas.

380-5. Desconectores de tiempo, intermitentes y dispositivos similares. Los desconectores de tiempo, intermitentes y similares deben ser de tipo cerrado o ir montados en gabinetes, cajas o envoltentes para equipo. Sus partes energizadas deben estar aisladas tras una barrera para evitar que el operador las toque cuando accione o ajuste manualmente los desconectores.

Excepción: Se permite montar sin barreras los dispositivos accesibles únicamente a personas calificadas, siempre que estén situados dentro de un envoltente, de modo que cualquier parte energizada que quede a menos de 1,5 m de la zona de accionamiento o ajuste manual, esté protegida por una barrera adecuada.

380-6. Posición de los desconectores de cuchilla

a) Desconectores de cuchilla de un tiro. Los desconectores de cuchilla de un tiro deben estar colocados de modo que no se puedan cerrar por la acción de la gravedad. Los desconectores de cuchilla de un tiro, aprobados para ser utilizados en posición invertida, deben tener un dispositivo de bloqueo que asegure que las cuchillas permanezcan en posición abierta, cuando así se coloquen.

b) Desconectores de cuchilla de doble tiro. Se permite instalar los desconectores de cuchilla de doble tiro de modo que su accionamiento sea horizontal o vertical. Cuando el accionamiento sea vertical, se debe tener un mecanismo de bloqueo que asegure las cuchillas en posición abierta cuando así se coloquen.

c) Conexión de los desconectores de cuchilla. Los desconectores de cuchilla de un tiro se deben conectar de modo que las cuchillas estén desenergizadas cuando el desconector esté en posición abierta.

Excepción: Cuando el desconector esté conectado por el lado de la carga a circuitos o a equipos, cuya naturaleza pudiera provocar una fuente energía de retroalimentación. En tales instalaciones, en la cubierta de los desconectores o inmediatamente al lado de los desconectores abiertos, debe colocarse una inscripción que diga: **“PRECAUCION: EL LADO DE LA CARGA DEL DESCONECTOR PUEDE QUEDAR ENERGIZADO POR RETROALIMENTACION”**.

380-7. Indicaciones. Los desconectores de uso general y de circuitos de motores y los interruptores automáticos, cuando vayan montados en un envoltente como se describe en 380-3, deben indicar claramente si están en posición “abierta” (desconectada) o “cerrada” (conectada).

Cuando las manivelas de estos desconectores o interruptores automáticos se accionen vertical y no horizontalmente o mediante giro, la posición superior de la manivela siempre debe ser la de cerrada (conectada).

Excepción: Los desconectores de doble tiro.

380-8. Acceso y agrupamiento

a) Ubicación. Todos los desconectores y los interruptores automáticos utilizados como desconectores deben estar ubicados de modo que se puedan accionar desde un lugar fácilmente accesible. Deben estar instalados de modo que el centro de la palanca del desconector o interruptor automático, cuando esté en su posición más alta, no esté a más de 2 m sobre el piso o la plataforma de trabajo.

Excepción 1: En las instalaciones con barras colectoras se permite que los desconectores con fusibles e interruptores automáticos estén situados al mismo nivel que las barras. Se debe instalar un medio adecuado para accionar la manivela del desconector desde el piso.

Excepción 2: Se permite que los desconectores instalados al lado de motores, aparatos u otro equipo a los que alimenten estén situados más alto de lo especificado en los párrafos anteriores y que sean accesibles por medios portátiles.

Excepción 3: Se permite que los desconectores aisladores accionados por medio de pértigas estén situados a mayor altura.

b) Tensión eléctrica entre desconectores adyacentes. Los desconectores de uso general de acción rápida no deben agruparse en envoltentes, excepto si están colocados de manera que la tensión eléctrica entre dos desconectores adyacentes no supere 300 V, o excepto si están instalados en envoltentes equipados con barreras permanentes entre los desconectores adyacentes.

380-9. Tapas para desconectores de acción rápida instalados a nivel. Los desconectores de acción rápida montados en cajas metálicas no puestas a tierra y ubicados al alcance de pisos conductores u otras superficies conductoras, deben estar provistos de tapas protectoras de material no conductor y no combustible. Las tapas protectoras metálicas deben ser de metal ferroso de un espesor no menor que 0,8 mm o de metal no ferroso de espesor no menor que 1 mm. Las tapas protectoras de material aislante deben ser de material no combustible y de espesor no menor que 2,5 mm, pero se permite que sean de espesor menor

si están fabricadas o reforzadas de modo que tengan suficiente resistencia mecánica. Las placas protectoras se deben instalar de modo que cubran completamente el hueco de la pared y se apoyen sobre el mismo.

380-10. Instalación de los desconectores de acción rápida

a) Tipo de superficie. Los desconectores de acción rápida usados en alambrado visible sobre aisladores deben instalarse sobre bases de material aislante que separen los conductores por lo menos 13 mm de la superficie que soporta al alambrado.

b) Instalación en cajas. Los desconectores de acción rápida de tipo a nivel, instalados en cajas que estén sobre la superficie de la pared, tal como se permite en 370-20, se deben instalar de modo que los bordes de la placa en la cual están instalados descansan sobre la superficie de la pared. Los desconectores de acción rápida montados en cajas que queden a nivel de la superficie de la pared o sobresalgan de la misma, se deben instalar de modo que la placa de montaje del desconector esté apoyada contra la caja.

380-11. Interruptores automáticos utilizados como desconectores. Se permite utilizar como desconector, a un interruptor automático de accionamiento manual equipado con una manivela o un interruptor automático accionado por energía eléctrica operable manualmente, siempre que tenga el número de polos adecuado.

NOTA: véase lo establecido en 240-81 y 240-83.

380-12. Puesta a tierra de los envolventes de desconectores e interruptores automáticos. Los envolventes metálicos de desconectores e interruptores automáticos, se deben poner a tierra como se especifica en el Artículo 250. Cuando se utilicen envolventes no metálicos con canalizaciones metálicas o cables con recubrimiento metálico, se deben tomar las medidas necesarias para proporcionar la continuidad de la puesta a tierra. Las tapas metálicas protectoras de los desconectores de acción rápida deben ser puestos a tierra eficazmente si se utilizan en métodos de alambrado que incluyan o tengan prevista la puesta a tierra.

380-13. Desconectores aisladores

a) Desconectores aisladores. Los desconectores de cuchilla de más de 1 200 A nominales a 250 V o menos y de más de 600 A, a 251 V y hasta 600 V, se deben utilizar únicamente como aisladores y no se deben abrir con carga.

b) Para interrumpir corrientes eléctricas. Para interrumpir corrientes eléctricas mayores a 1 200 A, a 250 V nominales o menos, o de más de 600 A, a 251 V y hasta 600 V nominales, se debe utilizar un interruptor automático o un desconector de diseño especial aprobado y listado para ese fin.

c) Desconectores de uso general. Los desconectores de cuchilla de valores nominales menores a los especificados en los incisos (a) y (b) anteriores se deben considerar desconectores de uso general.

d) Medio de desconexión de circuitos de motores. Se permite que los medios de desconexión de circuitos de motores sean de tipo cuchilla.

380-14. Capacidad nominal y uso de los desconectores de uso general de acción rápida. Los desconectores de uso general de acción rápida se deben usar dentro de su capacidad y según se indica en los incisos siguientes.

NOTA 1: Para desconectores en circuitos de señales y de alumbrado de realce, véase 600-6.

NOTA 2: Para desconectores de circuitos de motores, véanse 430-83, 430-109 y 430-110.

a) Desconectores de acción rápida de uso general para c.a. Los desconectores de acción rápida de uso general solamente son adecuados para usarse en instalaciones de c.a. para controlar lo siguiente:

1) Cargas resistivas e inductivas como lámparas de descarga, que no superen la capacidad nominal del desconector a la tensión eléctrica aplicada.

2) Cargas de lámparas con filamento de tungsteno que no superen la capacidad nominal del desconector a 120 V o 127 V.

3) Cargas de motores que no superen 80% de la capacidad nominal del desconector a la tensión eléctrica nominal.

b) Desconectores de acción rápida de uso general para c.a.-c.c. Los desconectores de acción rápida de uso general son adecuados para usarse en instalaciones de c.a. o c.c. para controlar lo siguiente:

1) Cargas resistivas que no superen la capacidad nominal del desconectador a la tensión eléctrica aplicada.

2) Cargas inductivas que no superen 50% de la capacidad nominal del desconectador a la tensión eléctrica aplicada. Los desconectadores clasificados por kW de potencia (CP) son adecuados para controlar cargas de motores a su capacidad nominal y tensión eléctrica aplicada.

3) Cargas de lámparas con filamento de tungsteno que no superen la capacidad nominal del desconectador a la tensión eléctrica aplicada, si son de clase "T".

c) Desconectadores de acción rápida de 347 V nominales de c.a. para usos específicos. Los desconectadores de acción rápida de 347 V nominales de c.a. deben estar aprobados y ser utilizados únicamente para lo siguiente:

1) Para cargas no inductivas que no sean lámparas con filamento de tungsteno, que no superen la capacidad y tensión eléctrica nominales del desconectador.

2) Para cargas inductivas que no superen la capacidad y tensión eléctrica nominales del desconectador. Cuando se establezcan condiciones o límites particulares de carga, se deben observar esas limitaciones con independencia de la corriente eléctrica nominal de la carga.

B. Especificaciones de construcción

380-15. Marcado. Los desconectadores deben ir marcados con su corriente y tensión eléctricas nominales y si la capacidad está expresada en unidades de potencia, debe marcarse la capacidad máxima para la cual están diseñados.

380-16. Desconectadores de cuchillas para 600 V. Todos los desconectadores de cuchillas para 600 V nominales y para corrientes eléctricas de apertura de más de 200 A, deben estar provistos de contactos auxiliares de tipo renovable, de tipo de interrupción instantánea o equivalente.

380-17. Desconectadores con fusibles. Un desconectador con fusibles no debe llevar los fusibles en paralelo, excepto lo que se permite en la Excepción de 240-8.

380-18. Espacio para doblez de cables. El espacio para doblez de cables que se exige en 380-3, debe cumplir las especificaciones de espacio de la Tabla 373-6(b) entre la pared del envolvente en el que van montadas las terminales de entrada y salida.

ARTICULO 384 - TABLEROS DE DISTRIBUCION Y TABLEROS DE ALUMBRADO Y CONTROL

A. Disposiciones generales

384-1. Alcance. Este Artículo se refiere a:

(1) todos los tableros de distribución y tableros de alumbrado y control instalados para el control de circuitos de alumbrado y fuerza, y

(2) los tableros para carga de baterías alimentados desde circuitos de alumbrado o fuerza.

Excepción: Los tableros de distribución, tableros de alumbrado y control o partes de los mismos utilizados exclusivamente para controlar circuitos de señales alimentados por baterías, no se incluyen en el alcance de este Artículo.

384-2. Otros Artículos aplicables. Los desconectadores, interruptores automáticos y dispositivos de protección contra sobrecorriente utilizados en los tableros de distribución, tableros de alumbrado y control y sus envolventes, deben cumplir lo establecido en este Artículo y además los requisitos de los Artículos 240, 250, 370, 373, 380 y otros aplicables. Los tableros de distribución y tableros de alumbrado y control instalados en áreas peligrosas (clasificadas), deben cumplir los requisitos indicados en los Artículos 500 a 517.

384-3. Soportes e instalación de las barras colectoras y de los conductores

a) Conductores y barras colectoras en un tablero de distribución o en un tablero de alumbrado y control. Los conductores y las barras colectoras en un tablero de distribución o en un tablero de alumbrado y control, deben estar instalados de manera que no queden expuestos a daño físico y deben sujetarse firmemente en su sitio. Además del alumbrado requerido para la conexión y control, únicamente los conductores destinados para terminar en la sección vertical del tablero de distribución, deben de colocarse en

dicha sección. Se deben colocar barreras en todos los tableros de distribución de acometida para aislar de las barras colectoras de acometida y de las terminales.

Excepción: Se permiten conductores que atraviesen horizontalmente las secciones verticales de los tableros de distribución cuando aquéllos estén aislados por una barrera de las barras colectoras.

b) Efectos inductivos y de sobrecalentamiento. La disposición de los conductores y las barras colectoras debe ser adecuadas para evitar el sobrecalentamiento debido a efectos inductivos.

c) Uso como equipo de acometida. Los tableros de distribución o tableros de alumbrado y control que se utilicen como equipo de acometida, deben tener un puente de unión con dimensiones de acuerdo con lo indicado en 250-79(d) o equivalente, situado dentro del tablero o en una de las secciones del tablero de alumbrado y control para conectar el conductor puesto a tierra de la acometida, por el lado de la alimentación, con el marco del tablero o tablero de alumbrado y control. Todas las secciones de los tableros de distribución y fuerza se deben unir mediante un conductor de puesta a tierra de equipo, de tamaño nominal seleccionado de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-95.

Excepción: No se exige puente de unión en los tableros de distribución y tableros de alumbrado y control utilizados como equipo de acometida, en sistemas de alta impedancia con neutro puesto a tierra, según lo que se establece en 250-27.

d) Terminales. Las terminales de los tableros generales de distribución y tableros de alumbrado y control deben estar situados de modo que no sea necesario atravesar conductores de fase para hacer las conexiones.

e) Marcado de conductores. En los tableros de distribución o tableros de alumbrado y control que reciben energía de un sistema de cuatro hilos, conexión en delta, cuando el punto medio de una fase esté puesto a tierra, la barra o conductor de mayor tensión eléctrica a tierra de esa fase debe ir marcado de modo permanente y duradero en su cubierta exterior, con color naranja u otro medio eficaz.

f) Arreglo de las fases. El arreglo de las fases en las barras de sistemas trifásicos debe ser A, B y C del frente hacia atrás, de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha, vistas desde el frente del tablero o panel de alumbrado y control. En sistemas trifásicos de cuatro hilos conectados en delta, la fase B debe ser la que tenga mayor tensión eléctrica a tierra. Si se hacen modificaciones a instalaciones ya existentes, se permiten otras distribuciones siempre que se identifiquen adecuadamente.

Excepción: El equipo dentro de tableros de distribución de sección individual o de secciones múltiples o dentro de tableros de alumbrado y control, como el medidor en sistemas trifásicos de cuatro hilos en conexión delta, puede tener la misma configuración de fases que tiene el equipo de medición.

g) Espacio mínimo para la curvatura de los conductores. El espacio mínimo para las curvas de los conductores en las terminales y para los canales auxiliares de los tableros de distribución y tableros de alumbrado y control, debe ser el indicado en 373-6.

384-4. Instalación. El equipo cubierto por el Artículo 384 y los centros de control de motores deben estar ubicados en lugares específicos para este equipo y protegidos contra los daños de los que tratan los incisos a) y b) siguientes.

Excepción: El equipo de control que por su naturaleza o por otras especificaciones de esta norma deba estar cerca o a la vista de la maquinaria que controla, podrá estar en esa ubicación.

a) En interiores. En instalaciones interiores, el espacio dedicado deberá incluir las siguientes zonas:

1) Ancho y profundidad. Se debe proporcionar para la instalación eléctrica un espacio exclusivamente dedicado, entre el piso y los elementos estructurales del techo, que tenga una altura de 7,5 m a partir del piso, con el mismo ancho y profundidad del equipo. No se permite la instalación de tubería, ductos o equipo ajeno al equipo eléctrico o estructural, en, entre, o a través, de dichos espacios o cuartos. No se consideran elementos estructurales del techo, los cielos falsos. Se permite la instalación de rociadores automáticos sobre estos espacios, siempre y cuando se cumpla con lo establecido en esta sección.

Excepción: En las zonas que no tengan el espacio dedicado descrito en esta regla, en plantas industriales, se permite que haya instalado equipo separado de otro equipo ajeno por altura, por cubiertas físicas o por tapas que le proporcionen una protección mecánica adecuada contra el tráfico de vehículos, contra contacto accidental por personas no autorizadas o por salpicaduras o fugas accidentales de tubería.

2) Espacio de trabajo. El espacio de trabajo debe incluir una zona como la descrita en 110-16. En esta zona no debe haber elementos arquitectónicos ni otros equipos.

b) En exteriores. El equipo eléctrico en exteriores debe instalarse en envolventes adecuadas y estar protegidos contra el contacto accidental por personas no calificadas, contra el tráfico de vehículos y contra las salpicaduras o fugas accidentales de tubería.

B. Tableros de distribución

384-5. Ubicación de los tableros de distribución. Los tableros de distribución que tengan partes vivas expuestas, deben estar ubicados en lugares permanentemente secos, donde estén vigilados y sean accesibles sólo a personas calificadas. Los tableros de distribución deben instalarse de modo que la probabilidad de daño por equipo o procesos sea mínima.

384-6. Tableros de distribución en lugares húmedos o mojados. La instalación de los tableros de distribución en lugares húmedos o mojados debe cumplir con lo establecido en 373-2(a).

No deben colocarse tableros de distribución en baños, áreas de vestidores y donde haya la posibilidad de operarlos con pies desnudos y/o piso mojado.

384-7. Ubicación con relación a materiales fácilmente combustibles. Los tableros de distribución se deben instalar de modo que la probabilidad de que transmitan el fuego a materiales combustibles adyacentes sea mínima. Cuando se instalen en un piso combustible se debe proveer de protección adecuada.

384-8. Separaciones

a) Separación desde el techo. En los tableros de distribución que no estén totalmente cerrados se debe dejar un espacio desde la parte superior del tablero hasta cualquier techo combustible no menor que 90 cm, excepto si se instala una cubierta no combustible entre el tablero y el techo.

b) Claros alrededor del Tablero. Los espacios libres alrededor de los tableros de distribución deben cumplir con lo establecido en 110-16.

384-9. Aislamiento de los conductores. Cualquier conductor aislado que se utilice dentro de un tablero de distribución debe estar aprobado y listado, ser resistente a la propagación de la flama y tener una tensión eléctrica nominal no menor que la que vaya a soportar y no menor que la tensión eléctrica aplicada a otros conductores o barras colectoras con las que pueda estar en contacto.

384-10. Separación de conductores que entran en envolventes de barras colectoras. Donde se presenten tubo (conduit) u otras canalizaciones y entren en un tablero de distribución o en un panel de alumbrado y control autosoportado o por el fondo de un envoltente similar, se debe dejar espacio suficiente para permitir la instalación de los conductores en dichos envolventes. Cuando el tubo (conduit) o canalizaciones entren o salgan de la cubierta por debajo de las barras colectoras, sus soportes u otros obstáculos, el espacio para los cables no debe ser menor que el dado en la siguiente tabla. El tubo (conduit) o canalización, incluidos sus accesorios de terminación, no deben sobresalir más de 7,6 cm del fondo del envoltente.

TABLA 384-10.- Espacio mínimo entre la parte menor de una envoltente y las barras colectoras, sus soportes u otros obstáculos

Tipo de conductor	Separación en mm
Barras colectoras aisladas, sus soportes u otros obstáculos	(200)
Barras colectoras no aisladas	(250)

384-11. Puesta a tierra de los marcos o armazones de los tableros de distribución. Los marcos de los tableros de distribución y las estructuras que soporten los elementos de desconexión, deben estar puestos a tierra.

Excepción: No se exige poner a tierra los marcos de tableros de c.c. de dos hilos si están eficazmente aislados de la tierra.

384-12. Puesta a tierra de los instrumentos, relevadores, medidores y transformadores de instrumentos de los tableros de distribución. Los instrumentos, relevadores, medidores y transformadores de instrumentos instalados en los tableros de distribución se deben poner a tierra como se especifica en 250-121 a 250-125.

C. Tableros de alumbrado y control

384-13. Disposiciones generales. Todos los tableros de alumbrado y control deben tener parámetros nominales no menores a los mínimos del alimentador según la carga calculada, de acuerdo con lo establecido en el artículo 220. Los tableros de alumbrado y control deben estar marcados de forma duradera por el fabricante con su capacidad de conducción de corriente y tensión eléctrica nominales, el número de fases para los que están proyectados y el nombre del fabricante o marca comercial, de manera visible tras su instalación y sin que las marcas estorben la distribución o cableado interior. Todos los circuitos de un tablero de alumbrado y control y sus modificaciones, deben identificarse de manera legible en cuanto a su finalidad o uso, en un directorio situado en el frente de la puerta del panel gabinete o en su interior.

Nota: Para otros requisitos, véase 110-22.

384-14. Tableros de alumbrado y control para circuitos derivados de alumbrado y de aparatos eléctricos. Para los fines de este artículo, un tablero de alumbrado y control de circuitos derivados de alumbrado y aparatos eléctricos es el que tiene más de 10% de sus dispositivos de protección contra sobrecorriente de 30 A nominales o menos, con conexiones para el neutro.

384-15. Número de dispositivos de protección contra sobrecorriente en un tablero de alumbrado y control. En un gabinete o caja para cortacircuitos no se deben instalar más de 42 dispositivos de sobrecorriente alimentados de la misma barra conductora (además del principal de alimentación) para circuitos derivados de alumbrado y aparatos eléctricos.

NOTA: Se considera como una barra conductora al conjunto de una, dos o tres barras según sea el número de fases colocadas y conectadas en el tablero.

Los tableros de alumbrado y control de circuitos derivados de alumbrado y aparatos eléctricos deben estar provistos de medios físicos que eviten la instalación de más dispositivos de sobrecorriente que aquéllos para los que el tablero está diseñado, dimensionado y aprobado.

Para los fines de este artículo, se considera que un interruptor automático de dos polos equivale a dos dispositivos de sobrecorriente y un interruptor automático de tres polos equivale a tres dispositivos de sobrecorriente.

384-16. Protección contra sobrecorriente

a) Tableros de alumbrado y control para circuitos derivados de alumbrado y aparatos eléctricos con protección individual. Los tableros de alumbrado y control para este tipo de circuitos deben estar protegidos individualmente, en el lado del suministro, por no más de dos interruptores automáticos principales o por dos juegos de fusibles que tengan una capacidad nominal combinada no mayor que la del tablero de alumbrado y control.

Excepción 1: No es necesario proteger individualmente un tablero de alumbrado y control para circuitos de alumbrado y aparatos eléctricos, si el alimentador del tablero de alumbrado y control tiene una protección contra sobrecorriente no superior a la capacidad nominal del panel.

Excepción 2: En instalaciones existentes, no es necesario proteger individualmente un tablero de alumbrado y control de un circuito de alumbrado y aparatos eléctricos, si dicho panel se utiliza como equipo de acometida en un edificio residencial independiente.

b) Desconectores de uso general de acción rápida de 30 A nominales o menos. Los tableros de alumbrado y control equipados con interruptores de sorteo de 30 A nominales o menos deben tener un dispositivo de protección contra sobrecorriente que no exceda 200 A.

c) Carga continua. La carga continua de cualquier dispositivo de sobrecorriente situado en un tablero de alumbrado y control no debe superar 80% de su capacidad nominal cuando, en condiciones normales, la carga se mantenga durante tres horas o más.

Excepción: Se permite que un conjunto que incluya un dispositivo de sobrecorriente se pueda utilizar continuamente a 100% su corriente eléctrica nominal, cuando esté aprobado y listado para ese uso.

d) Alimentado a través de un transformador. Cuando un tablero de alumbrado y control se alimente a través de un transformador, la protección contra sobrecorriente que exigen los incisos (a) y (b) anteriores deberá estar situada en el lado del secundario del transformador.

Excepción: Se considera que un tablero de alumbrado y control alimentado desde el secundario de un transformador monofásico con secundario de dos polos (una sola tensión eléctrica) está protegido contra sobrecorriente por el dispositivo de protección del primario (lado de alimentación) del transformador, si dicha protección cumple lo establecido en 450-3(b)(1) y no excede el valor obtenido al multiplicar la capacidad nominal del tablero de alumbrado y control por la relación de tensión eléctrica primario/secundario.

e) Interruptores automáticos en delta. No debe conectarse un dispositivo de sobrecorriente o un interruptor trifásico a una barra colectora de ningún tablero de alumbrado y control que tenga barras colectoras de menos de tres fases. No deben instalarse interruptores automáticos en delta, en tableros de alumbrado y control.

f) Dispositivos de alimentación posterior. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente de tipo enchufable o los interruptores de circuito de alimentación de tipo enchufable que puedan recibir alimentación en la parte posterior, se deben sujetar con un medio adicional que exija algo más que un simple tirón para sacar el dispositivo de su montaje en el panel.

384-17. Tableros de alumbrado y control en lugares húmedos o mojados. La instalación de tableros de alumbrado y control en lugares húmedos o mojados debe cumplir con lo establecido en 373-2(a).

No deben colocarse tableros de alumbrado y control en baños, áreas de vestidores y donde haya la posibilidad de operarlos con pies desnudos y/o piso mojado.

384-18. Envolventes. Los tableros de alumbrado y control deben instalarse en gabinetes, cajas para cortacircuitos o envolventes diseñadas para ese uso, debiendo ser de frente muerto.

Excepción: Se permite instalar tableros de alumbrado y control diferentes a los de frente muerto operables desde fuera con tensión eléctrica en la parte desde la que se accionan, si son accesibles únicamente por personas calificadas.

384-19. Posición relativa de los fusibles y desconectores. En los tableros de alumbrado y control, los fusibles de cualquier tipo deben instalarse en el lado de la carga de cualquier tipo de desconector.

Excepción: Lo que se establece en 230-94 para equipo de acometida.

384-20. Puesta a tierra de los tableros de alumbrado y control. Los gabinetes y marcos de los tableros de alumbrado y control, si son metálicos, deben estar en contacto físico entre sí y ponerse a tierra según lo establece el artículo 250 o lo indicado en 384-3(c) Si se utiliza el tablero de alumbrado y control con canalizaciones o cables no metálicos o si existen conductores para puesta a tierra independientes, debe instalarse dentro del tablero una barra colectora terminal para esos conductores. La barra colectora debe unirse o conectarse con el tablero y al marco del gabinete, si son metálicos. Si no, debe conectarse al conductor de puesta a tierra que atraviesa junto con los conductores de alimentación del tablero de alumbrado y control.

Excepción: Cuando exista un conductor separado para puesta a tierra de equipo como se permite en la Excepción 4 de 250-74. Se permite que este conductor de puesta a tierra, que atraviesa junto con los conductores de fase, pase por el tablero de alumbrado y control sin conectarlo a la barra colectora terminal de puesta a tierra del equipo.

Los conductores de puesta a tierra no deben conectarse a la barra colectora de la terminal instalada para los conductores puestos a tierra (puede ser el neutro), excepto si está aprobada y listada para ese uso, e instalada en un lugar en el que la conexión entre los conductores de puesta a tierra de equipo y los conductores del circuito puesto a tierra esté permitida o exigida por el artículo 250.

D. Especificaciones de construcción

384-30. Paneles. Los paneles de los tableros de distribución deben ser de material no combustible y resistente a la humedad.

384-31. Barras colectoras. Las barras colectoras aisladas o desnudas deben estar rígidamente montadas.

384-32. Protección de los circuitos de instrumentos. Los instrumentos, luces piloto, transformadores y otros dispositivos de los tableros de distribución que puedan tener devanados deben estar alimentados por un circuito que esté protegido por dispositivos de sobrecorriente de 15 A nominales o menos.

Excepción 1: Se permite instalar dispositivos de sobrecorriente de más de 15 A cuando la interrupción del circuito pueda crear riesgo. Debe instalarse protección contra cortocircuito.

Excepción 2: Para corriente eléctrica nominal de 2 A o menor se permiten tipos especiales de fusibles del tipo encapsulado.

384-33. Requisitos de los componentes. Los desconectadores, fusibles y portafusibles utilizados en los tableros de alumbrado y control deben cumplir los requisitos aplicables de los artículos 240 y 380.

384-34. Desconectadores de cuchilla. Las navajas expuestas de los desconectadores de cuchilla deben quedar sin potencial eléctrico cuando se abran.

Nota: Para su instalación, véase la Excepción de 380-6(c).

384-35. Espacio para doblado de cables en los tableros de alumbrado y control. La envolvente de un tablero de alumbrado y control debe tener un espacio arriba y otro abajo para el doblado de los cables, de dimensiones según la Tabla 373-6(b) para el mayor conductor que entre o salga de la cubierta. Además debe dejarse un espacio lateral para curvas de cables de acuerdo con lo indicado en la Tabla 373-6(a) para el conductor de mayor tamaño nominal que termine en ese espacio.

Excepción 1: Para tableros de alumbrado y control de circuitos derivados de alumbrado y aparatos de 225 A nominales o menos, se permite que el espacio superior o el inferior del tablero de alumbrado y control se calcule de acuerdo con lo indicado en la Tabla 373-6(a).

Excepción 2: Cuando exista al menos un espacio lateral para el doblado de cables de dimensiones según la Tabla 373-6(b) para el mayor conductor que termine en cualquiera de los lados de la cubierta, se permite que el espacio superior o el inferior del tablero de alumbrado y control se calcule de acuerdo con lo indicado en la Tabla 373-6(a).

Excepción 3: Si el tablero de alumbrado y control está diseñado y construido de manera que sólo exista una curva de 90° en cada conductor, incluido el neutro, y el diagrama de cableado muestra y especifica el método de instalación que debe utilizarse, se permite que el espacio superior y el inferior del tablero de alumbrado y control se calculen de acuerdo con lo indicado en la Tabla 373-6(a).

384-36. Separaciones mínimas. La separación mínima entre las partes metálicas desnudas, barras colectoras, etcétera, no debe ser menor que lo especificado en la Tabla 384-36.

Donde la proximidad no cause un calentamiento excesivo, se permite que partes con la misma polaridad como desconectadores, fusibles en portafusibles, etcétera, estén instaladas juntas, tan cerca que permita una correcta operación.

TABLA 384-36.- Separación mínima entre piezas de metal desnudas, en cm

	Polaridad inversa cuando están montadas en la misma superficie	Polaridad inversa cuando están al aire libre	Entre las partes vivas y tierra*
No más de 127 V nominales	2,0	1,5	1,5
No más de 250 V nominales	3,5	2,0	1,5
No más de 600 V nominales	5,5	2,5	2,5

* Para la separación entre partes vivas (portadoras de corriente eléctrica) y puertas de los gabinetes, véase 373-11(a) (1), (2) y (3).

**4.4 EQUIPOS DE USO GENERAL
CAPITULO 4**

ARTICULO 400-CABLES Y CORDONES FLEXIBLES

A. Disposiciones generales

400-1. Alcance. Este artículo cubre las disposiciones generales, usos y especificaciones de construcción de cables flexibles y de cordones flexibles.

400-2. Otros Artículos. Los cables y cordones flexibles deben cumplir lo establecido en este artículo y las disposiciones aplicables de los demás de esta Norma.

400-3. Uso. Los cables y cordones flexibles y sus accesorios deben ser adecuados para las condiciones de uso e instalación.

400-4. Tipos. Los cables y cordones flexibles deben estar de acuerdo con la descripción de la Tabla 400-4. Los tipos de cables y cordones flexibles que no aparezcan indicados en esa Tabla, deben someterse a investigación especial.

400-5. Capacidad de conducción de corriente de los cables y cordones flexibles. En las Tablas 400-5(a) y 400-5(b) se indica la capacidad de conducción de corriente de los cables y de cordones flexibles con no más de tres conductores portadores de corriente. Estas tablas se deben utilizar junto con las normas de los productos, para elegir los cables de tamaño nominal y tipo adecuados. Si hubiera más de tres conductores portadores de corriente, la capacidad de conducción de corriente de cada conductor se debe reducir a partir de la de los cables de tres conductores, en la siguiente proporción:

Cantidad de conductores	Por ciento que se debe aplicar a los valores de las Tablas 400-5(a) y 400-5(b)
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
De 41 en adelante	35

Temperatura máxima admisible del aislamiento. En ningún caso deben agruparse los conductores de modo que excedan sus límites de temperatura, teniendo en cuenta el tipo de circuito, el tipo de instalación o la cantidad de conductores.

Un conductor neutro que sólo conduzca la corriente de desequilibrio de otros conductores del mismo circuito, no se considera como conductor activo o portador de corriente.

En un circuito de tres hilos con dos hilos de fase y el neutro así como en un sistema de tres fases cuatro hilos, conectado en estrella, el conductor común conduce aproximadamente la misma intensidad de corriente que los otros conductores de fase, por lo que se debe considerar como conductor activo o portador de corriente.

En un circuito de tres fases cuatro hilos conectados en estrella, en el que la mayor parte de la carga sea no lineal, como lámparas de descarga, equipo electrónico y equipo de procesamiento de datos o similares, en el conductor neutro se producen corrientes armónicas, por lo que éste debe considerarse como conductor activo o portador de corriente.

El conductor de puesta a tierra de equipo no debe considerarse como conductor activo o portador de corriente.

Cuando se utilice un solo conductor como conductor de puesta a tierra de equipo y para transportar la corriente de desequilibrio de otros conductores para cocinas y secadoras eléctricas de ropa, como se establece en 250-60, no se debe considerar como conductor activo o portador de corriente.

Excepción: Para otras condiciones de carga, se permite aplicar los factores de ajuste establecidos en 310-15(b).

Nota: Véase el Apéndice A, Tabla A-310-11 para los factores de ajuste cuando hay más de tres conductores que conducen corriente en una canalización o cable con distintas cargas.

TABLA 400-4.- Cordones y cables flexibles

Nombre Comercial	Tipo de cordón o cable	Número de conductores	Aislamiento	Tamaño o Designación		Esesor de aislamiento nominal	Malla sobre cada conductor	Material de la cubierta exterior	Uso		
				mm ²	AWG kcmil	mm					
Cable para elevador	E	2 o más	Termofijo	0,519-1,31	20-16	0,51	Algodón Cubierta flexible de nylon	Tres de algodón. Una exterior retardante a la flama y resistente a la humedad	Alumbrado y control en elevadores	En áreas que no son peligrosas (clasificadas)	
				2,08-3,30	14-12	0,76					
				5,26	10	1,14					
				8,37-33,6	8-2	1,52					
Cable para elevador	EO	2 o más	Termofijo	0,519-1,31	20-16	0,51	Algodón	Tres de algodón. Una exterior retardante a la flama y resistente a la humedad	Alumbrado y control en elevadores	En áreas que no son peligrosas (clasificadas)	
				2,08-3,30	14-12	0,76					
				5,26	10	1,14					
Cable para elevador	ETP	2 o más	Termoplástico	0,519-1,31	20-16	0,51	Rayón	Una de algodón o equivalente y una cubierta termo-plástica	En áreas peligrosas clasificadas		
				2,08-3,30	14-12	0,76					
Cable para elevador	ETT	2 o más	Termoplástico	5,26	10	1,14	No	Termofijo resistente al aceite	Portátil y uso extrarrudo		
				8,37-33,6	8-2	1,52					
Cable de energía portátil	G	2 a 6 más conductores de tierra	Termofijo	8,37-33,6	8-2	1,52		Termofijo resistente al aceite	Portátil y uso extrarrudo		
				42,4-107	1-4/0	2,03					
Cable de energía portátil	G-GC	3 a 6 más conductores de tierra y un conductor de tierra para verificar	Termofijo	127-253	250-500	2,41		Termofijo resistente al aceite	Portátil y uso extrarrudo		
				3,31 - 33,6	12 - 2	1,52					
Cable de energía portátil	G-GC	3 a 6 más conductores de tierra y un conductor de tierra para verificar	Termofijo	42,4 - 107	1 - 4/0	2,03		Termofijo resistente al aceite	Portátil y uso extrarrudo		
				127 - 253	250 - 500	2,41					
Cordón paralelo para calentador	HPN	2 o 3	Termofijo resistente al aceite	0,519-1,31	18-16	1,14	No	Termofijo resistente al aceite	Portátil	En lugares secos y húmedos	No para uso rudo
				2,08-3,30	14-12	2,41					
Cordones para calentador con cubierta termofija	HSJ	2, 3 o 4	Termofijo	0,824-1,31	18-16	0,76	No	Algodón y Termofijo	Portátil o calentador portátil	En lugares húmedos	Para uso rudo
	HSJO		Termofijo resistente al aceite	2,08-1,31	14-16	1,14					
	HSJOO		Termofijo resistente al aceite	0,824-3,30	18 - 12						
Cordones paralelos no integrados	NISP-1	2 o 3	Termofijo	0,519-0,824	20-18	0,38	No	Termofijo	Colgantes o portátiles	Lugares húmedos	No para uso rudo
	NISP-2			0,824-1,31	18-16	0,76					
	NISPE-1		Elastómero termoplástico	0,519-0,824	20-18	0,38					
	NISPE-2			0,824-1,31	18-16	0,76					
							Elastómero termoplástico				

Nombre Comercial	Tipo de cordón o cable	Número de conductores	Aislamiento	Tamaño o Designación		Espesor de aislamiento nominal	Malla sobre cada conductor	Material de la cubierta exterior	Uso		
				mm ²	AWG kcmil	mm					
	NISPT-1		Termoplástico	0,519-0,824	20-18	0,38		Termoplástico			
	NISPT-2			0,824-1,31	18-16	0,76					
Cable de energía flexible para escenarios e iluminación	SC	1 o más	Termofijo	8,37-33,6 42,4-107 127	8-2 1-4/0 250	1,52 2,03 2,41	No	Termofijo	Portátil y uso extra-rudo		
	SCE	1 o más	Elastómero Termoplástico	8,37-33,6 42,4-107 127	8-2 1-4/0 250	1,52 2,03 2,41		Elastómero termoplástico	Portátil y uso extra-rudo		
	SCT	1 o más	Termoplástico	8,37-33,6 42,4-107 127	8-2 1-4/0 250	1,52 2,03 2,41		Termoplástico	Portátil y uso extrarrudo		
Cordón uso Rudo	SJ	2 o más	Termofijo	0,824-3,31	18-12	0,76	No	Termofijo	Colgante o portátil	En lugares secos y húmedos	Uso rudo
	SJO	2 o más	Termofijo	0,824-3,31 5,26	18-12 10	0,76 1,14		Termofijo resistente al aceite	Colgante o portátil	En lugares secos y húmedos	Uso rudo
	SJT	2 o más	Termoplástico	0,824-3,31 5,26	18-12 10	0,76 1,14		Termoplástico	Colgante o portátil	En lugares secos y húmedos	Uso rudo
	SJTW	2 o más	Termoplástico	0,824-3,31 5,26	18-12 10	0,76 1,14		Termoplástico resistente al aceite	Colgante o portátil	En lugares secos y húmedos	Uso rudo en interiores y exteriores
	SJTO	2 o más	Termoplástico	0,824-3,31	18-12	0,76					
Cordón uso extra rudo	SO	2 o más	Termofijo	0,824-1,31 2,08-5,26 8,37-33,6	18-16 14-10 8-2	0,76 1,14 1,52	No	Termofijo resistente al aceite	Colgante o portátil	En lugares secos y húmedos	Uso extrarrudo
Cordón paralelo termofijo	SP-1	2 o 3	Termofijo	0,519-0,824	20-18	0,76	No	Termofijo	Colgante o portátil	En lugares secos y húmedos	No para uso rudo
	SP-2			0,824-1,31	18-16	1,14					
	SP-3			0,824-1,31 2,08 3,31 5,26	18-16 14 12 10	1,52 2,03 2,41 2,80					
Cordón uso extra rudo	ST	2 o más	Termoplástico	0,824-1,31 2,08-5,26 8,37-33,6	18-16 14-10 8-2	0,76 1,14 1,52	No	Termoplástico	Colgante o portátil	En lugares secos y húmedos	Uso extra-rudo
	STW	2 o más	Termoplástico	0,824-1,31 2,08-5,26 8,37-33,6	18-16 14-10 8-2	0,76 1,14 1,52		Termoplástico	Colgante o portátil	En lugares secos y húmedos	Uso extrarrudo en interiores y exteriores
Cordón paralelo plástico	SPT-O	2	Termoplástico	0,325	22	0,64	No	Termoplástico	Colgante o Portátil	En lugares secos y húmedos	No para uso rudo
	SPT-1	2 o 3	Termoplástico	0,519-824	20-18	0,76			Refrigeradores, aparatos de aire	En lugares secos y húmedos	No para uso rudo

Nombre Comercial	Tipo de cordón o cable	Número de conductores	Aislamiento	Tamaño o Designación		Espesor de aislamiento nominal	Malla sobre cada conductor	Material de la cubierta exterior	Uso		
				mm ²	AWG kcmil	mm					
	SPT-2	2 o 3	Termoplástico	0,824-1,31	18-16	1,14			acondicionado y aparatos electrodomésticos como se permite en la sección 422-8(d)		
	SPT-3	2 o 3	Termoplástico	0,824-1,31 2,08 3,30 5,26	18-16 14 12 10	1,52 2,03 2,41 2,79					
Cable para estufa o secadora	SRD	3 o 4	Termofijo	5,26-21,2	10-4	1,14	No	Termofijo	Portátil	En lugares húmedos	Estufas, secadoras
	SRDE	3 o 4	Elastómero termoplástico	5,26-21,2	10-4			Elastómero termoplástico			
	SRDT	3 o 4	Termoplástico	5,26-21,2	10-4			Termoplástico			
Cordón para aspiradora	SVO	2 o 3	Termofijo	0,824-1,31	18-16	0,38	No	Termofijo resistente al aceite	Colgante o Portátil	En lugares húmedos	No para uso rudo
	SVT	2 o 3	Termoplástico	0,824-1,31	18-16	0,38		Termoplástico			
	SVTO	2 o 3	Termoplástico	0,824-1,31	18-16	0,38		Termoplástico resistente al aceite			
Cordón tinsel paralelo	TPT	2	Termoplástico	0,1	27	0,76	No	Termoplástico	Conectado a un artefacto	Lugares húmedos	No para uso rudo
Cordón tinsel con cubierta	TS	2	Termofijo	0,1	27	0,38	No	Termofijo	Conectado a un artefacto	Lugares húmedos	No para uso rudo
	TST		Termoplástico								
Cable portátil de potencia	W	1 a 6	Termofijo	8,37-33,6 42,4-107 127-253	8-2 1-4/0 250 500	1,52 2,03 2,41		Termofijo resistente al aceite	Portátil y uso extrarrudo		
Cable para vehículos eléctricos	EV	2 o más y conductor (es) de puesta a tierra, más cables de datos híbridos, señales, comunicaciones y fibra óptica, opcionales	Termofijo con nylon opcional	0,824-1,31	18-16	0,76(0,51)	Opcional	Termofijo	Carga de vehículos eléctricos	Lugares mojados	Trabajo extra pesado
				2,08-5,26	14-10	1,14(0,76)					
	8,37-33,6		8-2	1,52(1,14)	Elastómero termoplástico	Trabajo extra pesado					
	42,4-107		1-4/0	2,03(1,52)							
127-253	250-500	2,41(1,90)									
EVJ	0,824-3,31	18-12	0,76(0,51)		Trabajo pesado						
EVE	Elastómero termoplástico con nylon opcional	0,824-1,31	18-16	0,76(0,51)	Trabajo extra pesado						
		2,08-5,26	14-10	1,14(0,76)							
8,37-33,6	8-2	1,52(1,14)	Trabajo extra pesado								
42,4-107	1-4/0	2,03(1,2)									
127-253	250-500	2,41(1,90)									
EVJE	0,824-3,31	18-12	0,76(0,51)	Trabajo pesado							
Cable para	EVT	2 o más y	Termoplástico	0,824-1,31	18-16	0,7(0,51)	Opcional	Termoplástico	Carga de	Lugares mojados	Trabajo extra pesado

Nombre Comercial	Tipo de cordón o cable	Número de conductores	Aislamiento	Tamaño o Designación		Espesor de aislamiento nominal	Malla sobre cada conductor	Material de la cubierta exterior	Uso	
				mm ²	AWG kcmil	mm				
vehículos eléctricos	EVJT	conductor(es) de puesta a tierra, más cables de datos híbridos, señales, comunicaciones y fibra óptica, opcionales	con nylon opcional	2,08-5,26	14-10	1,14(0,76)			vehículos eléctricos	Trabajo pesado
				8,37-33,6	8-2	1,52(1,14)				
				42,4-107	1-4/0	2,03(1,52)				
				127-253	250-500	2,41(1,90)				
				0,824-3,31	18-12	0,76(0,51)				

Notas:

1. Excepto para los Tipos HPN, SPT-0, SPT-1, SPT-2, SPT-3 y las versiones de tres conductores paralelos de SRD, SRDE, SRDT, los conductores individuales deben cablearse juntos.
2. Para los tipos G, SC, SCE, SCT, SO, ST, STW y W se permite su utilización en escenarios, garajes y en otras partes donde esta Norma permite el uso de cordones flexibles.
3. Los cables móviles de elevadores para los circuitos de control de la operación y señalización deben incluir rellenos no metálicos para mantener la concentricidad. Los cables deben tener miembros de soporte de acero para su suspensión de acuerdo con lo requerido en 620-41. En lugares que estén sujetos a humedad excesiva, vapores corrosivos o gases, se permite el uso de miembros de soporte de otros materiales. Cuando se utilicen miembros de soporte de acero, éstos deben colocarse en forma recta en el centro del reunion de los conductores del cable y no deben cablearse junto con los alambres de cobre de cualquier conductor. Además de los conductores usados para los circuitos de control y señalización, se permite que los cables para elevador tipo, EO, ETP y ETT incorporen en su construcción uno o más pares telefónicos de tamaño nominal de 0,519 mm² (20 AWG), uno o más cables coaxiales, una o más fibras ópticas, o una combinación de éstos. Se permite que los pares telefónicos de tamaño nominal de 0,519 mm² (20 AWG) estén cubiertos con un blindaje aprobado para telefonía, audio o circuitos de comunicación de alta frecuencia. Los cables coaxiales consisten de un conductor central, aislamiento y blindaje para uso en video u otros circuitos de comunicación de radio-frecuencia. Las fibras ópticas deben estar adecuadamente cubiertas con un compuesto termoplástico resistente a la propagación de incendio. El aislamiento de los conductores debe ser hule o termoplástico con un espesor no menor que el especificado para los otros conductores del tipo particular de cable. Las pantallas metálicas deben tener su propia cubierta protectora. Cuando se requiera, se permite la utilización de estos componentes en cualquier capa del ensamble del cable pero no deben colocarse en el centro en forma recta.
4. El tercer conductor de los cables HPN, SPT-0, SPT-1, SPT-2, SPT-3 y SVT debe utilizarse únicamente para la puesta a tierra del equipo.
5. Los conductores individuales de todos los cordones, excepto aquellos cordones resistentes al calor, deben tener un aislamiento termoplástico o termofijo, con excepción del conductor de puesta a tierra del equipo que, cuando se utilice, debe estar de acuerdo con lo especificado en 400-23 (b).
6. Cuando la tensión eléctrica entre dos conductores exceda 300 V, pero no exceda 600 V, los cordones flexibles de tamaño nominal de 5,26 mm² (10 AWG) y menores, deben tener en sus conductores individuales aislamiento termofijo o termoplástico con un espesor de aislamiento mínimo de 1,14 mm, a menos que se utilicen cordones tipo SO o ST.
7. Cuando los aislamientos y cubiertas exteriores cumplan con los requerimientos de resistencia a la propagación de incendio, baja emisión de humos y baja emisión de gas ácido halogenado, se permite que puedan estar marcados con el sufijo LS.
8. Los cables para elevadores de tamaño nominal de 0,519 mm² a 2,08 mm² (20 AWG al 14 AWG) están clasificados para 300 V y de 5,26 mm² a 33,6 mm² (10 AWG al 2 AWG) están clasificados para 600 V. Conductores de tamaño nominal de 3,31 mm² (12 AWG) con un espesor de aislamiento de 0,76 mm están clasificados para 300 V y con un espesor de 1,14 mm para 600 V.
9. Los tipos de conductores que incluyen al final del tipo la letra W, pueden emplearse en interiores y exteriores. Para este uso deben estar aprobados como resistentes a la intemperie.

TABLA 400-5(a).- Capacidad de conducción de corriente de cables y cordones flexibles a temperatura ambiente de 30 °C. Véase 400- 13 y la Tabla 400- 4

Tamaño o Designación		Tipo TS con termo-endurecido	Tipos E, EO, SJ, SJO, SJO, SO, SP-1, SP-2, SP-3 SRD, SV, SVO, y con termofijo		Tipos HPN, HSJ, HSJO, HSJOO
		Tipos TPT y TST con termo-plástico	Tipos ETP, ETT, SJT, SJTW SJTO, SJTOO, SP-1, SP-2, SP-3, SPT-0, SPT-1, SPT-2, SPT-3, ST, STW, SRDE, SRDT, STO, SVT, SVTO y STVOO con termoplástico		
mm ²	AWG		A#	B#	
0,1	27*	0,5	-	-	-
0,519	20	-	5**	***	-
0,824	18	-	7	10	10
-	17	-	-	--	13

1,31	16	-	10	13	15
2,08	14	-	15	18	20
3,30	12	-	20	25	30
5,26	10	-	25	30	35
8,37	8	-	35	40	-
13,3	6	-	45	55	-
21,2	4	-	60	70	-
33,6	2	-	80	95	-

* Cordón oropel (tinsel)

** Sólo cables para elevadores

*** 7 A sólo para cables para elevadores y 2 A para los demás

Los valores de la columna A son para cables de tres conductores y otros multipolares conectados a equipos de utilización, de modo que los tres cables sean portadores de corriente eléctrica. Los de la columna B son para cables de dos conductores y otros multipolares conectados a equipos de utilización de modo que sólo dos conductores sean portadores de corriente eléctrica.

TABLA 400-5(b).- Capacidad de conducción de corriente de los cables de tipo SC, SCE, SCT y G (Basada en temperatura ambiente de 30 °C. Véase la tabla 400-4)

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del cable								
		60°C			75°C			90°C		
mm ²	AWG kcmil	D	E	F	D	E	F	D	E	F
8,37	8	60	55	48	70	65	57	80	74	65
13,3	6	80	72	63	95	88	77	105	99	87
21,2	4	105	96	84	125	115	101	140	130	114
26,7	3	120	113	99	145	135	118	165	152	133
33,6	2	140	128	112	170	152	133	190	174	152
42,4	1	165	150	131	195	178	156	220	202	177
53,5	1/0	195	173	151	230	207	181	260	234	205
67,4	2/0	225	199	174	265	238	208	300	271	237
85,0	3/0	260	230	201	310	275	241	350	313	274
107	4/0	300	265	232	360	317	277	405	361	316
127	250	340	296	259	405	354	310	455	402	352
152	300	375	330	289	445	395	346	505	449	393
177	350	420	363	318	505	435	381	570	495	433
203	400	455	392	343	545	469	410	615	535	468
253	500	515	448	392	620	537	470	700	613	536

Los valores de capacidad de conducción de corriente de la columna D son para cables de un solo conductor de tipo SC, SCE, SCT y W, solamente cuando los conductores individuales no estén instalados en canalizaciones ni en contacto físico unos con otros, excepto en tramos que no excedan 60 cm, cuando atraviesen la pared de un gabinete.

Los valores de capacidad de conducción de corriente de la columna E son para cables de dos conductores y otros multiconductores conectados a equipo de utilización de modo que sólo conduzcan corriente dos conductores. Los valores de capacidad de conducción de corriente de la columna F son para cables de tres conductores y otros multiconductores conectados a equipo de utilización de modo que solamente tres conductores conduzcan corriente.

400-6. Marcado

a) Marcado normal. Los cables y cordones flexibles se deben marcar por medio de una etiqueta impresa sujeta al carrete o a la caja. La etiqueta debe contener la información que se exige en 310-11(a).

Los cordones flexibles de tipo SC, SCE, SCT, SJT, SJO, SO, ST y los cables flexibles tipo G y W deben marcarse en forma legible y permanente en su superficie exterior a intervalos que no excedan de 0,3 m con el tipo con designación, tamaño nominal y cantidad de conductores.

b) Marcado opcional. Se permite que los cables y cordones flexibles indicados en la Tabla 400-4 se marquen en su superficie indicando las características especiales de los materiales del cable.

Nota: Estas marcas pueden ser, entre otras, "LS" para los cables con producción limitada de humo; "resistente a la luz del sol", etcétera.

400-7. Usos permitidos

a) Usos. Los cables y cordones flexibles deben utilizarse sólo para:

- (1) conexiones colgantes;
- (2) alambrado de luminarios;
- (3) conexión de lámparas portátiles, anuncios portátiles y móviles o aparatos electrodomésticos móviles;
- (4) cables de elevadores;
- (5) instalaciones de grúas y polipastos;
- (6) conexión de equipo fijo para facilitar cambios frecuentes;
- (7) para evitar la transmisión de ruido o vibraciones;

(8) equipos eléctricos cuyos medios de sujeción y conexiones mecánicas estén diseñados específicamente para desmontarlos para su fácil mantenimiento y reparación y el equipo eléctrico esté diseñado o aprobado e identificado para utilizarse con un cordón flexible;

(9) equipo de procesamiento de datos, de acuerdo con lo establecido en 645-5;

(10) conexión de partes móviles;

(11) instalaciones temporales permitidas en 305-4(b) y 305-4(c).

b) Clavijas de conexión. Cuando se utilicen como se permite en (a)(3), (a)(6) y (a)(8) de esta sección, los cordones flexibles deben estar equipados con una clavija de conexión y conectarse a la salida del receptáculo.

Excepción: Lo permitido en 364-8.

400-8. Usos no permitidos. Si no se permite específicamente en 400-7, no se deben utilizar cables y cordones flexibles:

(1) en sustitución de la instalación fija de un edificio;

(2) cuando tienen una trayectoria a través de un orificio en la pared, techos estructurales, techos suspendidos o techos inclinados o pisos;

(3) cuando atraviesen puertas, ventanas o aberturas similares;

(4) cuando vayan unidos a la superficie de un edificio;

Excepción: Se permite que un cable o cordón flexible tenga una conexión en la superficie de un edificio para una toma de tensión eléctrica adecuada. La longitud del cable o del cordón desde la terminación de la toma no debe ser superior a 1,80 m. (Ver 364-8(a));

(5) cuando estén ocultos tras las paredes, suelos o techos de un edificio, o

(6) cuando estén instalados en canalizaciones, excepto si se permite en otros lugares de esta Norma.

400-9. Empalmes. Los cordones flexibles cuando estén permitidos en 400-7(a) se deben utilizar sólo en tramos continuos sin empalmes ni conexiones. Se permite empalmar los cables y cordones de uso rudo (Columna 1 de la Tabla 400-4), de tamaño nominal 2,08 mm² (14 AWG) y superior, si los conductores están empalmados según lo establecido en 110-14(b) y el empalme completo mantiene el aislamiento y las propiedades del recubrimiento exterior y las características de uso del cable empalmado.

400-10. Tensión mecánica en las uniones y terminales. Los cordones flexibles y cables deben tener conectados los aparatos eléctricos y accesorios de modo que la tensión mecánica ejercida sobre ellos no se transmita a las uniones o terminales.

Nota: Algunos métodos de evitar que la tensión mecánica ejercida sobre un cordón se transmita a las uniones o terminales son: (1) anudando el cordón; (2) sujetarlo con cinta aislante y (3) utilizar accesorios diseñados para ello.

400-11. Vitrinas y escaparates. Los cordones flexibles utilizados en las vitrinas y escaparates deben ser de tipo SJO, SJT, SO o ST.

Excepción 1: Para el alambrado de equipo de alumbrado colgado de una cadena.

Excepción 2: Como cables de suministro de lámparas portátiles u otras mercancías expuestas a la venta.

400-12. Tamaño nominal mínimo. Los conductores de un cable o de un cordón flexible deben tener tamaño nominal no inferior a lo establecido en la Tabla 400-4.

400-13. Protección contra sobrecorriente. Los cordones flexibles de tamaño nominal no inferior a $0,824 \text{ mm}^2$ (18 AWG), los cordones con brocal o los que tengan características equivalentes de tamaño nominal inferior al aprobado para su utilización con determinados aparatos eléctricos, se deben considerar protegidos contra sobrecorriente por los dispositivos de protección descritos en 240-4.

400-14. Protección contra daños. Los cables y cordones flexibles se deben proteger con dispositivos o boquillas adecuadas, cuando pasen a través de orificios en las tapas, cajas de salida de conexión o gabinetes similares.

B. Especificaciones de construcción

400-20. Etiquetas. Los cables y cordones flexibles deben ser probados en fábrica y etiquetados en consecuencia, antes de empacarlos.

400-21. Espesor nominal del aislamiento. El espesor nominal del aislamiento de los conductores de cables y cordones flexibles no debe ser inferior al establecido en la Tabla 400-4.

400-22. Identificación del conductor puesto a tierra. El conductor de un cable o cordón flexible que esté diseñado como conductor puesto a tierra del circuito, debe tener una marca continua que lo distinga claramente de los demás conductores. La identificación se hará por alguno de los métodos especificados en los siguientes incisos:

a) Malla trenzada coloreada. Una malla trenzada de color blanco o gris claro y la malla de los demás conductores de color o colores lisos, claramente distintos.

b) Trazador en la malla. Un trazador en la malla de un color que contraste claramente con el de ésta y ningún trazador en la malla de otro conductor o conductores. No debe utilizarse ningún trazador en la malla de cualquier conductor o cordón flexible que contenga un conductor con una malla de color blanco o gris claro.

c) Aislamiento coloreado. En los cordones que no lleven malla en los conductores individuales, con un aislamiento blanco o gris claro en un conductor y un color o colores fácilmente diferenciables en el otro o en los restantes.

En los cordones con cubierta exterior que se suministren con los aparatos eléctricos, debe utilizarse un conductor con el aislamiento azul claro y los demás conductores con sus aislamientos de colores claramente diferenciables, que no sean blanco ni gris claro.

Excepción: En cordones que tienen el aislamiento individual de los conductores integrado con la cubierta.

Se permite cubrir el aislamiento con un acabado exterior para proveer el color deseado.

d) Separador coloreado. En los cordones en donde el aislamiento de los conductores esté integrado con la cubierta, un separador blanco o gris claro en un conductor y otro de un color liso fácilmente diferenciable en el otro conductor o conductores.

e) Conductores estañados. Para los cordones con aislamiento en conductores individuales integrados con la cubierta, un conductor que tenga hilos individuales estañados y el otro conductor o conductores que tenga(n) hilos individuales sin estañar.

f) Marcado en la superficie. En los cordones, en donde el aislamiento de los conductores, esté integrado con la cubierta, una o más crestas, franjas o ranuras situadas en el exterior del cordón para identificar un conductor.

400-23. Identificación del conductor de puesta a tierra de equipo. Un conductor que esté destinado para utilizarlo como conductor de puesta a tierra de equipo, debe llevar una marca de identificación continua que lo distinga claramente de los demás conductores. Los conductores con una cubierta continua verde o verde con franjas amarillas no se deben utilizar para otro fin que para puesta a tierra de equipo. La marca de identificación debe ser alguna de las especificadas a continuación:

a) Malla trenzada coloreada. Una malla trenzada de color verde continuo o de color verde con una o más franjas amarillas.

b) Aislamiento o cubierta coloreada. En los cordones que no tengan sus conductores individuales con malla, un aislamiento de color verde continuo o de color verde con una o más franjas amarillas.

400-24. Clavijas de conexión. Cuando un cordón flexible tenga conductor de puesta a tierra de equipo y esté equipado con clavija de conexión, esta clavija debe cumplir lo establecido en 250-59(a) y (b).

C. Cables portátiles de tensión eléctrica nominal mayor que 600 V

400-30. Alcance. Esta parte del artículo 400, se aplica a los cables multiconductores portátiles utilizados para conectar equipo móvil y maquinaria.

400-31. Construcción

a) Conductores. Los conductores deben ser de cobre de tamaño nominal de $8,37 \text{ mm}^2$ (8 AWG) o mayores y deben ser de cableado flexible.

b) Pantalla. Los cables que operen a más de 2 000 V deben tener pantalla, que tiene por finalidad limitar los esfuerzos de tensión eléctrica dentro del aislamiento.

c) Conductor de puesta a tierra de equipo. Deben tener un conductor o conductores de puesta a tierra de equipo. El tamaño nominal no debe ser menor que el del conductor requerido en 250-95.

400-32. Pantalla puesta a tierra. Todas las pantallas deben ponerse a tierra.

400-33. Puesta a tierra. Los conductores de puesta a tierra se deben conectar según lo establecido en el Artículo 250, parte K.

400-34. Radio mínimo de curvatura. El radio mínimo de curvatura para los cables portátiles, durante la instalación y manejo en servicio debe ser el adecuado para prevenir daños al cable.

400-35. Accesorios. Los medios de conexión que se utilicen para conectar tramos de cable, deben estar diseñados de tal modo que contengan un seguro que los mantenga firmemente unidos. Deben tomarse las precauciones para prevenir la apertura o cierre de estas conexiones mientras estén energizados. Debe utilizarse algún dispositivo disponible para eliminar la tensión mecánica en los medios de conexión y en las terminales.

400-36. Empalmes y terminales. Los cables portátiles no deben contener empalmes, excepto si son de tipo moldeado permanente o vulcanizado, según como se establece en 110-14(b). Las terminales de los cables portátiles de más de 600 V nominales deben ser accesibles únicamente a personal calificado.

ARTICULO 402 – CABLES PARA ARTEFACTOS

402-1. Alcance. Este artículo se refiere a los requisitos generales y a las especificaciones de construcción de los cables para artefactos.

402-2. Otros Artículos. Los cables para artefactos deben cumplir lo establecido en este artículo y en las disposiciones aplicables de los demás artículos de esta Norma.

NOTA: Para aplicaciones en luminarios, véase el artículo 410.

402-3. Tipos. Los cables para artefactos deben ser de un tipo indicado en la Tabla 402-3 y cumplir con los demás requisitos de la misma. Si no se indica otra cosa, los cables para artefactos de la Tabla 402-3 son adecuados todos para tensión eléctrica de 600 V nominales, a menos que se indique otra cosa.

Nota: Los aislamientos termoplásticos pueden ponerse rígidos a temperaturas menores a -10°C , por lo que se debe tener cuidado cuando se instalen a esas temperaturas. Los aislamientos termoplásticos pueden deformarse a temperaturas normales si están sometidos a presión, por lo que se debe tener cuidado al instalarlos, especialmente en los puntos de apoyo.

TABLA 402-3.- Alambres para artefactos

Nombre genérico	Tipo de alambre para artefactos	Aislamiento	Tamaño o Designación		Espesor de aislamiento nominal, mm	Cubierta exterior	Temperatura máxima de operación	Uso
			mm ²	AWG				
Alambres para artefactos con aislamiento de silicón con conductor sólido o cable 7 hilos	SF-1	Hule silicón	0,824	(18)	0,38	Cubierta no metálica	200 °C	Alambrado de artefactos limitado a 300 V
	SF-2		0,824 a 2,08	(18 a 14)	0,76			Alambrado de artefactos
Alambres para artefactos con aislamiento de silicón cableado flexible	SFF-1	Hule Silicón	0,824	(18)	0,38	Cubierta no metálica	150 °C	Alambrado de artefactos limitado a 300 V
	SFF-2		0,824 a 2,08	(18 a 14)	0,76			Alambrado de artefactos
Alambres para artefactos con aislamiento termoplástico con conductor sólido o cable 7 hilos	TF*	Termoplástico	0,824 a 1,31	(18 a 16)	0,76	No	60 °C	Alambrado de artefactos
Alambres para artefactos con aislamiento termoplástico cableado flexible	TFF*	Termoplástico	0,824 a 1,31	(18 a 16)	0,76	No	60 °C	Alambrado de artefactos
Alambres para artefactos con aislamiento termoplástico resistente al calor con conductor sólido o cable 7 hilos	TFN*	Termoplástico	0,824 a 1,31	(18 a 16)	0,38	Cubierta de nylon o equivalente	90 °C	Alambrado de artefactos
Alambres para	TFFN*	Termoplástico	0,824 a	(18 a	0,38	Cubierta	90 °C	Alambrado

artefactos con aislamiento termoplástico resistente al calor cableado flexible			1,31	16)		de nylon o equivalente		de artefactos
--------------------------------------------------------------------------------	--	--	------	-----	--	------------------------	--	---------------

* Los aislamientos y la cubierta exterior que están aprobados como no propagadores de incendio, baja emisión de humo y gas ácido, pueden identificarse con el sufijo "LS".

402-5. Capacidad de conducción de corriente admisible de los cables de artefactos. En la Tabla 402-5 se especifica la capacidad de conducción de corriente admisible de los cables de artefactos.

No debe utilizarse ningún conductor en condiciones tales que su temperatura supere la especificada en la Tabla 402-3 para el tipo de aislamiento indicado.

Nota: Para los límites de temperatura de los conductores, véase 310-10.

TABLA 402-5.- Capacidad de conducción de corriente admisible de los cables para artefactos eléctricos

Tamaño o designación mm ² (AWG)	Capacidad de conducción de corriente permisible (A)
0,824 (18)	6
1,31 (16)	8
2,08 (14)	17
3,31 (12)	23
5,26 (10)	28

402-6. Tamaño nominal mínimo. Los cables de artefactos no deben ser de tamaño nominal menor que 0,824 mm² (18 AWG).

402-7. Cantidad de conductores en tubo (conduit). La cantidad de cables de artefactos permitidos en tubo (conduit) no debe superar el factor de relleno de la Tabla 10-1 del Capítulo 10.

402-8. Identificación del cable puesto a tierra. Un conductor de un cable de artefactos que esté proyectado para utilizarlo como conductor puesto a tierra, se debe identificar mediante franjas o por los medios descritos en los incisos (a) a (e) de 400-22.

402-9. Marcado

a) Información necesaria. Todos los cables de artefactos deben marcarse con la información exigida en 310-11(a).

b) Método de marcado. Los cables de aparatos con aislamiento termoplástico deben marcarse de modo duradero en su superficie a intervalos no mayores de 60 cm; todos los demás cables de artefactos deben marcarse por medio de una etiqueta impresa pegada al rollo, carrete o caja.

c) Marcas opcionales. Se permite que los cables y cordones flexibles indicados en la Tabla 400-4 vayan marcados en su superficie indicando las características especiales de los materiales del cable.

Nota: Estas marcas pueden ser, entre otras, "LS" o "SR" resistente a los rayos solares, etc.

402-10. Usos permitidos. Se permite usar los cables de artefactos:

(1) en instalaciones de luminarios y equipos similares cuando estén encerrados o protegidos y no sean sometidos a dobleces o torsiones durante su uso.

(2) para conectar los luminarios a los conductores del circuito derivado del que reciben la corriente.

402-11. Usos no permitidos. Los cables para artefactos no deben usarse como conductores de circuitos derivados.

Excepción: Como se permite en 725-27 para circuitos de Clase 1 y en 760-27 para circuitos de alarma contra incendios.

402-12. Protección contra sobrecorriente. Los cables de artefactos deben estar protegidos contra sobrecorriente, según lo especificado en 240-4.

ARTICULO 410-LUMINARIOS, PORTALAMPARAS, LAMPARAS Y RECEPTACULOS**A. Disposiciones generales**

410-1. Alcance. Este artículo cubre los requisitos de los luminarios, portalámparas, colgantes, receptáculos, lámparas incandescentes, lámparas de arco, lámparas de descarga y de los cableados y equipo que forme parte de las lámparas, luminarios e instalaciones de alumbrado.

NOTA: Ver definición de "Luminario" en el artículo 100.

410-2. Aplicación de otros Artículos. Los luminarios que se utilicen en áreas peligrosas (clasificadas) deben cumplir lo establecido en los artículos 500 a 517. Las instalaciones de alumbrado que funcionen a 30 V o menos deben cumplir lo establecido en el artículo 411. Las lámparas de arco utilizadas en los teatros deben cumplir con lo establecido en 520-61 y las utilizadas en equipos de proyección deben cumplir con 540-20. Las lámparas de arco utilizadas en sistemas de c.c. deben cumplir los requisitos generales del artículo 710.

410-3. Partes vivas. Los luminarios, portalámparas, lámparas y receptáculos no deben tener partes vivas expuestas normalmente al contacto. Las terminales expuestas accesibles de los portalámparas, receptáculos y desconectores, no se deben instalar en toldos con cubierta metálica ni en las bases abiertas de lámparas portátiles de mesa o de piso.

Excepción: Se permite que los portalámparas y receptáculos de tipo abrazaderas situados como mínimo a 2,44 m sobre el piso, tengan sus terminales expuestas.

B. Localización de luminarios**410-4. Luminarios en lugares específicos**

a) En lugares húmedos y mojados. La instalación de luminarios en lugares húmedos o mojados debe hacerse de modo que no entre ni se acumule agua en el compartimiento de alambrado, portalámparas u otras partes eléctricas. Todos los luminarios instalados en lugares húmedos o mojados deben llevar el marcado "Uso exterior".

Respecto al requisito anterior, se consideran lugares mojados las instalaciones subterráneas en registros o trincheras de concreto o de mampostería en contacto directo con la tierra y los locales sujetos a saturación de agua u otros líquidos, como los expuestos a la intemperie y las zonas de lavado de vehículos sin proteger y otros similares.

Respecto del requisito anterior, se consideran lugares húmedos los locales protegidos de la intemperie pero expuestos a un grado moderado de humedad, como algunos sótanos, graneros, almacenes frigoríficos y similares, y las partes parcialmente protegidas bajo marquesinas, portales techados y similares.

Nota: Respecto de las instalaciones de alumbrado en albercas, fuentes e instalaciones similares, véase el artículo 680.

b) Lugares corrosivos. Los luminarios instalados en lugares corrosivos deben ser de un tipo adecuado para dichos lugares.

c) Campanas o ductos de extracción de humos. Se permite instalar luminarios en campanas de cocinas de locales no residenciales siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:

1) El luminario debe estar aprobado e identificado para usarlo dentro de campanas de cocinas comerciales e instalado de modo que no se superen los límites de temperatura de los materiales utilizados.

2) El luminario debe estar construido de modo que los vapores de los combustibles, grasa, aceite y vapores de cocina no afecten a la lámpara ni a los cables. Los difusores deben ser resistentes al choque térmico.

3) Las partes del luminario expuestas dentro de la campana deben ser resistentes a la corrosión o estar protegidas contra la corrosión y su superficie debe ser lisa de modo que no acumule depósitos y facilite la limpieza.

4) Los cables y otros accesorios que suministren corriente eléctrica al luminario o al equipo, no deben quedar expuestos dentro de la campana.

Nota: Para conductores y luminarios expuestos a agentes deteriorantes, véase 110-11.

d) Encima de las tinas de baño y regaderas. Ninguna parte de los luminarios conectados con cordón, luminarios colgantes, rieles de alumbrado, colgantes o ventiladores de techo deben ubicarse en una zona de 90 cm horizontalmente y de 2,5 m verticalmente, medidas desde la parte superior del borde de la tina de baño

o del sardinel de la regadera. Esta zona incluye todo el espacio situado directamente sobre la tina de baño o regadera.

410-5. Luminarios cerca de materiales combustibles. Los luminarios deben estar contruidos, instalados o equipados con deflectores o protectores de modo que los materiales combustibles no se vean expuestos a temperaturas superiores a 90°C.

410-6. Luminarios encima de materiales combustibles. Los portalámparas instalados encima de materiales altamente combustibles no deben tener desconectador integral. A menos que exista un interruptor individual para cada luminario, los portalámparas deben estar situados como mínimo a 2,5 m sobre el piso o situados y protegidos de modo que las lámparas no se puedan quitar o estropear fácilmente.

410-7. Luminarios en los escaparates. En los escaparates no se deben emplear luminarios con cableado externo.

Excepción: Se permite el cableado externo de los luminarios soportados de una cadena.

410-8. Luminarios en clósets

a) Definición

Espacio de almacenaje. Se define el espacio del clóset, como el volumen limitado por las paredes laterales y trasera del clóset, y por los planos que van desde el piso del clóset verticalmente hasta una altura de 1,8 m, o a la altura superior de la barra para los ganchos y paralelos a las paredes, a una distancia de 60 cm horizontalmente desde las paredes laterales y trasera del clóset, respectivamente, y continuando verticalmente paralelo a las paredes hasta el techo del clóset, a la mayor de las siguientes distancias: 30 cm en horizontal o el ancho del anaquel.

Nota: Véase la Figura 410-8

En los clósets, en los que se pueda acceder por los dos lados a la barra para los ganchos, el espacio del ropero incluye el volumen situado bajo la barra más alta que se prolongue 3,0 m a cada lado de la misma, en un plano horizontal, al piso extendiéndose a toda la longitud de la barra.

b) Luminarios permitidos. Se permite instalar en un clóset luminarios aprobados de los tipos siguientes:

1) Una luminario incandescente montado en la superficie o empotrado y con la lámpara completamente encerrada.

2) Una luminario fluorescente, montado en la superficie o empotrado.

c) Luminarios no permitidos. No se permite instalar en los clósets luminarios incandescentes con lámparas descubiertas o parcialmente cubiertas y luminarios o portalámparas colgantes.

d) Localización. Se permite instalar luminarios en los clósets del siguiente modo:

1) Luminarios incandescentes montados en superficie, instalados sobre la pared, sobre la puerta o en el techo, siempre que quede un mínimo de 30 cm entre el luminario y el punto más cercano donde se guarde ropa.

2) Luminarios fluorescentes montados en la superficie, instalados sobre la pared, arriba de la puerta o en el techo, siempre que quede un mínimo de 15 cm entre el luminario y el punto más cercano donde se guarde ropa.

3) Luminarios incandescentes empotrados con una lámpara completamente cerrada, instalado en la pared o en el techo, siempre que quede un mínimo de 15 cm entre el luminario y el punto más cercano donde se guarde ropa.

4) Bases empotradas para luminarios fluorescentes instalados en la pared o en el techo, siempre que quede un mínimo de 15 cm entre el luminario y el punto más cercano donde se guarde ropa.

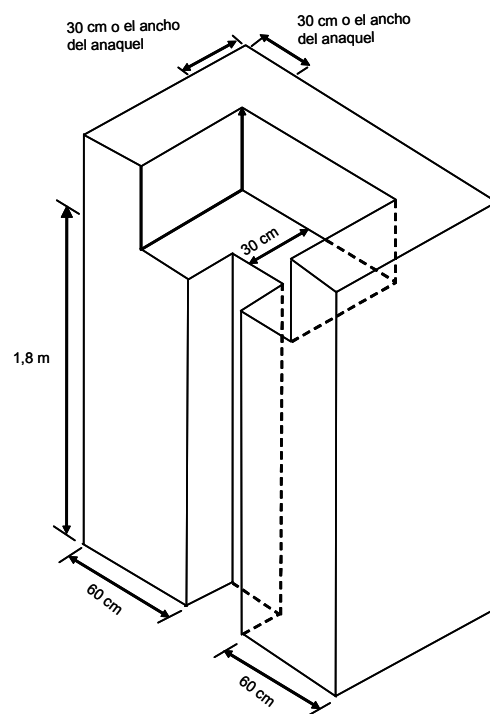


FIGURA 410-8.- Espacio de almacenamiento del clóset

(Continúa en la Cuarta Sección)

CUARTA SECCION

SECRETARIA DE ENERGIA

(Viene de la Tercera Sección)

410-9. Alumbrado en nichos. Los nichos deben tener un espacio adecuado y estar situados de modo que las lámparas y su equipo se puedan instalar y mantener adecuadamente.

C. Cajas de salida, tapas y cubiertas ornamentales para luminarios

410-10. Espacio para los conductores. En conjunto, las cubiertas ornamentales de luminarios y cajas de salida, deben dejar un espacio adecuado para instalar adecuadamente los conductores de los luminarios y sus dispositivos de conexión.

410-11. Límites de temperatura de los conductores en las cajas de salida. Los luminarios deben estar contruidos e instalados de manera que los conductores en las cajas de salida no estén expuestos a temperaturas superiores a su temperatura nominal.

Los cables de un circuito derivado no deben pasar a través de una caja de salida que forme parte integrante de un luminario incandescente, excepto si el luminario está aprobado e identificado para que pasen cables a través del mismo.

410-12. Tapas de las cajas registro de salida. En una instalación terminada, todas las cajas de registro deben tener tapa, excepto si están cubiertas por una tapa ornamental, portalámparas, receptáculo o dispositivo similar.

Excepción: Lo que se establece en 410-14(b).

410-13. Protección de los materiales combustibles en las cajas de salida. Se debe proteger con material no combustible cualquier pared o techo acabados con material combustible expuesto, que se halle entre el borde de una tapa ornamental para luminarios y la caja registro de salida.

410-14. Conexión de los luminarios de descarga eléctrica

a) Independientemente de las cajas de salida. Cuando los luminarios de descarga eléctrica estén soportados independientemente de la caja registro de salida, se deben conectar a través de canalizaciones metálicas, canalizaciones no metálicas, cables de tipo MC, AC o MI o cables con recubrimiento no metálico.

Excepción: Se permiten luminarios conectados con cordón, como se establece en 410-30 (b) y (c).

b) Acceso a las cajas. Los luminarios de descarga eléctrica montados en superficies ocultas sobre cajas de registro, de jalado, salida, o empalme, deben instalarse con aberturas adecuadas en la parte posterior del equipo de alumbrado que permita el acceso a las cajas.

D. Soportes de luminarios

410-15. Soportes

a) Requisitos generales. Los luminarios, portalámparas y receptáculos deben estar firmemente sujetos. Un equipo de alumbrado que pese más de 3 kg o exceda de 40 cm en cualquiera de sus dimensiones, no debe soportarse sólo por el tornillo del armazón del portalámparas.

b) Postes metálicos como soporte de luminarios. Se permite utilizar postes metálicos para soportar luminarios y como canalización para contener los conductores de alimentación, siempre que cumplan las siguientes condiciones:

1) En el poste metálico o en su base debe haber un registro de inspección accesible de dimensiones no menores de 50 mm por 100 mm, que tenga una cubierta hermética a la lluvia, que provea acceso a las terminales de alimentación dentro del poste o en la base del poste.

Excepción 1: Puede prescindirse del registro de inspección en un poste de 2,5 m o menor altura sobre el nivel del piso, cuando el método de alambrado de alimentación no tiene empalmes o punto para alambrear y cuando el interior del poste y cualquier empalme son accesibles al retirar el luminario.

Excepción 2: Se permite prescindir del registro de inspección en postes metálicos de 6 m de altura o menos sobre el nivel del piso, si el poste lleva una base con bisagra removible.

2) Cuando la canalización o el cable no estén instalados dentro del poste, debe soldarse un accesorio roscado o un niple, al lado contrario del registro de inspección para la conexión de la alimentación. Se permite que los postes se suelden en campo o se encinten. Estos postes deben estar tapados o cubiertos.

3) El poste debe tener una terminal para puesta a tierra.

- a) Un poste con registro de inspección debe tener una terminal para puesta accesible desde el registro de inspección.
- b) Un poste que tenga una base con bisagra debe tener una terminal para puesta accesible dentro de la base.

Excepción: Puede prescindirse del registro de inspección en un poste de 2,5 m o menor altura sobre el nivel del piso, cuando el método de alambrado de alimentación no tiene empalmes o punto para alambrear y cuando el interior del poste y cualquier empalme son accesibles al retirar el luminario.

4) Un poste con base con bisagra debe tener la base y el poste conectados entre sí.

5) Las canalizaciones metálicas u otros conductores para puesta a tierra del equipo deben conectarse al poste con un conductor de puesta a tierra, reconocido como se establece en 250-91(b) y en 250-95.

6) Los conductores instalados en postes metálicos verticales, utilizados como canalizaciones, deben estar soportados conforme a lo establecido en 300-19.

410-16. Medios de soporte

a) **Cajas registro de salida.** Cuando la caja registro de salida o un herraje ofrezca un medio de sujeción adecuado, se puede soportar de ellos el luminario o apoyarlo según como se requiere en 370-23 para las cajas de registro. Un luminario que pese más de 23 kg se debe sujetar independientemente de la caja registro de salida.

b) **Inspección.** Los luminarios se deben instalar de manera que las conexiones entre los conductores del equipo y los del circuito se puedan inspeccionar sin tener que desconectar ninguna parte de la instalación.

Excepción: Los luminarios conectados por clavija y receptáculo.

c) **Plafón suspendido.** Para soportar luminarios se permiten utilizar los miembros del armazón de los plafones suspendidos, si éstos están adecuadamente soportados y firmemente sujetos entre sí y a la estructura del edificio, en intervalos adecuados. Los luminarios así apoyados deben sujetarse al armazón por medios mecánicos tales como pernos, tornillos o remaches. También se permite utilizar grapas aprobadas e identificadas para su uso con ese tipo de armazón de techo y envolvente.

d) **Pernos de sujeción de los luminarios.** Los pernos de sujeción de los luminarios que no formen parte de las cajas registro de salida, tirantes, trípodes y patas de gallo, deben ser de acero, hierro maleable u otro material adecuado para esa aplicación.

e) **Juntas aislantes.** Las juntas aislantes que no estén diseñadas para montarlas con tornillos o pernos, deben llevar una cubierta exterior metálica aislada de las dos conexiones roscadas.

f) **Herrajes de las canalizaciones.** Los herrajes de las canalizaciones que se utilicen como soporte de luminarios, deben ser capaces de soportar el peso de todo el equipo con sus lámparas.

g) **Electroductos.** Se permite conectar los luminarios a electroductos, como se establece en 364-12.

h) **Arboles.** Se permite que los luminarios de exteriores y sus accesorios estén sujetos en los árboles.

Nota 1: Respecto de las limitaciones para apoyar conductores aéreos, véase 225-26.

Nota 2: Respecto de la protección de los conductores, véase 300-5(d).

E. Puesta a tierra

410-17. **Condiciones generales.** Los luminarios y los equipos de iluminación deben ponerse a tierra de acuerdo con lo que establece el artículo 250 y en esta Parte E del artículo 410.

410-18. Partes expuestas de luminarios

a) **Con partes conductoras expuestas.** Se deben poner a tierra las partes expuestas de los luminarios y equipo directamente conectados o cableados a cajas de registro con puesta a tierra.

b) **Hechos de material aislante.** Las partes expuestas de los luminarios, directamente conectadas o cableadas a cajas de registro sin medios para puesta a tierra, deben estar hechas de material aislante y no presentar partes conductoras expuestas.

410-19. Equipos de más de 150 V a tierra

a) **Luminarios metálicos, transformadores y envolventes de transformadores.** Se deben poner a tierra los luminarios metálicos, transformadores y envolventes de transformadores, en circuitos que funcionen a más de 150 V a tierra.

b) Otras partes metálicas expuestas. Otras partes metálicas expuestas se deben poner a tierra o aislar de tierra y de otras superficies conductoras y ponerlas fuera del alcance de personas no calificadas.

Excepción: No se requiere poner a tierra los cables de sujeción de las lámparas, los tornillos de montaje, clips y bandas decorativas de las lámparas de cristal que estén separadas por lo menos a 4 cm de las terminales de las lámparas.

410-20. Conexión del conductor de puesta a tierra del equipo. Los luminarios con partes metálicas expuestas deben estar dotados de un medio para conectar un conductor de puesta a tierra.

410-21. Método de puesta a tierra. Se considera que los luminarios están puestos a tierra cuando estén mecánicamente conectados a un conductor de puesta a tierra de equipo, tal como se especifica en 250-91(b), de tamaño adecuado a lo establecido en 250-95.

F. Alambrado de los luminarios

410-22. Requisitos generales. El cableado en o dentro de los luminarios debe estar acomodado ordenadamente y no estar expuesto a daño físico. Debe evitarse el exceso de cables. Los conductores deben estar colocados de manera que no estén sujetos a temperaturas superiores a su temperatura nominal de operación.

410-23. Polaridad de los luminarios. Los luminarios deben estar instalados de manera que los casquillos roscados de las lámparas estén conectados al mismo conductor o terminal del equipo o circuito. El conductor puesto a tierra, cuando esté conectado al portalámparas debe conectarse a la parte roscada del casquillo.

410-24. Aislamiento de los Conductores

Los luminarios deben cablearse con conductores que tengan un aislamiento adecuado para las condiciones ambientales, corriente, tensión eléctrica y temperatura a las que vayan a estar expuestos.

Nota: Para la capacidad de conducción de corriente admisible en los cables de luminarios, la temperatura máxima, los límites de tensión y el tamaño mínimo del alambre o cable, etc., véase 402.

410-25. Conductores para determinadas condiciones

a) Portalámparas con casquillo tipo mogul. Los luminarios dotados con portalámparas de casquillo roscado de tipo mogul y cuya tensión eléctrica no supere 300 V entre conductores, deben instalarse con cables de luminarios de tipos SF-1, SF-2.

b) Portalámparas con casquillo roscado de otro tipo. Los luminarios provistos con portalámparas con casquillo roscado de otro tipo distinto al de base mogul y cuya tensión eléctrica no exceda 300 V entre conductores, deben instalarse con cables de luminarios de tipos SF-1, SF-2.

Excepción 1: Se permite utilizar cables de luminarios de tipos TFN y TFFN cuando la temperatura no supere 90°C.

Excepción 2: Se permite utilizar cables recubiertos de hule de tipo RH y RHW y cables de luminarios de tipos RFH-1, RFH-2, y FFH-2, cuando la temperatura supere 60°C pero no 75°C.

Excepción 3: Cuando la temperatura no supere 60°C, se permite utilizar cables de luminarios de tipos TF y TFF, incluidos los luminarios de tipo decorativo en los que se utilicen lámparas de no más de 60 W tipo vela.

Nota: Para los cables y conductores de equipo, véase 402-3 y la Tabla 402-3. Para los cables flexibles, véase la Tabla 400-5(a).

410-27. Conductores colgantes para lámparas incandescentes

a) Soportes. Los portalámparas colgantes con cables conectados permanentemente, cuando se utilicen para aplicaciones distintas de las guirnaldas, deben ir colgados de conductores independientes trenzados, recubiertos de hule, que vayan soldados directamente a los conductores del circuito, pero soportados en forma independiente de los mismos.

b) Tamaño o designación nominal. A menos que sean parte de conjuntos de alumbrados decorativos los conductores colgantes deben ser de tamaño nominal no menor que 2,08 mm² (14 AWG) cuando vayan conectados a portalámparas con casquillo roscado tipo mogul o base media, ni menores que 0,824 mm² (18 AWG) para portalámparas de tipo intermedia o candelabro.

c) Cableados o torcidos. Los conductores colgantes de más de 90 cm de largo, deben torcerse juntos, donde no exista un cable soporte.

410-28. Protección de los conductores y su aislamiento

a) Sujetos adecuadamente. Los conductores deben estar sujetos de modo que no se rompa ni se roce el aislamiento.

b) Protección a través de metales. Cuando los conductores pasen a través de metales, su aislamiento debe protegerse de la abrasión.

c) Brazos de los luminarios. En los brazos o mangos de los luminarios no debe haber empalmes o conexiones.

d) Empalmes y conexiones. Dentro de un luminario no se debe hacer empalmes o conexiones innecesarias.

Nota: Véase 110-14 para los métodos aprobados de hacer conexiones.

e) Cableado. Se deben utilizar conductores cableados para la instalación del alambrado en cadenas de luminarios y en otras partes móviles o flexibles.

f) Tensión mecánica. Los conductores se deben instalar de modo que el peso del aparato de alumbrado o sus partes móviles no los someta a tensión mecánica.

410-29. Aparadores conectados mediante cordón. Se permite conectar los aparadores individuales que no sean fijos, mediante un cordón flexible a un receptáculo fijo, y se permite conectar grupos de no más de seis aparadores juntos mediante cordón flexible, conectores y clavijas de seguridad, estando una del grupo conectada mediante cordón flexible a un receptáculo fijo.

Esta instalación debe cumplir con las siguientes condiciones:

a) Requisitos de los cordones. Los cordones flexibles deben ser de tipo "uso rudo", con conductores de tamaño nominal no menor que la de los conductores del circuito derivado y una capacidad de conducción de corriente al menos igual que la del dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado y con conductor de puesta a tierra del equipo.

Nota: Para tamaño nominal del conductor de puesta a tierra del equipo, véase la Tabla 250-95.

b) Receptáculos, cordones y clavijas de conexión. Los receptáculos, cordones y clavijas de conexión deben ser de tipo con terminal de puesta de tierra, aprobados y listados, de 15 A o 20 A.

c) Sujeción. Los cordones flexibles se deben sujetar por debajo de los aparadores, de modo que:

(1) los cables no estén expuestos a daño físico;

(2) asegurar que la separación entre aparadores no exceda de 5 cm; ni que la separación entre el primer aparador y el receptáculo de alimentación sea mayor que 30 cm;

(3) el cable que quede al final de un grupo de aparadores lleve un accesorio hembra que no sobresalga del aparador.

d) Otros equipos. A los aparadores no deben conectarse, eléctricamente, equipos distintos a los aparadores.

e) Circuito o circuitos secundarios. Cuando los aparadores se conecten con cordón, los circuitos secundarios de cada balastro de las lámparas de descarga deben limitarse a un solo aparador.

410-30. Portalámparas y luminarios conectados con cordón

a) Portalámparas. Cuando se conecte un portalámparas metálico con un cordón flexible, la entrada debe estar equipada con una boquilla aislante, si es roscada, no debe ser menor que el de tubería con designación 12 (3/8). El orificio para el cordón debe ser de tamaño adecuado y se deben eliminar todas las rebabas y partes cortantes que pudiera tener con la finalidad de que la superficie por la que pase el cable quede lisa.

b) Luminarios ajustables. Los luminarios que requieran ajuste o que deban moverse para dirigirlos después de su instalación, no es necesario que vayan equipados con una clavija o conector de cordón, siempre que el cordón que quede expuesto sea de uso rudo o uso extrarrudo y no más largo de lo necesario para hacer el ajuste. El cordón no debe estar expuesto a esfuerzos o a daño físico.

c) Luminarios de descarga eléctricas

1) Se permite que un luminario o conjunto de luminarios aprobados para este uso, estén conectados por un cordón, si están situados directamente bajo la caja registro de salida o electroducto y el cordón es visible en toda su longitud fuera del luminario y no está expuesto a esfuerzos ni a daño físico y cuenta con una clavija con terminal de puesta de tierra o conector para el electroducto.

Excepción: No es necesario que un luminario o conjunto de luminarios aprobados que lleven un cordón y una tapa ornamental, termine en el extremo del cable con una clavija o conector para electroducto.

2) Se permite conectar luminarios de descarga dotados de portalámparas roscados de tipo mogul, a circuitos derivados de 50 A o menos, mediante cordones que cumplan lo establecido en 240-4. Se permite que los receptáculos y los cordones de conexión sean de una capacidad de conducción de corriente menor que la del circuito derivado, pero no menor que 125% de la capacidad nominal del luminario.

3) Se permite que los luminarios de descarga equipados con un receptáculo sujeto al luminario, que no sobresalga de su superficie, se alimenten mediante cordones colgantes terminados con conector con cordón. Se permite que los receptáculos y los cordones de conexión sean de menor capacidad de conducción de corriente que la del circuito derivado, pero no menor que 125% de la capacidad nominal del luminario.

410-31. Uso de los luminarios como canalizaciones. Los luminarios no se deben usar como canalizaciones de los conductores del circuito.

Excepción 1: Los luminarios listados para usarlas como canalizaciones.

Excepción 2: Se permite que los luminarios diseñados para montarse pegados uno al otro de forma que constituyan una canalización continua, o los luminarios conectados mediante métodos de instalación aprobados, se utilicen para el paso de conductores de circuitos derivados de dos hilos o multiconductores que alimenten a dichos equipos.

Excepción 3: Se permite pasar a través de los luminarios un circuito adicional de dos hilos que alimente a uno o más de los luminarios conectados como se describe en la Excepción 2.

Nota: Para la definición de circuito derivado multiconductor, véase el artículo 100.

Los conductores del circuito derivado que estén situados a una distancia no inferior de 80 mm del balastro dentro del compartimento del balastro, deben tener una temperatura nominal de aislamiento no inferior a 90°C, como los de tipo RHH, THW, THHN, THHW, FEP, FEPB, SA y XHHW.

G. Construcción de los luminarios

410-34. Pantallas y gabinetes combustibles. Debe quedar un espacio de aire adecuado entre las lámparas y las pantallas u otros gabinetes de material combustible.

410-35. Valores nominales de los luminarios

a) Marcado. Todos los luminarios que funcionen con balastos o transformadores deben estar claramente marcados con sus parámetros eléctricos nominales y el nombre del fabricante, marca comercial u otro medio adecuado de identificación y deben estar aprobados (véase 110-2). Un aparato cuyo cable de alimentación tenga que soportar una temperatura nominal superior a 90°C, debe indicarlo así con letras de 6 mm de alto, situadas en un lugar prominente tanto en el aparato como en su empaque o equivalente.

b) Valores eléctricos. Los valores eléctricos nominales deben incluir la tensión eléctrica y la frecuencia, así como la capacidad nominal de la unidad, incluido el balastro, transformador o autotransformador.

410-36. Diseño y materiales. Los luminarios deben estar construidas de metal, madera u otro material adecuado para su uso y deben estar diseñadas y montadas de modo que aseguren la resistencia mecánica y la rigidez necesarias. El compartimento para cables, incluyendo las entradas, debe diseñarse de tal manera que se puedan insertar y sacar los cables sin daño físico.

410-37. Luminarios no metálicos. En todos los luminarios no construidos completamente de metal o material no combustible, el compartimento de los cables debe estar forrado de metal.

Excepción: Cuando se utilicen cables blindados o recubiertos de plomo con herrajes adecuados.

410-38. Resistencia mecánica

a) Tubos para los brazos. Los tubos utilizados como brazos y varillas deben tener un espesor no menor que 1,0 mm, cuando sean roscados en el sitio y no menor que 0,7 mm si se suministran roscados. Los brazos y otras partes deben estar sujetos para evitar que giren.

b) Cubiertas ornamentales metálicas. Las cubiertas ornamentales metálicas que soporten portalámparas, pantallas, etc., de más de 4 kg o que llevan incorporados receptáculos, deben tener un espesor no menor que 0,5 mm. Otras cubiertas ornamentales deben tener un espesor no menor que 0,4 mm, si son de acero, y no menor que 0,5 mm si son de otros metales.

c) Desconectores en las cubiertas ornamentales. No se deben instalar desconectores accionados por cadena en los bordes de cubiertas ornamentales metálicas de un espesor menor que 0,7 mm, excepto si los bordes están reforzados por un doblado que forme un cordón o equivalente. Si se montan desconectores accionados por cadena en los bordes u otro lugar de las cubiertas ornamentales de luminarios, no deben estar situados a más de 9 cm del centro de la cubierta. Cuando en la cubierta se instale un desconector accionado por cadena o un receptáculo colgante, estos luminarios se deben sujetar por doble tornillo pasante, doble abrazadera, una abrazadera con rosca u otro método equivalente.

Las medidas anteriores se refieren a cubiertas ornamentales ya acabadas.

410-39. Espacio para los cables. El cuerpo de los luminarios, incluidas las lámparas portátiles, debe tener un espacio amplio para empalmes y conexiones y para la instalación de accesorios. El espacio donde se hagan los empalmes debe ser de material no absorbente y no combustible.

410-42. Lámparas portátiles

a) Requisitos generales. Las lámparas portátiles se deben instalar con cordones flexibles como los indicados en 400-4 y con clavija polarizada con puesta de tierra. Cuando se utilicen con portalámparas con base tipo Edison, se debe identificar el conductor puesto a tierra y conectarlo al casquillo y a la terminal de la clavija identificada para puesta a tierra.

b) Lámparas de mano. Además de lo establecido en 410-42(a), las lámparas de mano deben cumplir las siguientes condiciones:

(1) no deben ser de casquillo metálico forrado de papel aislante;

(2) deben estar equipadas con una empuñadura de un compuesto moldeado u otro material aislante;

(3) deben estar equipadas con un protector adecuado, sujeto al portalámparas o a la empuñadura;

(4) si el protector fuera metálico, debe estar puesto a tierra a través de un conductor de puesta a tierra del equipo que se instale junto con los conductores de la alimentación de la energía, a través del cordón de alimentación.

410-44. Boquilla para cordones. Cuando un cordón flexible entre por la base o el vástago de una lámpara portátil, se debe instalar una boquilla o su equivalente. Esta boquilla debe ser de material aislante, a no ser que se utilice un cordón con cubierta protectora.

410-45. Pruebas. El alambrado debe estar libre de cortocircuitos y contactos a tierra. Antes de conectar el circuito se debe probar que no tenga estos defectos.

410-46. Partes vivas. Las partes vivas expuestas en el interior de los luminarios de porcelana, deben estar protegidas adecuadamente y situadas de modo que no sea probable que los cables entren en contacto con ellas. Entre las partes vivas y el plano de montaje del luminario debe quedar un espacio de 13 mm como mínimo.

H. Instalación de portalámparas

410-47. Portalámparas roscados. Los portalámparas roscados se deben utilizar exclusivamente como portalámparas. Cuando reciban energía eléctrica mediante un cable con conductor puesto a tierra, este conductor se debe conectar al casquillo del portalámparas.

Excepción: Cuando el portalámparas por su diseño tenga integrados receptáculos, se deben instalar como lo indica el fabricante.

410-48. Portalámparas con desconectador de doble polo. Cuando estén alimentados por un circuito con cable sin conductor para poner a tierra, el desconectador del portalámparas debe desconectar simultáneamente ambos conductores.

410-49. Portalámparas en lugares húmedos o mojados. Los portalámparas instalados en lugares húmedos o mojados deben ser tipo intemperie.

I. Construcción de los portalámparas

410-50. Aislamiento. La caja metálica exterior y la cubierta de los portalámparas deben estar forradas de material aislante que evite que esas piezas formen parte del circuito. El forro no debe extenderse más de ,2 mm de la parte metálica, pero debe evitar que cualquier parte activa de la base de la lámpara quede expuesta cuando la lámpara esté instalada en el portalámparas.

410-51. Cables de conexión. Los cables de conexión que formen parte de los portalámparas a prueba de intemperie y que pueden quedar expuestos después de la instalación, deben llevar conductores cableados y con cubierta de hule, aprobados, de tamaño nominal no inferior a 2,08 mm² (14 AWG) y deben sellarse durante la instalación o hacerlos herméticos a la lluvia por cualquier otro medio.

Excepción: Se permite utilizar conductores de tamaño nominal de 0,824 mm² (18 AWG), con cubierta de hule para bases de candelabros.

410-52. Portalámparas con desconectores. Los portalámparas con desconector deben estar contruidos de manera que el mecanismo interrumpa la conexión eléctrica con el contacto central. El mecanismo desconector debe permitir interrumpir la conexión eléctrica al casquillo, si simultáneamente se interrumpe la conexión con el contacto central.

J. Lámparas y equipos auxiliares

410-53. Bases, lámparas incandescentes. Las lámparas incandescentes de uso general en circuitos derivados de alumbrado, no deben estar equipadas con un casquillo tipo medio si son de capacidad nominal mayor que 300 W, ni con un casquillo de una base tipo mogul si son de capacidad nominal mayor que 1 500 W. Para lámparas de más de 1 500 W se debe utilizar casquillos especiales u otros dispositivos.

410-54. Equipo auxiliar de las lámparas de descarga eléctrica

a) **Envoltentes.** El equipo auxiliar de las lámparas de descarga debe ir encerrado en envoltentes no combustibles y se deben considerar como fuentes de calor.

b) **Desconectores.** Cuando se alimenten de un circuito por medio de cables sin conductor conectado a tierra, el desconector del equipo auxiliar debe desconectar simultáneamente todos los conductores.

K. Receptáculos, conector con cordón y clavijas**410-56. Capacidad nominal admisible y tipo**

a) **Receptáculos.** Los receptáculos instalados para conectar cordones de luminarios portátiles, deben tener una capacidad nominal no menor que 15 A, 125 V o 127 V, o 15 A, 250 V y deben ser de un tipo no adecuado para uso como portalámparas.

Excepción: Se permite el uso de receptáculos de 10 A, 250 V en edificios no residenciales, para la conexión de equipo que no sean lámparas de mano portátiles, herramientas de mano y extensiones.

b) **Receptáculos tipo CO/ALR.** Los receptáculos de 20 A nominales o menores y conectados directamente a conductores de aluminio, deben llevar la marca CO/ALR.

c) **Receptáculos de tierra aislada.** Los receptáculos previstos para la reducción del ruido eléctrico (interferencias electromagnéticas), como se permite en 250-74 Excepción 4, se deben identificar mediante un triángulo naranja situado en su parte frontal. Los receptáculos con esta marca se deben utilizar sólo con conductores de puesta a tierra aislados, de acuerdo con 250-74 Excepción 4. Los receptáculos de tierra aislada, instalados en cajas no metálicas, deben ir cubiertos por una tapa no metálica. Las placas protectoras pueden ser metálicas o de material aislante no combustible, y tener un espesor de forma que tengan resistencia mecánica adecuada. Las placas protectoras metálicas se deben conectar a tierra.

NOTA - Un circuito con receptáculos de tierra aislada debe consistir de un conductor de puesta a tierra con aislamiento color verde para el receptáculo y un conductor de tierra de referencia desnudo para el envoltente.

d) **Posición de las tapas frontales de los receptáculos.** Después de instalarlas, la parte frontal de los receptáculos debe quedar a nivel o sobresalidos de sus tapas protectoras de material aislante y deben sobresalir un mínimo de 0,4 mm cuando se usen tapas protectoras. Las tapas protectoras se deben instalar de modo que cubran completamente la abertura y asienten perfectamente sobre la superficie en la que vayan montadas. Los receptáculos montados en cajas empotradas en la pared, como se permite en 370-20, se deben instalar de modo que el soporte del receptáculo se mantenga rígidamente sujeto contra la superficie de la pared. Los receptáculos montados en cajas que queden a nivel con la superficie de la pared o sobresalgan de la misma, deben instalarse de modo que el soporte del receptáculo quede sujeto contra la caja o contra la extensión que sobresalga de la caja.

e) **Clavijas de conexión.** Todas las clavijas y cordones de conexión de 15 A y 20 A deben estar contruidos de modo que no queden expuestas partes que transporten energía, excepto las correspondientes a las partes exteriores de las piezas de contacto o de la tapa que cubre los alambres. La cubierta de las terminales de los cables debe ser una parte esencial para el funcionamiento de una clavija o conector (construcción de frente muerto).

f) **Mecanismos de separación de las clavijas.** Los mecanismos de separación de las clavijas de conexión no deben afectar negativamente a la conexión de los vástagos de la clavija con los receptáculos.

g) **No intercambiables.** Los conectores y clavijas deben estar contruidas de modo que el receptáculo no admita una clavija con distinta tensión eléctrica o capacidad de conducción de corriente nominal para las que esté diseñado. Los receptáculos y cordones de conexión sin puesta de tierra, no deben permitir la conexión de clavijas con puesta de tierra.

Excepción: Se permite que un receptáculo o conector en T de 20 A pueda conectar una clavija de 15 A para la misma tensión eléctrica.

h) **Receptáculos en tapas sobrepuestas.** Los receptáculos instalados en tapas sobrepuestas no se deben sujetar únicamente con un solo tornillo.

Excepción: Los dispositivos, conjuntos o tapas aprobados e identificados para ese uso.

410-57. Receptáculos en lugares húmedos o mojados

a) **Lugares húmedos.** Un receptáculo instalado en el exterior en un lugar protegido contra la intemperie o en otros lugares húmedos, debe tener una envoltente para el receptáculo que sea a prueba de intemperie cuando el receptáculo esté cubierto (sin meter la clavija y con la tapa cerrada).

Una instalación adecuada para lugares mojados se debe considerar también apta para lugares húmedos.

Se considera que un receptáculo está en un lugar protegido contra la intemperie cuando esté instalado en pórticos abiertos bajo techo, marquesinas, cornisas y similares, y no se encuentre expuesto a salpicaduras de la lluvia o caídas de agua.

b) Lugares mojados. Un receptáculo instalado en un lugar mojado debe estar en una envolvente a prueba de intemperie, cuya integridad no se vea afectada cuando se introduzca la clavija.

Excepción: Se permite que haya envolventes que no sean a prueba de intemperie cuando se introduzca la clavija, en el caso de los receptáculos instalados en lugares mojados para usar con herramientas eléctricas portátiles u otros luminarios de mano que se conectan a la salida sólo cuando son utilizados.

c) En bañeras y regaderas. No se debe instalar receptáculos en los espacios próximos a las bañeras y regaderas.

d) Protección de los receptáculos instalados en el piso. Las cajas donde vayan instalados los receptáculos en piso deben permitir la operación de equipo de limpieza, pero sin que se dañen los receptáculos.

e) Montaje al ras con tapa protectora. La envolvente de receptáculos, en una caja de salida montada al ras con la superficie de la pared, se debe hacer a prueba de intemperie por medio de una tapa protectora de intemperie que constituya una junta hermética al agua entre la tapa y la superficie de la pared.

f) Instalación. Una toma de salida para receptáculo instalada en exterior debe estar situada de modo que no sea probable que el agua acumulada toque a la tapa o placa protectora del registro.

410-58. Receptáculos, adaptadores, cordones de conexión y clavijas del tipo de puesta de tierra

a) Polos de puesta de tierra. Los receptáculos, conector con cordón y las clavijas del tipo de puesta a tierra deben llevar un polo fijo de tierra, además de los polos normales del circuito.

b) Identificación del polo de puesta a tierra. Los receptáculos, cordones de conexión y clavijas del tipo de puesta de tierra deben disponer de un medio para conectar un conductor de puesta a tierra de equipo al polo de tierra. La terminal de conexión para el polo de tierra debe distinguirse por:

- 1) Un tornillo de cabeza hexagonal o tuerca hexagonal de color verde, que no se quite fácilmente.
- 2) Un conector a presión de color verde (barril para cable).
- 3) En el caso de los adaptadores, un conector similar de color verde.

La terminal de puesta a tierra del adaptador debe ser una zapata rígida de color verde o un dispositivo similar. La conexión de puesta a tierra debe estar diseñada de modo que no pueda hacer contacto con otras partes energizadas de la base, adaptador o clavija. El adaptador debe estar polarizado.

4) Si la terminal del conductor de puesta a tierra del equipo no es visible, el orificio de entrada del conductor debe estar identificado con la palabra "verde" o "tierra" o las letras "V" o "T", o "G" o "GR" o el símbolo internacional de puesta tierra indicado en la figura 410-58. Si la terminal del conductor de puesta a tierra del equipo puede desmontarse fácilmente, debe marcarse del mismo modo la zona adyacente.



FIGURA 410-58.- Símbolo de puesta a tierra IEC No. 5019

c) Uso de la terminal de puesta a tierra. La terminal de puesta a tierra no se debe utilizar para otro objetivo que para puesta a tierra.

d) Requisitos de los polos de puesta a tierra. Las clavijas, sus conectores con cordón y receptáculos con puesta a tierra, deben estar diseñadas de modo que la conexión de puesta a tierra se haga antes que las conexiones portadoras de corriente eléctrica. Los dispositivos de tipo puesta a tierra deben estar diseñados de modo que los vástagos o polos de puesta a tierra de las clavijas no puedan entrar en contacto con las partes energizadas de los receptáculos o de los conectores.

e) Uso. Las clavijas de tipo puesta a tierra sólo se deben utilizar con cables que tengan conductor de puesta a tierra.

L. Disposiciones especiales para luminarios empotrables y de montaje a nivel de superficie

410-64. Requisitos generales. La instalación de luminarios empotrados en techos o paredes debe cumplir lo establecido en 410-65 hasta 410-72.

410-65. Temperatura

a) Materiales combustibles. Los luminarios deben instalarse de modo que los materiales combustibles adyacentes a las mismas no estén expuestos a temperaturas superiores a 90°C.

b) Construcción resistente al fuego. Cuando se empotre un luminario en un material resistente al fuego en un edificio o en una construcción resistente al fuego, se debe considerar que es aceptable una temperatura superior a 90°C pero no superior a 150°C, si el luminario está claramente marcado como listado para esa aplicación.

c) Luminarios incandescentes empotrados. Los luminarios incandescentes deben tener protección térmica y estar aprobados e identificados como protegidos térmicamente.

Excepción 1: Los luminarios con lámparas incandescentes empotradas en concreto, aprobadas e identificadas para ese uso.

Excepción 2: Los luminarios con lámparas incandescentes empotradas, aprobadas e identificadas de forma que por su diseño y construcción, ofrezcan un comportamiento equivalente al de lámparas térmicamente protegidas y estén identificadas de ese modo.

410-66. Espaciamiento e instalación

a) Espaciamiento. Las partes empotradas de los gabinetes para luminarios que no estén en los puntos de apoyo, deben tener una separación mínima de 13 mm de los materiales combustibles.

Excepción: Los luminarios empotrados, aprobados e identificadas como adecuados para que su material aislante esté en contacto directo con el luminario.

b) Instalación. El aislante térmico no se debe instalar a menos de 8 cm del recinto donde vaya empotrado el equipo de alumbrado, compartimiento para cables o balastro, y no se debe instalar encima del equipo de alumbrado de modo que acumule el calor y evite la circulación libre de aire.

Excepción: Los luminarios empotrados, aprobados e identificados como adecuados para que su material aislante esté en contacto directo con el equipo.

410-67. Cableado

a) Requisitos generales. Se deben utilizar conductores con un aislamiento adecuado para las temperaturas que se vayan a producir.

b) Conductores del circuito. Se permite que terminen dentro del equipo de alumbrado los conductores del circuito derivado que tengan un aislamiento adecuado para las temperaturas que se vayan a producir.

c) Conductores derivados. Se permite que conductores derivados de un tipo adecuado, para las temperaturas que se vayan a generar pasen desde la terminal de conexiones del luminario hasta una caja de salida situada al menos a una distancia de 30 cm del equipo. Los conductores derivados deben ir en una canalización adecuada o ser cable del tipo AC o MC, y tener como mínimo 45 cm de longitud y no mayor que 1,8 m.

M. Requisitos de construcción de luminarios empotrables y de montaje a nivel de superficie

410-68. Temperatura. Los luminarios deben instalarse de modo que los materiales combustibles adyacentes a los mismos no estén expuestos a temperaturas superiores a 90°C.

410-69. Cubiertas. Las cubiertas metálicas de los luminarios montados al ras o empotrados deben estar protegidos contra la corrosión y ser de un espesor nominal no inferior a 0,8 mm.

Excepción: Se permite que la tapa del compartimiento de los cables sea de material más delgado, siempre que esté instalada dentro de la cubierta de espesor nominal 0,8 mm y no sirva de apoyo a componentes activos de la instalación.

410-70. Marcado de la potencia de las lámparas. Los luminarios para lámparas incandescentes deben ir marcados con la potencia máxima de las lámparas que se permita instalar, en watts (W). Las marcas en el luminario deben ser permanentes y estar situadas de modo que sean visibles cuando se cambie la lámpara.

410-71. Prohibida la soldadura. Está prohibida la soldadura de baja fusión en los gabinetes de los luminarios.

410-72. Portalámparas. Los portalámparas con casquillo roscado deben ser de porcelana u otro material aislante adecuado. Si se utiliza cemento, debe ser de alta resistencia térmica.

N. Disposiciones especiales para sistemas de iluminación de descarga de 1 000 V o menos**410-73. Requisitos generales**

a) Tensión eléctrica de 1 000 V o menos en circuito abierto. Los equipos que se utilicen con sistemas eléctricos de descarga y diseñados para tensiones eléctricas de 1 000 V o menos en circuito abierto, deben ser de un tipo aprobado para ese uso.

b) Terminales energizadas. Las terminales de las lámparas de descarga se deben considerar energizadas cuando cualquier terminal de la lámpara esté conectada a un circuito de más de 300 V.

c) Transformadores en aceite. No se deben utilizar transformadores en aceite.

d) Requisitos adicionales. Además de cumplir los requisitos generales para luminarios, deben cumplir con la Parte P de este artículo.

e) Protección térmica. En las instalaciones interiores con alumbrado fluorescente, los balastos deben llevar protección térmica integral. Cuando se repongan los balastos, para todas las instalaciones fluorescentes en interiores deben llevar también protección térmica integral.

Excepción 1: Los luminarios para lámparas fluorescentes lineales con balastos de reactancia serie.

Excepción 2: Los balastos para uso en luces indicadoras de salidas e identificados para ello.

Excepción 3: Las luces indicadoras de salidas que se enciendan únicamente en caso de emergencia.

f) Luminarios de descarga de alta intensidad. Los luminarios de descarga de alta intensidad que se instalen empotradas, deben estar protegidos térmicamente e identificados así. Donde estos luminarios lleven un balastro remoto, tanto si están empotrados como si no lo están, el balastro debe estar también térmicamente protegido.

Excepción: Los luminarios de descarga de alta intensidad empotradas, aprobadas e identificadas para ese uso e instaladas en concreto.

Nota: La protección térmica que se exige en 410-73 puede lograrse también por medios distintos a protectores térmicos.

410-74. Luminarios de c.c. Los luminarios instalados en circuitos de c.c. deben ir dotados de equipos auxiliares y resistencias especialmente diseñadas para funcionar con c.c. y deben estar marcadas.

410-75. Luminarios con tensión eléctrica superior a 300 V en circuito abierto. Los equipos con una tensión eléctrica en circuito abierto superior a 300 V no se deben instalar en unidades de vivienda, a menos que estén diseñadas para ello y no presentan partes expuestas vivas cuando las lámparas se inserten, estén instaladas o se vayan a quitar.

410-76. Montaje de los luminarios

a) Con balastos expuestos. Los luminarios que tengan balastos o transformadores expuestos se deben instalar de manera que dichos balastos o transformadores no estén en contacto con materiales combustibles.

b) Tableros combustibles de fibra de celulosa de baja densidad. Cuando se instale un luminario que contenga un balastro en la superficie de un tablero combustible de fibra de celulosa de baja densidad, debe estar aprobada y listada para ello o montarse a una distancia no inferior a 38 mm de la superficie del tablero. Cuando dichos luminarios vayan empotrados o semi-empotrados, se deben considerar las disposiciones de las Secciones 410-64 a la 410-72

Nota: Los tableros combustibles de fibra de celulosa de baja densidad pueden ser hojas, paneles y baldosines con una densidad de 320kg/m³ o menor y que estén formados por fibras vegetales aglutinadas, pero no se incluyen los tableros sólidos o laminados de madera ni de fibra de madera con densidad superior a 320 kg/m³ ni los materiales tratados integralmente con productos químicos resistentes a la propagación de la flama hasta el grado en que la velocidad de propagación de la flama en cualquier plano del material no exceda de 25, determinándose de acuerdo con las pruebas de combustión de materiales de construcción.

410-77. Equipo no integrado con los luminarios

a) Gabinetes metálicos. Los equipos auxiliares como reactores, resistencias, capacitores y similares, cuando no formen parte integral del equipo o aparato de alumbrado, deben estar encerrados en gabinetes metálicos permanentes y accesibles.

b) Montaje independiente. No es necesario que vayan en un gabinete independiente los balastos separados que estén diseñados para conexión directa a una instalación.

c) Cableado de las secciones de luminarios. El cableado de las secciones de luminarios va en pareja con un balastro o balastros que alimenta una o más lámparas instaladas. Para la conexión entre las parejas se permite usar tubo (conduit) metálico flexible de 9,5 mm de diámetro en tramos que no excedan de 7,62 m según lo establecido en el artículo 350. Se permite que los cables de luminarios que funcionen a la tensión eléctrica de suministro y alimenten sólo al balastro o balastros de una de las secciones vayan en la misma canalización que los cables de alimentación de las lámparas de la otra sección.

410-78. Autotransformadores. Un autotransformador que se utilice para aumentar la tensión eléctrica a más de 300 V como parte de un balastro para alimentar unidades de alumbrado, se debe alimentar únicamente a través de un sistema puesto a tierra.

410-79. Desconectores. Los desconectores de uso general de acción rápida deben cumplir lo establecido en 380-14.

O. Disposiciones especiales para luminarios de descarga eléctrica de más de 1 000 V

410-80. Requisitos generales

a) Tensión eléctrica de más de 1 000 V en circuito abierto. Los luminarios que se utilicen con sistemas eléctricos de descarga y proyectados para tensiones eléctricas de más de 1 000 V en circuito abierto, deben ser de un tipo aprobado para ese uso.

b) En unidades de vivienda. Los equipos con tensión eléctrica de más de 1 000 V en circuito abierto no se deben instalar en unidades de vivienda.

c) Partes vivas. Las terminales de las lámparas de descarga se deben considerar como partes vivas cuando cualquier terminal de la lámpara esté conectada a un circuito de más de 300 V.

d) Otros requisitos. Además de cumplir los requisitos generales para luminarios, los luminarios de descarga deben cumplir también con la parte Q de este artículo.

Nota: Para alumbrado de realce y anuncios luminosos, véase el artículo 600.

410-81. Control

a) Desconexión. Los luminarios o instalaciones de lámparas deben estar controladas individualmente o en grupos operables desde fuera mediante un interruptor automático o por medio de un desconector que abra simultáneamente todos los conductores energizados del primario.

b) Desconector instalado a la vista o con bloqueo. El medio de desconexión o el interruptor automático deben estar situados a la vista de los luminarios o de las lámparas o se permite localizarlos en cualquier lugar si cuentan con un medio para bloquearlos en la posición abierta.

410-82. Terminales de las lámparas y portalámparas. Las partes que haya que quitar para cambiar las lámparas deben ser abisagradas o fijas por un medio de tipo cautivo. Las lámparas y portalámparas deben estar diseñados de modo que no dejen partes expuestas vivas al poner o quitar las lámparas.

410-83. Tensión eléctrica nominal de los transformadores. Los transformadores y balastros deben tener una tensión eléctrica del secundario en circuito abierto no superior a 15 000 V, con una tolerancia para prueba de 1 000 V adicionales. El valor de la corriente eléctrica del secundario no debe ser mayor que 120 mA para una tensión eléctrica en circuito abierto de más de 7 500 V y no mayor que 240 mA para 7 500 V o menos.

410-84. Tipos de transformadores. Los transformadores deben ser de tipo cerrado, aprobados y listados.

410-85. Conexiones del secundario de los transformadores. Los devanados de alta tensión de dos transformadores no se deben conectar entre sí ni en serie ni en paralelo.

Excepción: Se permite que dos transformadores que tengan cada uno un extremo de su devanado de alta tensión puesto a tierra y conectado a la caja, tengan conectados en serie sus devanados de alta tensión para formar el equivalente a un transformador puesto a tierra en su punto medio. Los extremos puestos a tierra deben estar conectados por conductores aislados de tamaño nominal no menor que 2,08 mm² (14 AWG).

410-86. Localización de los transformadores

a) Accesibles. Los transformadores deben estar accesibles después de su instalación.

b) Conductores del secundario. Los transformadores deben instalarse lo más cerca posible de las lámparas, para que los conductores del secundario sean lo más cortos posible.

c) Al lado de materiales combustibles. Los transformadores deben instalarse de modo que los materiales combustibles que tengan al lado no estén expuestos a temperaturas superiores a 90°C.

410-87. Carga de los transformadores. Las lámparas conectadas a cualquier transformador deben ser de longitud y características tales que no causen una continua sobretensión eléctrica del transformador.

410-88. Método de cableado de los conductores del secundario. Los conductores del secundario se deben instalar de acuerdo con lo establecido en 600-32.

410-89. Soporte de las lámparas. Las lámparas deben estar adecuadamente apoyadas, como se exige en 600-33.

410-90. Protegidas contra daños. No se deben instalar las lámparas donde puedan estar normalmente expuestas a daño físico.

410-91. Marcado. Cada luminario o cada circuito secundario que tenga una tensión eléctrica en circuito abierto de más de 1 000 V, debe tener una marca claramente legible con letras de tamaño no menor que 6 mm de alto, que indique: "Precaución,..... V". La tensión eléctrica indicada debe ser la nominal en circuito abierto.

410-92. Desconectores. Los desconectores de uso general de acción rápida deben cumplir lo establecido en 380-14.

P. Rieles de iluminación

410-100. Definición. Un riel de iluminación es un conjunto fabricado, diseñado para soportar mecánicamente y suministrar energía eléctrica a luminarios que puedan reemplazarse fácilmente del riel. Su longitud se puede alterar agregando o quitando secciones de riel.

410-101. Instalación

a) Riel de iluminación. Los rieles de iluminación deben estar instalados y conectados permanentemente a un circuito derivado. En los rieles sólo se deben instalar dispositivos especiales para rieles de iluminación. Los rieles de iluminación no deben estar equipados con receptáculos de uso general.

b) Cargas conectadas. Las cargas conectadas a los rieles de iluminación no deben superar la capacidad nominal del riel. Un riel de iluminación debe estar conectado a un circuito secundario de una capacidad nominal no superior a la del riel.

c) Lugares no permitidos. No se deben instalar rieles de iluminación:

(1) donde sea probable que puedan sufrir daño físico;

(2) en lugares húmedos o mojados;

(3) donde estén expuestos a vapores corrosivos;

(4) en cuartos de almacenamiento de baterías;

(5) en áreas peligrosas (clasificadas);

(6) ocultos;

(7) atravesando paredes o tabiques;

(8) a menos de 1,5 m sobre la superficie del piso, excepto si están protegidos contra daño físico o funcionan a un valor eficaz de tensión eléctrica de menos de 30 V en circuito abierto.

(9) dentro de la zona medida de 90 cm horizontalmente y 2,5 m verticalmente desde la parte superior del borde de la tina de baño.

d) Sujeción. Los accesorios identificados para utilizarse con rieles de iluminación deben estar diseñados específicamente para el tipo de riel en el que vayan a instalarse. Deben ir sujetos al riel, mantener la polaridad, la puesta a tierra y estar diseñados para suspenderlos directamente del riel.

410-102. Carga de los rieles. Para los cálculos de cargas, se considera que un riel de alumbrado de 60 cm de longitud o una fracción del mismo, equivale a 150 VA. Cuando se instalen rieles con varios circuitos, los requisitos de carga de esta sección deben considerarse divididos equitativamente entre los circuitos.

Excepción: Los rieles instalados en unidades de vivienda o en las habitaciones de huéspedes de hoteles o moteles.

Nota: Este valor de 150 VA por cada 60 cm de riel, es únicamente para efectos de cálculo de la carga y no limita la longitud del riel que se vaya a instalar ni el número de luminarios permitidos.

410-103. Riel de alumbrado de servicio pesado. Un riel de iluminación de servicio pesado debe estar aprobado e identificado para usarse a más de 20 A. Cada accesorio conectado a un riel de iluminación de servicio pesado debe estar protegido individualmente contra sobrecorriente.

410-104. Sujeción. Los rieles de iluminación deben estar sujetos de modo que cada soporte sea adecuado para soportar el máximo peso de los luminarios que se puedan instalar. Un tramo de 1,2 m o menos debe tener dos soportes y, cuando se instalen en una fila continua, cada sección individual no mayor que 1,2 m debe llevar un soporte adicional, a menos que estén aprobados para apoyarse a intervalos mayores.

410-105. Requisitos de construcción

a) Construcción. La armazón de los rieles de iluminación debe ser lo suficientemente resistente como para mantener la rigidez. Los conductores deben ir instalados dentro de la armazón del riel, permitiendo la inserción de los luminarios y estar diseñados para evitar la manipulación y el contacto accidental con las partes vivas. No se deben intercalar rieles de sistemas con distintas tensiones eléctricas. Los conductores instalados en los rieles deben tener un tamaño nominal mínimo de 3,31 mm² (12 AWG) y ser de cobre. Los extremos de los rieles deben estar aislados y protegidos con tapas.

Excepción: Los luminarios que incorporen un dispositivo integral para reducir la tensión eléctrica a un valor menor de tensión eléctrica de la lámpara.

b) Puesta a tierra. Los rieles de alumbrado deben estar puestos a tierra cumpliendo lo establecido en el artículo 250. Las distintas secciones del riel deben estar perfectamente acopladas de modo que mantengan la continuidad, la polaridad y la puesta a tierra de todo el circuito.

ARTICULO 411 - SISTEMAS DE ALUMBRADO QUE FUNCIONAN A 30 V O MENOS

411-1. Alcance. Este artículo cubre los sistemas de alumbrado que funcionen a 30 V o menos y sus componentes.

411-2. Sistemas de alumbrado a 30 V o menos. Un sistema de alumbrado que funcione a 30 V o menos, es el que consiste en una fuente de alimentación separada, de 30 V (42,4 V pico) o menos en cualquier condición de carga, con uno o más circuitos secundarios, cada uno limitado a 25 A máximo, que alimente a luminarios y equipos asociados identificados para ese uso.

411-3. Aprobación requerida. Los sistemas de alumbrado de 30 V o menos deben estar aprobados para ese uso.

411-4. Lugares no permitidos. No deben instalarse sistemas de alumbrado que funcionen a 30 V o menos:

(1) cuando estén ocultos o se extiendan a través de las paredes de una construcción a menos que se utilice un método de instalación especificado en el Capítulo 3; o

(2) a una distancia menor que 3 m de albercas, tinas de hidromasaje, fuentes o instalaciones similares, excepto lo permitido en el artículo 680.

411-5. Circuitos secundarios

a) Puesta a tierra. Los circuitos secundarios no deben estar puestos a tierra.

b) Aislamiento. El circuito secundario debe estar aislado de otros circuitos derivados por medio de un transformador de aislamiento.

c) Conductores desnudos. Los conductores desnudos y las partes expuestas están permitidos. Los conductores desnudos no deben estar instalados a menos de 2,1 m sobre la superficie del piso, excepto si están específicamente aprobados para instalarlos a menor altura.

411-6. Circuitos derivados. Los sistemas de alumbrado que funcionen a 30 V o menos deben estar alimentados por un circuito derivado de 20 A máximo.

411-7. Áreas peligrosas (clasificadas). Además de las disposiciones de este artículo, cuando estén instalados en áreas peligrosas (clasificadas), estos sistemas deben cumplir lo establecido en los artículos 500 a 517.

ARTICULO 422 – APARATOS ELECTRODOMESTICOS Y SIMILARES

A. Disposiciones generales

422-1. Alcance. Este artículo cubre los aparatos electrodomésticos y similares para uso comercial e industrial utilizados en cualquier edificio.

422-2. Partes vivas. Los aparatos electrodomésticos no deben tener partes vivas expuestas a contacto.

Excepción: Los tostadores, parrillas y otros aparatos eléctricos en los que las partes energizadas a alta temperatura tienen que estar necesariamente expuestas.

422-3. Otros Artículos. Todos los requisitos de esta Norma se aplican a los aparatos electrodomésticos y similares, en lo que corresponda. Los aparatos para utilizarse en áreas peligrosas (clasificadas) deben cumplir lo establecido en los artículos 500 a 517. Las disposiciones del artículo 430 se aplican a la instalación de aparatos operados con motor y los requisitos del artículo 440 se aplican a la instalación de unidades de refrigeración que contengan grupos motocompresores herméticos, excepto las disposiciones en contrario que este artículo establezca.

B. Requisitos de los circuitos derivados

422-4. Capacidad nominal de los circuitos derivados. Esta sección especifica la capacidad nominal de los circuitos derivados individuales capaces de suministrar energía a los aparatos sin sobrecalentarse bajo las condiciones especificadas. Esta sección no se aplica a los conductores que formen parte integrante de los aparatos.

a) Circuitos derivados individuales. La capacidad nominal de cada circuito derivado individual no debe ser menor que la capacidad nominal marcada en el aparato o a la capacidad nominal marcada en un aparato con cargas combinadas, como se requiere en 422-32.

Excepción 1: Cuando los aparatos operados con motor no tengan la capacidad nominal marcada, la capacidad del circuito derivado debe cumplir lo establecido en la parte D del artículo 430.

Excepción 2: Para aparatos operados sin motor y con carga continua, la capacidad nominal del circuito derivado no debe ser menor que 125% de la marcada; o no menor que 100% si el dispositivo conectado al circuito derivado está aprobado para funcionar de modo continuo a 100% de su carga nominal.

Excepción 3: Se permite que los circuitos derivados de aparatos electrodomésticos de cocina cumplan lo establecido en la Tabla 220-19.

b) Circuitos que suministran energía a dos o más cargas. El cálculo de la capacidad nominal de los circuitos derivados que suministren energía eléctrica a aparatos y a otras cargas, debe obtenerse de acuerdo con lo indicado en 210-23.

422-5. Protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados. Los circuitos derivados se deben proteger de acuerdo con lo indicado en 240-3.

Si en el aparato eléctrico está marcada la capacidad nominal del dispositivo de protección, la capacidad nominal del dispositivo de protección del circuito contra sobrecorriente no debe ser superior a la marcada en el aparato.

C. Instalación de los aparatos electrodomésticos

422-6. Requisitos. Todos los aparatos eléctricos deben instalarse de manera aprobada.

422-7. Equipo de calefacción central. El equipo de calefacción central distinto del equipo de calefacción eléctrica individual debe estar alimentado por un solo circuito derivado.

Excepción: Se permite que equipo auxiliar directamente asociado con equipo de calefacción, como las bombas, válvulas, humidificadores o ionizadores de aire, vaya conectado al mismo circuito derivado.

422-8. Cables flexibles

a) Cordones de calentadores. Todas las planchas eléctricas y aparatos eléctricos portátiles de calefacción de más de 50 W nominales conectados con un cordón con clavija y que puedan producir temperaturas superiores a 120°C en las superficies con las cuales es posible que el cordón se ponga en contacto, deberán llevar uno de los tipos de cables para calentadores indicados en la Tabla 400-4.

b) Otros aparatos eléctricos de calefacción. Todos los demás aparatos eléctricos de calefacción eléctricos con cordón y clavija se deben conectar por medio de uno de los tipos de cables indicados en la Tabla 400-4, elegido de acuerdo con el uso especificado en ésta.

c) Otros aparatos eléctricos. Se permite utilizar cordón flexible para:

(1) la conexión de aparatos eléctricos para facilitar su cambio frecuente o para evitar la transmisión de ruidos y vibraciones, o

(2) facilitar su desmontaje o desconexión de aparatos eléctricos fijos, cuando sus medios de sujeción y sus conexiones mecánicas estén específicamente diseñados para permitir su desmontaje rápido para mantenimiento o para reparación y el aparato eléctrico esté aprobado e identificado para conectarlo con cordón flexible.

d) Aparatos eléctricos específicos

1) Se permite que los trituradores de basura accionados eléctricamente estén conectados por medio de cordón flexible y clavija aprobados e identificados para ese uso, terminado en una clavija con terminal de puesta a tierra, siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:

- a. La longitud del cable no debe ser menor que 45 cm ni mayor que 90 cm.
- b. Los receptáculos deben estar instalados de modo que se evite daño físico al cordón flexible.
- c. El receptáculo debe estar accesible.

2) Se permite que los lavavajillas y los compactadores domésticos de basura accionados eléctricamente estén conectados por medio de cordón flexible y clavija aprobados e identificados para ese uso, terminado en una clavija terminal de puesta a tierra, siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:

- a. La longitud del cable no debe ser menor que 90 cm ni mayor que 1,2 m.
- b. Los receptáculos deben estar instalados de modo que se evite daño físico al cordón flexible.
- c. El receptáculo debe estar situado en el espacio ocupado por el aparato eléctrico o al lado del mismo.
- d. El receptáculo debe estar accesible.

Excepción: No es necesario que los trituradores, lavavajillas y compactadores de basura aprobados, que estén protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente, estén puestos a tierra. Si se utiliza dicho sistema, los equipos deben estar claramente marcados.

3) Las máquinas de lavado por rocío a alta presión, conectadas con un cordón con clavija, deben estar provistas con un interruptor de circuito por falla a tierra instalado en fábrica, para la protección del personal. El interruptor de circuito por falla a tierra debe formar parte integral de la clavija de conexión o estar situado en el cable de alimentación, a menos de 30 cm de la clavija.

Excepción 1: Las máquinas de lavado por rocío a alta presión, para conexión trifásica.

Excepción 2: Las máquinas de lavado por rocío a alta presión de más de 250 V.

422-9. Calentadores por inmersión con cordón y clavija. Los calentadores eléctricos por inmersión conectados con cordón y clavija deben estar fabricados e instalados de manera que las partes energizadas queden protegidas eficazmente de contactos eléctricos con la sustancia en la que se sumergen.

422-10. Protección de los materiales combustibles. Cada aparato electrodoméstico calentado eléctricamente tal que por su tamaño, peso y servicio esté diseñado para colocarse en posición fija, se ubicará de forma que exista amplia protección entre él y los materiales combustibles adyacentes al mismo.

422-11. Soporte de los aparatos eléctricos conectados con cordón y clavija. Las planchas eléctricas y otros aparatos eléctricos de calefacción conectados con cordón y clavija y dispuestos para colocarse en contacto con materiales combustibles, deben estar equipados con un soporte aprobado que puede ser una parte independiente del equipo o puede formar parte del aparato eléctrico.

422-12. Señalización de los aparatos eléctricos de calefacción. Todos los aparatos eléctricos o grupos de aparatos eléctricos de calefacción utilizados en lugares no destinados a vivienda y que estén destinados para aplicarse a materiales combustibles, deben llevar una señalización.

Excepción: Si el aparato eléctrico lleva un limitador de temperatura integrado.

422-13. Planchas eléctricas. Las planchas eléctricas deben ir equipadas con un medio de limitación de temperatura identificado.

422-14. Calentadores de agua

a) Calentadores de agua de tipo instantáneo y con almacenamiento. Todos los calentadores de agua de tipo instantáneo y del tipo con almacenamiento deben ir equipados con un limitador de temperatura, además del termostato regulador, que permita desconectar todos los conductores de fase, y dichos medios deben:

(1) instalarse para sensar la temperatura máxima del agua y

(2) ser del tipo de disparo libre, de reposición manual o con elemento de reposición. Los calentadores de agua de este tipo deben llevar una marca que indique que es necesario instalar una válvula de temperatura y de alivio de presión.

Excepción: Los calentadores de agua para temperatura del agua de 80°C en adelante y de 60 kW de potencia en adelante, y aprobados para ese uso; y los calentadores de agua con capacidad de 4 L o menos y que estén aprobados para ese uso.

b) Calentadores de agua con almacenamiento. Un circuito derivado al que esté conectado un calentador de agua fijo con almacenamiento, con capacidad de 450 L o menos, debe tener una capacidad nominal no menor que 125% la capacidad nominal que aparezca en la placa de datos del calentador de agua.

Nota: Para dimensionar los circuitos derivados, véase la Excepción 2 de 422-4(a).

422-15. Aparatos eléctricos industriales de calefacción con lámparas infrarrojas

a) De 300 W o menos. Las lámparas infrarrojas de calefacción de 300 W nominales o menos se pueden utilizar con portalámparas de tipo de base media, del tipo de porcelana sin desconectador u otros tipos aprobados como adecuados para usarse con lámparas de calefacción con infrarrojos de 300 W nominales o menos.

b) Mayores de 300 W. No se deben usar portalámparas de casquillo roscado con lámparas infrarrojas de más de 300 W nominales.

Excepción: Los portalámparas aprobados e identificados para usarse con lámparas infrarrojas para calefacción de potencia nominal superior a 300 W.

c) Portalámparas. Se permite conectar portalámparas a cualquiera de los circuitos derivados descritos en el artículo 210 y, en edificios industriales, se permite operarlos en serie en circuitos de más de 150 V a tierra, siempre que la tensión eléctrica nominal del portalámparas no sea menor que la del circuito.

Cada sección, panel o franja que tenga instalado portalámparas infrarrojos (incluido su cableado interno) se debe considerar como un aparato eléctrico. La terminal de conexiones de cada conjunto se debe considerar como una toma de salida de corriente eléctrica individual.

422-16. Puesta a tierra. Los aparatos eléctricos que deben estar puestos a tierra de acuerdo con lo indicado en el artículo 250, deben tener sus partes metálicas no conductoras puestas a tierra de la manera especificada en el artículo 250.

Nota: Para la puesta a tierra de refrigeradores y congeladores, véanse 250-42, 250-43 y 250-45. Para la puesta a tierra de estufas eléctricas, hornos de pared, estufas montadas en cocinetas y secadoras de ropa, véanse 250-57 y 250-60.

422-17. Hornos de pared y cocinetas para mostrador

a) Conexión permitida con cordón y clavija o conectados permanentemente. Se permite que los hornos de pared y las estufas montadas en cocinetas, completas con sus accesorios para montaje y para hacer las conexiones eléctricas, estén conectados permanentemente o conectados por medio de cordón y clavija para facilitar su instalación o servicio.

b) Conector separable o combinación de receptáculo y clavija. Un conector separable o una combinación de receptáculo y clavija en el lado de suministro de los hornos de pared y estufas montadas en cocinetas:

- 1) No deben instalarse como el medio de desconexión que se exige en 422-20.
- 2) Deben estar aprobados para la temperatura del lugar donde estén instalados.

422-18. Soporte de los ventiladores de techo

a) Ventiladores de 16 kg o menos. Se permite que los ventiladores de techo, aprobados y listados que no excedan de 16 kg en masa, con o sin accesorios, estén soportados por cajas de salida de toma de corriente eléctrica aprobadas e identificadas para ese uso y sujetas según lo indicado en 370-23 y 370-27.

b) Ventiladores de techo de más de 16 kg. Los ventiladores de techo aprobados, que excedan 16 kg en peso, con o sin accesorios, deben estar soportados independientes de la caja de salida de conexión. Véase 370-23.

422-19. Otros métodos de instalación. Los aparatos eléctricos con métodos de instalación distintos a los cubiertos en este artículo, se permite usarlos sólo con permiso especial de la autoridad competente.

D. Control y protección de los aparatos eléctricos

422-20. Medios de desconexión. Los aparatos eléctricos deben llevar un medio de desconexión que desconecte al aparato de todos los conductores de fase, de acuerdo con lo indicado en la Parte D de este Artículo. Si un aparato eléctrico está alimentado por más de un circuito, los medios de desconexión se deben agrupar e identificar.

422-21. Desconexión de aparatos eléctricos conectados permanentemente

a) Para potencia nominal que no exceda 300 VA o 93,0 W (1/8 CP). En los aparatos eléctricos conectados permanentemente, que no excedan 300 VA o 93,0 W (1/8 CP), se permite utilizar el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado como medio de desconexión.

b) Potencia nominal de más de 300 VA o 93,0 W (1/8 CP). En los aparatos eléctricos conectados permanentemente que tengan más de 300 VA o 93,0 W (1/8 CP), se permite utilizar, como medio de desconexión, el interruptor automático o el desconectador del circuito derivado, cuando dicho medio o interruptor automático esté a la vista desde el aparato eléctrico o se pueda bloquear en posición abierta.

NOTA 1: Para aparatos eléctricos con motor de más de 93,0 W (1/8 CP), véase 422-27.

NOTA 2: Para aparatos eléctricos con desconectores individuales, véase 422-25.

422-22. Aparatos eléctricos con desconexión por medio de cordón y clavija

a) Conector separable o clavija de conexión y receptáculo. En los aparatos eléctricos conectados por medio de cordón y clavija se permite que se utilice como medio de desconexión un conector separable accesible o un receptáculo y clavija accesibles. Cuando el conector o el receptáculo y clavija no sean accesibles, los aparatos de este tipo deben ir provistos de un medio de desconexión de acuerdo con lo indicado en 422-21.

b) Conexión en la base posterior de una estufa. En las estufas eléctricas domésticas, conectadas con cordón y clavija, se considera que una clavija y un receptáculo en la base posterior de la cocina cumplen con los requisitos indicados en 422-22(a), si son accesibles desde la parte delantera quitando un cajón.

c) Capacidad nominal. La capacidad nominal de un receptáculo o de un conector separable, no debe ser menor que la capacidad nominal de cualquier aparato eléctrico conectado a los mismos.

Excepción: Se permite aplicar los factores de demanda autorizados en otros Artículos de esta norma.

d) Requisitos de los conectores y las clavijas. Los conectores y las clavijas deben cumplir las siguientes disposiciones:

1) Partes vivas. Deben estar contruidos e instalados de modo que estén protegidos contra contactos accidentales con partes vivas.

2) Capacidad interruptiva. Deben ser capaces de interrumpir su corriente eléctrica nominal sin riesgo para las personas que los operen.

3) Intercambiabilidad. Deben estar diseñados de forma que no puedan entrar en receptáculos de menor capacidad nominal.

422-23. Polaridad en los aparatos eléctricos con cordón y clavija. Si el aparato eléctrico está provisto con un desconectador manual de un polo para conectarlo o desconectarlo de la red o a un portalámparas con casquillo roscado tipo Edison o a un receptáculo de 15 A o 20 A, la clavija debe ser de tipo polarizado con toma de tierra.

Excepción: Una rasuradora eléctrica listada que use una clavija de dos hilos, no polarizada, si no está provista de un portalámparas con base tipo Edison o con un receptáculo, de 15 A o 20 A.

NOTA: Para la polaridad de los portalámparas con base tipo Edison, véase 410-42(a).

422-24. Aparatos eléctricos con cordón y clavija sujetos a inmersión. Las unidades portátiles de hidromasaje, autosoportadas, y los secadores de pelo manuales deben estar contruidos de modo que provean protección para las personas contra la electrocución cuando se sumerjan en el agua, tanto encendidos como apagados.

422-25. Unidades desconectoras como medios de desconexión. Un desconectador o desconectores que formen parte de un aparato eléctrico, con su posición de apagado (desconectado) marcada y que desconecte todos los conductores del aparato eléctrico no puestos a tierra, se puede utilizar como medio de desconexión según lo exigido por este Artículo, cuando otros medios de desconexión sean provistos en los siguientes lugares:

a) Viviendas multi-familiares. En las viviendas multi-familiares, los otros medios de desconexión deben estar dentro de la vivienda o en la misma planta que la unidad de vivienda en la que esté instalado el aparato eléctrico y pueden controlar luces y otros aparatos eléctricos.

b) Viviendas dúplex. En las viviendas dúplex se permite que el otro medio de desconexión esté dentro o fuera de la vivienda en la que esté instalado el aparato eléctrico. En este último caso se permite instalar un desconectador individual o automático en la unidad de vivienda, que puede controlar también luces y otros aparatos eléctricos.

c) Viviendas unifamiliares. En viviendas unifamiliares se permite que el otro medio de desconexión sea el de la acometida.

d) Edificios con otros usos. En edificios con otros usos se permite que el otro medio de desconexión sea el desconectador o interruptor automático del circuito derivado, cuando sea fácilmente accesible para el mantenimiento del aparato eléctrico.

422-26. Desconectores e interruptores automáticos indicadores. Los desconectores e interruptores automáticos usados como medio de desconexión deben indicar claramente si están en posición abierta (circuito desconectado) o cerrada (circuito conectado).

422-27. Medios de desconexión de los aparatos eléctricos accionados con motor. Si se utiliza un desconectador o un interruptor automático como medio de desconexión de un aparato eléctrico con motor permanentemente conectado de más de 93,0 W (1/8 CP), debe estar situado a la vista del control del motor y cumplir con la Parte I del Artículo 430.

Excepción: Se permite que un desconectador o un interruptor automático actúe como los otros medios de desconexión exigidos en a) a d) de 422-25 y esté fuera de la vista desde el control del motor o desde un aparato eléctrico, siempre que el aparato eléctrico tenga un desconectador con su posición de "apagado" (desconexión) marcada y que desconecte todos los conductores de fase.

422-28. Protección contra sobrecorriente

a) **Aparatos eléctricos.** Los aparatos eléctricos deben estar protegidos contra sobrecorriente de acuerdo con lo indicado en los siguientes incisos y en 422-4 y 422-5.

Excepción: Los motores de los aparatos eléctricos operados con motor deben estar provistos de mecanismo de protección contra sobrecarga según lo indicado en la Parte C del Artículo 430. Los motocompresores de equipo de refrigeración o de aire acondicionado deben estar provistos de protección contra sobrecargas de acuerdo con lo indicado en la Parte F del Artículo 440. Cuando se exija que un aparato eléctrico lleve un dispositivo de protección contra sobrecorriente independiente del mismo, el aparato eléctrico debe llevar marcados los datos para la elección de dichos dispositivos. Las marcas mínimas deben ser las especificadas en 430-7 y 440-4.

b) **Aparatos electrodomésticos con elementos de calentamiento de sus superficies.** Un aparato electrodoméstico con elementos de calentamiento de sus superficies, con una demanda máxima de más de 60 A calculada de acuerdo con lo indicado en la Tabla 220-19, debe tener su fuente de alimentación subdividida en dos o más circuitos, cada uno de los cuales debe estar provisto de dispositivo de protección contra sobrecorriente de una capacidad nominal no mayor que 50 A.

c) **Aparatos eléctricos de calentamiento con lámparas infrarrojas comerciales e industriales.** Los aparatos eléctricos de calentamiento con lámparas infrarrojas, comerciales e industriales, deben estar protegidos por dispositivos de sobrecorriente de 50 A nominales como máximo.

d) **Elementos de calentamiento de superficie de bobina abierta o bobina forrada expuesta en aparatos eléctricos tipo comercial.** Los elementos de calentamiento de superficies consistentes en bobinas abiertas o bobinas forradas expuestas en aparatos eléctricos de calentamiento de tipo comercial deben estar protegidos por dispositivos de sobrecorriente de 50 A nominales como máximo.

e) **Aparato eléctrico único, operado sin motor.** Si el circuito derivado suministra corriente eléctrica a un aparato eléctrico único, operado sin motor, la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente:

(1) no debe superar la capacidad nominal marcada en el aparato eléctrico;

(2) si no está marcada la capacidad nominal de la protección de sobrecorriente y la corriente eléctrica nominal del aparato eléctrico es de más de 13 A, el dispositivo de protección no debe ser mayor que 150% de la corriente eléctrica nominal del aparato eléctrico;

(3) si en el aparato eléctrico no está marcada la capacidad nominal de protección contra sobrecorriente y el aparato eléctrico es de menos de 13 A nominales, la capacidad nominal del dispositivo de protección no debe ser mayor que 20 A.

Excepción: Cuando el 150% de la capacidad del aparato eléctrico no corresponda con la capacidad nominal de un dispositivo normalizado de protección contra sobrecorriente, se permite tomar el valor inmediato superior.

f) **Aparatos eléctricos de calentamiento que empleen elementos calefactores tipo resistencia, con capacidad nominal de más de 48 A.** Los aparatos de calentamiento eléctrico con elementos de tipo resistencia de más de 48 A nominales, deben tener sus elementos de calentamiento subdivididos. La carga de cada división no debe superar 48 A y debe estar protegida para una corriente eléctrica no superior a 60 A.

Estos dispositivos suplementarios de protección contra sobrecorriente deben:

(1) estar instalados en fábrica dentro o sobre el envoltente del calefactor o provisto como un conjunto independiente por el fabricante del calentador;

(2) estar accesibles, pero no necesariamente fácilmente accesible, y

(3) ser adecuados para la protección de circuitos derivados.

Los conductores principales a través de los que llegue la corriente eléctrica a estos dispositivos de protección contra sobrecorriente, se deben considerar como conductores del circuito derivado.

Excepción 1: Los electrodomésticos con elementos de calentamiento de la superficie, de los que trata la Sección 422-28(b), y los aparatos eléctricos de calentamiento de tipo comercial de los que trata la Sección 422-28(e).

Excepción 2: Se permite subdividir en circuitos las estufas comerciales y aparatos eléctricos de cocina con elementos calefactores de tipo forrado, no cubiertos en 422-28(d), siempre que no excedan 120 A y estén protegidos a no más de 150 A, cuando se cumpla una de las siguientes condiciones:

a. Que los elementos estén integrados y cubiertos por la estufa.

b. Que los elementos estén totalmente cerrados dentro de una envoltente aprobada e identificada para ese uso, o

c. Que los elementos estén contenidos en un recipiente aprobado.

Excepción 3: Se permite que los calentadores de agua y calderas de vapor con elementos calentadores eléctricos de tipo inmersión, en un recipiente aprobado, pueden subdividirse en circuitos de menos de 120 A y protegidos a no más de 150 A.

E. Mercado de los aparatos eléctricos

422-29. Unidades de calentamiento de tuberías, conectados con cordón y clavija. Los elementos de calentamiento destinados a evitar que se congelen las tuberías y conectados con cordón y clavija, deben estar aprobados y listados.

422-30. Placa de datos

a) Información en la placa de datos. Cada aparato eléctrico deberá llevar una placa de datos en la que aparezca el nombre de identificación y sus valores nominales en volts (V) y ampere (A) o volts (V) y watt (W). Si el aparato eléctrico se debe utilizar a una frecuencia específica, también debe indicarse.

Cuando se exija protección externa contra sobrecargas de un motor, también debe aparecer este dato en la placa de datos.

NOTA: Para los requisitos de protección contra sobrecorriente, véase la Excepción de 422-28(a).

b) Visible. La señalización debe estar situada de modo que sea visible o fácilmente accesible después de su instalación.

422-31. Marcado en los elementos calentadores. Todos los elementos calentadores de más de 1 A nominal e intercambiables en campo y que formen parte de un aparato eléctrico, deben estar marcados claramente con sus valores nominales en volts (V) y ampere (A) o volts (V) y watt (W) o con el número de referencia del fabricante.

422-32. Aparatos eléctricos consistentes de motores y otras cargas. Estos aparatos deben ir marcados de acuerdo con lo indicado a continuación:

a) Marcado. Además de la información exigida en 422-30, el marcado de un aparato eléctrico consistente en un motor con otras cargas o motores con otras cargas, deben especificar la capacidad de conducción de corriente del conductor del circuito y la capacidad nominal del dispositivo de protección del circuito contra sobrecorriente.

Excepción 1: Los aparatos eléctricos equipados de fábrica con cordón y clavija y que cumplan lo exigido en 422-30.

Excepción 2: Los aparatos eléctricos en los que la capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito de suministro y la capacidad nominal admisible del dispositivo de protección del circuito contra sobrecorriente, no sean superiores a 15 A y cumplan lo exigido en 422-30.

b) Método de marcado alternativo. Se permite un método alternativo de marcado que especifique los valores nominales del motor mayor en volts (V) y ampere (A), y la carga o cargas adicionales en volts (V) y ampere (A) o volts (V) y watt (W), además de las marcas exigidas en 422-30.

Excepción 1: Los aparatos eléctricos equipados de fábrica con cordón y clavija y que cumplan lo exigido en 422-30.

Excepción 2: Se permite omitir la capacidad nominal admisible de un motor de 93,0 W (1/8 CP) o menos o de una carga de 1 A que no sea el motor, siempre que dichas cargas no constituyan la carga principal.

ARTICULO 424 - EQUIPO ELECTRICO FIJO PARA CALEFACCION DE AMBIENTE

A. Disposiciones generales

424-1. Alcance. Los requisitos de esta Sección aplican al equipo eléctrico fijo utilizado para la calefacción del ambiente. Para los propósitos de esta Sección, el equipo de calefacción incluye cables calentadores, unidades calentadoras, calderas, sistemas centrales u otro equipo eléctrico fijo aprobado para calefacción de ambiente. Esta Sección no aplica a los procesos de calefacción y de aire acondicionado doméstico.

En la aplicación de este equipo se deben verificar las características físicas del local tales como orientación y techado del área, y se permite utilizar dispositivos de control de temperatura que garanticen un uso adecuado de la energía.

424-2. Otras secciones aplicables. Todos los requisitos de esta norma deben cumplirse cuando sean aplicables. El equipo eléctrico fijo para calefacción de ambientes en uso para áreas peligrosas (clasificadas) debe cumplir con los requisitos de los Artículos 500 a 517. El equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente que tiene incorporada una unidad hermética para refrigeración con motor-compresor incorporado, también debe cumplir con el Artículo 440.

424-3. Circuitos derivados

a) Requisitos para circuitos derivados. Los circuitos derivados individuales pueden alimentar equipo fijo para calefacción de ambiente de cualquier tamaño. Los circuitos derivados que alimenten dos o más salidas de equipo fijo para calefacción de ambiente, deben tener una capacidad nominal de 15 A, 20 A o 30 A, y estar provistos con dispositivos de control de temperatura que garanticen un uso eficiente de la energía.

Excepción: En inmuebles que no son para uso residencial se permite que el equipo fijo para calefacción por rayos infrarrojos pueda estar alimentado por circuitos derivados con corriente eléctrica nominal no mayor que 50 A.

b) Diseño de los circuitos derivados. La capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito derivado y la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente o el ajuste de éste, que alimenten a equipo fijo para calefacción de ambiente que se componga de elementos resistivos con o sin motor, no deben ser menores a 125% de la carga total de motores y calentadores. Se permite el ajuste o capacidad nominal de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de acuerdo con lo establecido en 240-3(b). Se permite que un receptáculo, termostato, relevador o dispositivo similar, aprobado para el funcionamiento continuo, al 100% de su capacidad nominal, alimente su carga nominal plena como está indicado en la Excepción de 210-22(c).

El tamaño nominal de los conductores de un circuito derivado y la capacidad nominal de los dispositivos de protección contra sobrecorriente que alimenten a equipo fijo para calefacción de ambiente provistos de una unidad hermética para refrigeración con motor-compresor incorporado, con o sin unidades de resistencia, debe calcularse como se indica en 440-34 y 440-35. Las disposiciones de esta Sección no aplican a los conductores que son parte integral de un equipo eléctrico fijo aprobado para calefacción de ambiente.

B. Instalación

424-9. Disposiciones generales. La instalación de todo equipo eléctrico fijo para calefacción debe cumplir con lo dispuesto en las partes aplicables de esta norma.

424-10. Permiso especial. El equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente y los sistemas eléctricos instalados con métodos distintos de los tratados en el presente Artículo, pueden ser utilizados únicamente con permiso especial de la autoridad competente.

424-11. Conductores de alimentación. El equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente que requiera conductores de alimentación con aislamiento mayor que 60°C de temperatura de operación, debe estar marcado visible y permanentemente. Dichas marcas deben ser fácilmente visibles después de la instalación y pueden colocarse adyacentes a la caja de conexión en la obra.

424-12 Lugares de instalación

a) Exposición a daño severo. No se permite la instalación de equipo eléctrico fijo de calefacción de ambiente en lugares que estén expuestos a daños materiales, a menos que estén protegidos adecuadamente. Véase 110-11 para el equipo expuesto a agentes de deterioro.

b) Lugares húmedos y mojados. Los calentadores y el equipo asociado, instalado en lugares húmedos o mojados, deben estar aprobados para tales lugares y deben estar construidos e instalados de manera tal que el agua no penetre ni se acumule en las secciones donde existan conductores o conexiones eléctricas, componentes eléctricos o en las canalizaciones.

424-13. Separación de materiales combustibles. El equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente debe estar instalado de manera que haya el espacio requerido entre el equipo y los materiales combustibles adyacentes, a menos que haya sido aprobado para ser instalado en contacto directo con estos materiales.

424-14. Puesta a tierra. Todas las partes metálicas descubiertas que no estén diseñadas para transportar energía eléctrica en el equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente que pudieran llegar a ser energizadas, deben estar puestas a tierra como se indica en el Artículo 250.

C. Control y protección de equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente

424-19. Medios de desconexión. En todo equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente se debe disponer de los medios para desconectar el calentador, el o los controles y los dispositivos de protección contra sobrecorriente adicional, de todos los conductores, excepto los conductores de puesta a tierra. Cuando el equipo de calefacción esté alimentado por más de una fuente, los medios de desconexión se deben agrupar e identificar. Así mismo se permite disponer de sensores de temperatura para desconectar el calentador y reducir los consumos innecesarios de energía.

a) Equipo de calefacción con protección adicional contra sobrecorriente. Si son fusibles, los medios de desconexión deben estar a la vista desde el lado de alimentación del dispositivo de protección adicional contra sobrecorriente, y además deben cumplir con lo siguiente.

- 1) Calentadores que contienen motor con capacidad no mayor que 93,0 W (1/8 CP).** Los medios de desconexión mencionados anteriormente y las unidades desconectadoras que cumplan con 424-19(c) se permiten como medio de desconexión requerido para el controlador y para el calentador, de acuerdo con lo indicado en a o b siguientes:
 - a.** Los medios de desconexión provistos están a la vista desde el control del motor y del calentador.
 - b.** Los medios de desconexión provistos deben ser capaces de ser bloqueados en la posición de desconectado.
- 2) Calentadores que contienen motor con capacidad superior a 93,0 W (1/8 CP).** Se permite utilizar los medios de desconexión anteriores como dispositivos de desconexión para ambos, el controlador y el calentador, por uno de los medios especificados a continuación:
 - a.** Donde los dispositivos de desconexión también estén a la vista desde el controlador y desde el calentador.
 - b.** Donde los medios de desconexión no estén a la vista, se permite instalar un medio de desconexión separado o se permite un medio de desconexión que pueda bloquearse en la posición de desconectado o los desconectores incorporados que se describen en 424-19(c).
 - c.** Donde los medios de desconexión no estén a la vista desde el controlador, se puede usar uno de los medios que cumplan con lo indicado en 430-102.
 - d.** Cuando el motor no esté a la vista desde el controlador, se aplica lo indicado en 430-102(b).

b) Equipo de calefacción sin protección adicional contra sobrecorriente

- 1) Sin motor, o con motor de capacidad menor que 93,0 W (1/8 CP).** El desconector del circuito derivado o el interruptor automático pueden servir como medio de desconexión donde sea fácilmente accesible para el equipo eléctrico fijo de calefacción del ambiente con motor con capacidad no mayor que 93,0 W (1/8 CP) o cuando sea posible bloquearse en la posición de desconectado.
- 2) Con motor de capacidad mayor que 93,0 W (1/8 CP).** Para el equipo eléctrico fijo utilizado para calefacción del ambiente con un motor con capacidad nominal mayor que 93,0 W (1/8 CP), se debe colocar un medio de desconexión a la vista del controlador.

Excepción: Tal como se permite en 424-19 (a) (2).

c) Desconectores incorporados como medios de desconexión. Se permite utilizar los desconectores que cuenten con indicación para la posición de desconectado, como medios de desconexión de todos los conductores de fase requeridos por esta Sección, siempre que otros medios de desconexión se provean para los siguientes tipos de locales:

- 1) **Conjuntos multifamiliares.** En viviendas multifamiliares, el otro medio de desconexión debe estar localizado dentro de la vivienda o en el mismo piso donde esté instalado el calentador fijo, y puede ser usado también para controlar lámparas y aparatos eléctricos.
- 2) **Viviendas dúplex.** Para viviendas dúplex se permite que el otro medio de desconexión esté fuera o dentro de la unidad de vivienda en el cual esté instalado el calentador fijo. En este caso, se permite un desconectador individual o un interruptor automático para una unidad de vivienda y se permite que también controle lámparas y aparatos eléctricos.
- 3) **Viviendas unifamiliares.** Los medios de desconexión de la acometida en las viviendas unifamiliares pueden ser utilizados como el otro medio de desconexión.
- 4) **Otros locales.** Los medios de desconexión o interruptores automáticos del circuito derivado pueden ser utilizados como el otro medio de desconexión cuando sean fácilmente accesibles para el servicio de calefacción.

424-20. Dispositivos de interrupción controlados térmicamente

a) Uso simultáneo de controles y medios de desconexión. Se permite el uso de los dispositivos de interrupción controlados térmicamente y una combinación de termostatos y desconectores controlados manualmente, si cumplen con las siguientes condiciones:

- 1) Tienen una marca para la posición de abierto.
- 2) Desconectan directamente todos los conductores portadores de corriente cuando se colocan manualmente en la posición desconectado.
- 3) Están diseñados de tal forma que el circuito no pueda ser energizado automáticamente después de que el dispositivo ha sido colocado manualmente en la posición de desconectado.
- 4) Están ubicados como está especificado en 424-19.

b) Termostatos que no interrumpan directamente a todos los conductores. Los termostatos que no interrumpan directamente todos los conductores energizados y los termostatos que operen a control remoto no necesitan cumplir con los requisitos del inciso (a) de esta Sección. Estos dispositivos no deben usarse como medios de desconexión.

424-21. Desconectores e interruptores automáticos indicadores. Los desconectores e interruptores automáticos usados como medio de desconexión, deben indicar claramente si están en posición abierta (circuito desconectado) o cerrada (circuito conectado).

424-22. Protección contra sobrecorriente

a) Dispositivos de circuitos derivados. El equipo eléctrico para calefacción de ambiente diferente al accionado por motor que, según los Artículos 430 y 440, debe tener una protección adicional contra sobrecorriente, se considera protegido contra sobrecorriente cuando esté alimentado por uno de los circuitos derivados descritos en el Artículo 210.

b) Elementos de resistencia. El equipo eléctrico para calefacción de ambiente que utilice elementos calentadores de tipo de resistencias debe estar protegido a no más de 60 A. El equipo con capacidad mayor que 48 A y que emplee tales elementos debe tener los calentadores subdivididos, y cada carga subdividida no debe ser mayor que 48 A. Cuando una carga subdividida es menor que 48 A, la capacidad del dispositivo de protección contra sobrecorriente adicional debe cumplir con lo indicado en 424-3 (b).

Excepción: Lo que se indica en 424-72(a).

c) Dispositivos de protección contra sobrecorriente. Los dispositivos adicionales de protección contra sobrecorriente para las cargas subdivididas especificadas en el punto (b) deben ser: (1) instalados por el fabricante, dentro o sobre la envolvente de los calentadores o proporcionados por el fabricante como un conjunto separado; (2) accesibles, aunque no necesariamente fácilmente accesibles, (3) adecuados para la protección del circuito derivado.

NOTA: Véase 240-10.

En donde la protección contra sobrecorriente consista en fusibles de cartucho se permite usar un medio de desconexión individual para las diferentes cargas subdivididas.

NOTA 1: Véase 240-40 para la protección adicional de sobrecorriente.

NOTA 2: Para dispositivos de desconexión con cartuchos fusibles en circuitos de cualquier tensión eléctrica, véase 240-40.

d) Conductores de circuitos derivados. Los conductores que alimenten a los dispositivos adicionales de protección contra sobrecorriente se consideran conductores de circuitos derivados.

Excepción: Para calentadores de 50 kW de capacidad nominal o mayores, los conductores que alimenten a los dispositivos de protección adicional contra sobrecorriente indicados en (c) anterior, pueden dimensionarse a no menos de 100% de la capacidad nominal del calentador indicada en las características de placa, siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:

- a. Debe estar marcado en el calentador el tamaño nominal mínimo del conductor.
- b. El tamaño nominal de los conductores no debe ser menor que el tamaño mínimo indicado.
- c. El funcionamiento cíclico del equipo se debe controlar con un dispositivo accionado por temperatura.

e) Conductores para cargas subdivididas. El tamaño nominal de los conductores instalados en campo, entre el calentador y los dispositivos adicionales de protección contra sobrecorriente, no debe ser menor que 125% de la carga a suministrar. Los dispositivos adicionales de protección contra sobrecorriente especificados en el punto (c) deben proteger a esos conductores de acuerdo con lo indicado en 240-3.

Excepción: Para calentadores de 50 kW o más, la capacidad de conducción de corriente para los conductores entre el calentador y el dispositivo de protección adicional, instalados en campo, se permite que sea no menor que 100% de la carga de los respectivos circuitos subdivididos cuando cumplan con las siguientes condiciones:

- a. Se debe indicar en el calentador el tamaño nominal del conductor.
- b. El tamaño nominal de los conductores no debe ser menor que el mínimo indicado.
- c. El funcionamiento cíclico del equipo se debe controlar con un dispositivo accionado por temperatura.

D. Marcado del equipo de calefacción

424-28. Placa de datos

a) Información requerida. Cada unidad de equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente debe contar con una placa de datos con la identificación correspondiente a la tensión eléctrica y a la capacidad nominales en V y A, o V y W, de acuerdo con la norma de producto vigente.

El equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente destinado a ser usado exclusivamente con c.a. o con c.c. debe contar con la identificación que lo indique. La identificación del equipo que contenga motores de más de 93,0 W (1/8 CP) y otras cargas debe indicar los valores nominales en volts (V) y ampere (A) y la frecuencia, y la carga del calentador en watts (W) o volts (V) y ampere (A).

b) Ubicación. Esta placa de datos debe colocarse de manera que después de la instalación del equipo esté visible o fácilmente accesible.

424-29. Marcado de los elementos calentadores. Todos los elementos calentadores que sean reemplazables en el sitio y formen parte de un calentador eléctrico, deben estar marcados de manera legible con su capacidad nominal en V y A o V y W.

E. Cables eléctricos calentadores de ambiente

424-34. Cables calentadores. Los cables calentadores deben suministrarse completos, con terminales no calentadoras ensambladas en fábrica, con una longitud mínima de 2,13 m.

424-35 Marcado de los cables calentadores. Cada unidad debe marcarse con el nombre del fabricante o su emblema de identificación, el número de catálogo, la tensión eléctrica y los valores nominales en V y W o en V y A.

Cada unidad de cables calentadores debe identificarse con los siguientes colores, de acuerdo con la tensión eléctrica nominal en la que se va a utilizar: 120 o 127 V, amarillo; 220 V, azul; y para otras tensiones eléctricas, 240 V, rojo; 277 V café; y 480 V anaranjado.

424-36. Separación del alambrado en cielos rasos. El alambrado, colocado por encima de cielos rasos calentados, debe mantener una distancia no menor que 50 mm por encima de los mismos y se debe considerar que operan a una temperatura ambiente de 50°C. La capacidad de conducción de corriente de los conductores debe determinarse con base en los factores de corrección indicados en las Tablas del Artículo 310, para 0-2000 V.

Excepción: El alambrado colocado por encima de cielos rasos y con sobre-aislamiento térmico de un espesor mínimo de 50,8 mm, no necesita corrección de temperatura.

424-37. Localización del alambrado de circuitos derivados y alimentadores en paredes exteriores. Los métodos del alambrado deben cumplir con lo establecido en el Artículo 300 y la Sección 310-10.

424-38. Restricciones de áreas

a) No deben extenderse más allá del local o área. Los cables calentadores no deben extenderse más allá del local o del área en el que se originan.

b) Usos prohibidos. Los cables calentadores no deben ser instalados en guardarropas, por encima de paredes o de tabiques que se extiendan hasta el cielo raso o por encima de gabinetes que tengan un espacio libre entre su tope y el techo, a una distancia menor que la dimensión horizontal mínima del gabinete, medida hasta el lado más cercano que esté abierto hacia el local o área.

Excepción: Un alambrado único de cables no accesible puede pasar por encima de tabiques cuando estén empotrados.

c) Uso en cielos rasos de guardarropas como fuente de calor a baja temperatura para controlar la humedad relativa. Los requisitos anteriores de (b) no prohíben el uso de cables como fuente de calor de baja temperatura, en cielos rasos de guardarropas, para controlar la humedad relativa, siempre que sean usados únicamente en una parte del cielo raso que no tenga ninguna repisa y ningún aparato eléctrico entre el cielo raso y el piso.

424-39. Separación de otros objetos y aberturas. Los elementos de calentamiento de los cables deben estar separados por lo menos 200 mm de los lados de las cajas de salida y empalme que se usen para montar aparatos eléctricos de alumbrado de superficie. Debe disponerse una distancia no menor que 50 mm entre los aparatos eléctricos empotrados y sus guarniciones, aberturas de ventilación y cualesquiera otras aberturas similares que estén en la superficie del área donde sean instalados. Debe disponerse un espacio suficiente para que ningún cable calentador sea cubierto por cualquier unidad de alumbrado montada en superficie.

424-40. Empalmes. Los cables calentadores empotrados deben empalmarse solamente cuando sea necesario y por medios aprobados, y en ningún caso debe ser alterada la longitud de un cable calentador.

424-41. Instalaciones de cables calentadores en cielos rasos de madera, con yeso o de concreto

a) No deben instalarse en paredes. Los cables calentadores no deben instalarse en paredes.

b) Tendidos adyacentes. Los cables que no sean mayores de 9 W /m, instalados en tramos adyacentes, deben instalarse con distancias no menores a 40 mm entre sus centros.

c) Superficies en donde se colocan. Los cables calentadores pueden colocarse únicamente sobre muros de yeso, de tiras con revestimiento de yeso o en otros materiales resistentes al fuego. Cuando estén sobre tiras metálicas o sobre otras superficies eléctricamente conductoras se debe aplicar una capa de revestimiento para aislar enteramente la tira metálica de la superficie conductora del cable.

NOTA: Véase también el párrafo (f) de esta Sección.

d) Empalmes. En todos los cables calentadores, los empalmes entre ellos y terminales no calentadoras deben empotrarse en el revestimiento o en los muros de madera seca, a una longitud mínima de 70 mm desde el empalme de la terminal no calentadora, de la misma manera que el cable calentador.

e) Superficie del cielo raso. Toda la superficie del cielo raso debe tener un acabado con revestimiento de arena térmicamente no aislante de un espesor nominal de 13 mm o debe estar cubierta de cualquier otro material térmico no aislante, identificado para ese uso, aprobado y colocado según instrucciones y espesor especificados.

f) Sujeción. Los cables se deben fijar a intervalos no mayores de 40 cm por medio de grapas, cintas, revestimiento de arena, vigas o cualquier otro medio aprobado. No deben usarse grapas o medios de fijación metálicos para sujetar los cables en tiras metálicas o en cualquier otra superficie eléctricamente conductora.

Excepción: Los cables aprobados e identificados para ser fijados a intervalos no mayores a 1,8 m.

g) Instalaciones en cielo raso de madera seca. En instalaciones de cielo raso de madera seca, todo el cielo raso que esté debajo de los cables calentadores debe estar cubierto con plafones de yeso de un espesor no mayor que 13 mm. El espacio vacío entre la capa más alta de los plafones de yeso (o revestimiento), separadores no metálicos o de otro material resistente al fuego y la capa de superficie de las tiras de yeso, debe estar relleno completamente con revestimiento térmicamente conductor y que no se contraiga, o con cualquier material de igual conductividad térmica de tipo aprobado.

h) Libre de contacto con superficies conductoras. Los cables deben estar libres de todo contacto con metal o con otras superficies eléctricamente conductoras.

i) Vigas. En instalaciones de madera seca, el cable debe colocarse paralelo a la viga, dejando un espacio libre centrado debajo de la viga a una distancia de 64 mm (de ancho) entre los centros de los cables adyacentes. La capa superficial de los plafones de yeso debe montarse de manera tal que los clavos u otros medios de fijación no perforen el cable calentador.

j) Cruzando las vigas. Los cables deben cruzar las vigas sólo en los extremos del cuarto.

Excepción: Cuando se requiera que el cable cruce las vigas en cualquier parte, se deben cumplir las instrucciones del fabricante, por lo que la persona que lo instale, debe evitar colocar el cable demasiado cerca de las penetraciones del cielo raso y de luminarios.

424-42. Cielos rasos terminados. Los cielos rasos terminados no deben cubrirse con plafones decorativos o vigas que estén hechos de materiales térmicamente aislantes como: la madera, la fibra o el plástico. Sin embargo, pueden cubrirse con pintura, papel u otros acabados aprobados.

424-43 Instalación de las terminales no calentadoras para cables

a) Terminales no calentadoras. Las terminales libres de los cables no calentadoras deben instalarse según los métodos de alambrado permitidos por esta norma, desde una caja de empalme a un lugar dentro del cielo raso. Estos métodos de alambrado pueden consistir en monoconductores en canalizaciones aprobadas, cables monoconductores o multiconductores del tipo UF, NMC, MI o de otros tipos aprobados.

b) Terminales en cajas de conexiones. Dentro de la caja de conexiones, las terminales no calentadoras deben tener una longitud libre de 15 cm. La identificación de las terminales debe ser visible en las cajas de empalme.

c) Partes sobrantes de las terminales. Las partes sobrantes de las terminales no deben cortarse, sino fijarse por debajo de los cielos rasos y empotrarse en el revestimiento u otros materiales aprobados, dejando únicamente la longitud suficiente para alcanzar la caja de conexiones, con no menos de 15 cm de terminal libre en la caja.

424-44. Instalaciones de cables en pisos de concreto o de granito

a) W por metro lineal. Los cables calentadores no deben exceder de 54 W/m de cable.

b) Distancias entre tramos adyacentes. El espacio entre tramos de cables adyacentes no debe ser menor que 25 mm entre centros.

c) Fijación en sitio. Mientras el concreto u otro acabado es colocado, los cables deben estar sujetos por estructuras separadoras no metálicas o por cualquiera de los otros medios aprobados.

Los cables no deben estar instalados en un puente sobre una junta de dilatación, a menos que estén protegidos de la dilatación y de la contracción.

d) Separación entre el cable calentador y los metales empotrados en el piso. Se debe mantener una separación entre el cable calentador y los metales empotrados en el piso.

Excepción: La cubierta metálica puesta a tierra del cable puede estar en contacto con los metales empotrados en el piso.

e) Terminales protegidas. Las terminales, cuando salen del piso, deben estar protegidas por tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, no metálico tipo pesado o cualquier otro sistema aprobado.

f) Uso de boquillas u otros accesorios aprobados. Se debe usar boquillas u otros accesorios aprobados cuando las terminales salgan de la placa del piso.

424-45. Inspección y pruebas. Las instalaciones de cables empotrados deben estar ejecutadas con el debido cuidado para evitar daños al conjunto del cable, y deben ser inspeccionadas y aprobadas antes de que los cables sean cubiertos o escondidos.

F. Calentadores de ductos

424-57. Disposiciones generales. Cuando la unidad que hace circular el aire no es suministrada como parte integral del equipo calentador, debe aplicarse esta Parte F a cualquier calentador instalado en la corriente de aire de un sistema de circulación forzada.

424-58. Identificación. Los calentadores instalados en un ducto de aire deben estar aprobados e identificados como adecuados para dicha instalación.

424-59. Circulación de aire. Se deben instalar medios adecuados en el frente del calentador para obtener una circulación de aire adecuada y uniforme, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

NOTA: Para proporcionar una distribución uniforme del aire sobre el frente del calentador, los calentadores instalados a una distancia no mayor que 1,2 m de la salida de dispositivos para mover el aire, bomba de calor, acondicionador de aire, codos, deflectores o de cualquier otro obstáculo en el conducto, pueden necesitar medios de desviación, planchas de presión u otros dispositivos del lado de entrada del ductocalentador para asegurar una adecuada distribución del aire sobre la cara del calentador.

424-60. Temperatura de admisión elevada. Los calentadores de ductos destinados a usarse a una temperatura de admisión elevada deben estar aprobados e identificados para altas temperaturas.

424-61. Instalaciones de conductos calentadores con bombas de calefacción y aparatos eléctricos de aire acondicionado. Las bombas de calefacción y los aparatos eléctricos de aire acondicionado que tengan calentadores de ducto a una distancia no mayor que 1,2 m deben estar aprobados e identificados para ser instalados de esta manera.

424-62. Condensación. Los calentadores de ducto usados con aparatos eléctricos de aire acondicionado u otro equipo de enfriamiento que pueda producir condensación de humedad, deben estar aprobados e identificados para usarse con aparatos eléctricos de aire acondicionado.

424-63. Bloqueo del circuito de ventilación. Debe dotarse de medios para asegurar que el circuito del ventilador esté energizado, cuando cualquier circuito calentador lo esté. Sin embargo, se permite que el motor del ventilador sea energizado con retardo de tiempo controlado o por temperatura.

424-64. Control de límite. Cada calentador de ducto debe estar provisto de un control de límite de temperatura, integrado, aprobado, con reposición automática que interrumpa la alimentación de los circuitos. Adicionalmente, cada calentador de ducto debe estar provisto de un control o controles suplementarios e independientes integrados, que desconecte un número suficiente de conductores para interrumpir el paso de la corriente eléctrica. Este dispositivo debe ser de reposición manual.

424-65. Ubicación de los medios de desconexión. El equipo de control de calentadores de ducto debe ser accesible con los medios de desconexión instalados en o a la vista del controlador.

Excepción: Lo permitido en 424-19 (a).

424-66. Instalación. Los calentadores de ducto deben instalarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante, de manera que su funcionamiento no presente peligro a personas o a propiedades; además deben ubicarse de manera que permitan el acceso al calentador con respecto a los elementos del inmueble u otro equipo.

Debe mantenerse suficiente espacio libre para permitir el reemplazo de elementos calentadores y equipo de control, así como para ajuste y limpieza de los controles y de cualquier otra parte que requiera atención. Véase 110-16.

G. Calderas tipo de resistencias

424-70. Alcance. Las disposiciones de este Artículo aplican a las calderas que usen resistencias como elementos calentadores. Las calderas de tipo con electrodos no se consideran como tales. Véase la parte H de este Artículo.

424-71. Marcado. Las calderas del tipo con resistencia deben estar identificadas como adecuadas para la instalación.

424-72. Protección contra sobrecorriente

a) Calderas que utilicen elementos calentadores eléctricos del tipo de resistencia inmersa, montados en un tanque, calibrado y sellado. Una caldera que utilice elementos calentadores eléctricos del tipo de resistencia inmersa, montados en un tanque calibrado y sellado, debe tener los elementos calentadores protegidos a no más de 150 A. Las calderas con capacidad de más de 120 A deben tener los elementos calentadores subdivididos en cargas no mayores de 120 A.

Cuando la carga subdividida sea menor que 120 A, la capacidad del dispositivo de protección contra sobrecorriente debe cumplir con lo indicado en 424-3(b).

b) Calderas que utilicen elementos calentadores eléctricos del tipo de resistencia con capacidad mayor que 48 A, no montados en un tanque calibrado. Una caldera que utilice elementos calentadores del tipo de resistencia no montados en un tanque calibrado y sellado, debe tener los elementos calentadores protegidos a no más de 60 A. Las calderas con capacidad mayor que 48 A deben tener los elementos calentadores subdivididos en cargas no mayores de 48 A.

Cuando una carga subdividida sea menor que 48 A, la capacidad del dispositivo de protección contra sobrecorriente debe cumplir con lo indicado en 424-3 (b).

c) Dispositivos adicionales de protección contra sobrecorriente. Los dispositivos adicionales de protección contra sobrecorriente para las cargas subdivididas especificadas en 424-72 (a) y (b) anteriores, deben ser: (1) instalados en fábrica dentro o sobre la envolvente de la caldera o de un ensamble separado, proporcionado por el fabricante de la caldera; (2) accesibles, aunque no necesariamente fácilmente accesibles y (3) adecuados para la protección de circuitos derivados.

Cuando se usen fusibles de cartucho para la protección contra sobrecorriente, debe proporcionarse un solo medio de desconexión para todos los circuitos subdivididos. Véase 240-40.

d) Conductores que alimenten a los dispositivos adicionales de protección contra sobrecorriente.

Los conductores que alimenten a los dispositivos adicionales de protección contra sobrecorriente deben considerarse como conductores de circuitos derivados.

Excepción: Los calentadores de 50 kW o mayores y los conductores que alimenten a los dispositivos de protección contra sobrecorriente, mencionados en (c) anterior, deben tener tamaño nominal como mínimo del 100% de la capacidad nominal del calentador, siempre que se cumplan con las condiciones siguientes:

a. Se debe marcar en el calentador el tamaño nominal mínimo de los conductores.

b. Los conductores no deben ser de tamaño nominal menor que el mínimo indicado.

c. El funcionamiento cíclico del equipo se debe controlar por medio de un dispositivo sensible a la temperatura o a la presión.

e) Conductores para cargas subdivididas. El tamaño nominal de los conductores alambrados en el sitio de instalación, entre el calentador y los dispositivos de protección contra sobrecorriente, deben calcularse a no menos de 125% de la carga alimentada. Los dispositivos adicionales de protección contra sobrecorriente especificados en el punto (c) anterior deben proteger a estos conductores de acuerdo con lo indicado en 240-3.

Excepción: Para calentadores de 50 kW o más, el tamaño nominal del conductor alambrado en el sitio, entre el calentador y el dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser menor que 100% de la carga de los circuitos alimentados y deben cumplir con las siguientes condiciones:

a. Marcar en el calentador el tamaño nominal mínimo de los conductores.

b. Los conductores no deben ser de tamaño nominal menor que el mínimo indicado.

c. El funcionamiento cíclico del equipo se debe controlar por medio de un dispositivo sensible a la temperatura.

424-73. Control para limitar incrementos excesivos de temperatura. Cada caldera debe estar diseñada, para que durante su funcionamiento no se produzca un cambio de estado del medio de transferencia del calor, y debe estar equipada con medios de límites de temperatura. Estos medios deben limitar la temperatura máxima del líquido y desconectar directa o indirectamente cualquier corriente eléctrica que pase a través de los elementos calentadores. Estos elementos son adicionales al sistema que regula la temperatura y a otros dispositivos de protección del tanque contra presiones excesivas.

424-74. Control para limitar sobrepresión. Cada caldera debe estar diseñada para que durante su funcionamiento no se produzca un cambio de estado del medio de transferencia del calor, de líquido o vapor, y debe estar equipada con medios de límites de presión. Estos medios deben limitar la presión máxima y desconectar directa o indirectamente a todos los conductores de fase de los elementos calentadores. Estos elementos deben ser adicionales al sistema que regule la presión y a cualquiera de los otros dispositivos de protección del tanque contra presiones excesivas.

424-75. Puesta a tierra. Todas las partes metálicas que no transporten corriente eléctrica deben estar puestas a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250, además deben tener medios para la conexión de los conductores de puesta a tierra del equipo, calculados según la Tabla 250-95.

H. Calderas tipo con electrodos

424-80. Alcance. Las disposiciones de la Parte H de este Artículo se aplican a las calderas de operación de 600 V o menos, en las cuales el calor se genera por el paso de corriente eléctrica entre electrodos a través del líquido que debe ser calentado.

424-81. Marcado. Las calderas tipo electrodo deben marcarse como adecuadas para su instalación.

424-82. Requisitos para los circuitos derivados. El tamaño nominal de los conductores y de los dispositivos de protección de circuitos derivados contra sobrecorriente, debe calcularse con base en 125% de la carga total (no incluyendo los motores). Se permite el uso de contactores, relevadores u otros dispositivos aprobados para funcionamiento continuo, al 100% de su capacidad nominal, para alimentar a plena carga. Véase 210-22 (c), Excepción. Las disposiciones de esta Sección no aplican a los conductores que formen parte integral de una caldera aprobada.

Excepción: Para una caldera del tipo con electrodos de 50 kW o mayor, el tamaño nominal de los conductores de alimentación no debe ser menor que la que resulte para 100% de la capacidad nominal de placa de características de la caldera, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- a. Marcar en el calentador de la caldera el tamaño nominal mínimo de los conductores.
- b. Los conductores no deben ser de tamaño nominal menor que el mínimo indicado.
- c. El funcionamiento cíclico del equipo se debe controlar por medio de un dispositivo sensible a la temperatura o a la presión.

424-83. Control para limitar temperatura excesiva. Cada caldera debe estar diseñada para que durante su funcionamiento no se produzca un cambio de estado del medio de transferencia de calor, y debe estar equipada con medios para limitar a la temperatura. Estos medios deben limitar la temperatura máxima del líquido y deben interrumpir directa o indirectamente cualquier corriente eléctrica que pase a través de los electrodos. Estos elementos son adicionales al sistema que regule la temperatura y a otros dispositivos de protección del tanque contra presiones excesivas.

424-84. Control para limitar aumentos de presión. Cada caldera debe estar diseñada para que durante su funcionamiento se produzca un cambio de estado del medio de transferencia del calor, de líquido a vapor y debe estar equipada con medios para limitar la presión. Estos medios deben limitar la presión máxima e interrumpir directa o indirectamente cualquier corriente eléctrica que pase a través de los electrodos. Estos elementos son adicionales al sistema que regule la presión y a otros dispositivos de protección del tanque contra presiones excesivas.

424-85. Puesta a tierra. En las calderas diseñadas de manera que las corrientes eléctricas de falla no pasen a través del tanque a presión, y que dicho tanque esté aislado eléctricamente de los electrodos, todas las partes metálicas descubiertas que no transporten corriente eléctrica, incluyendo el tanque a presión, tubería de alimentación y de retorno, deben ser puestas a tierra de acuerdo con el Artículo 250.

Para los diseños en los cuales el tanque a presión contenga a los electrodos, dicho tanque debe ser separado y aislado eléctricamente de tierra.

424-86. Marcado. Todas las calderas del tipo con electrodos deben estar marcadas con la siguiente información: (1) nombre del fabricante; (2) características nominales en V, A y kW; (3) el valor requerido para su alimentación eléctrica, especificando claramente la frecuencia, cantidad fases y cantidad de conductores; (4) la indicación: "Caldera del tipo con electrodos"; (5) un aviso de advertencia: "TODAS LAS FUENTES DE ALIMENTACION ELECTRICA DEBERAN DESCONECTARSE ANTES DE PROCEDER A EJECUTAR CUALQUIER SERVICIO QUE INCLUYA EL TANQUE A PRESION".

La placa debe colocarse en un lugar que sea visible después de la instalación.

I. Paneles eléctricos calentadores de radiación y conjunto de paneles calentadores

424-90. Alcance. Lo indicado en la Parte J de este Artículo aplica a paneles eléctricos calentadores de radiación y al conjunto de paneles calentadores.

424-91 Definiciones

a) Panel calentador. Es el ensamble completo que incluye caja de uniones o un tubo (conduit) flexible para conexión al circuito derivado.

b) Conjunto de paneles calentadores. Es el ensamble rígido o no rígido que incluye puntas de conexión o ensamble de uniones terminales aprobadas e identificadas como adecuadas para conexión al sistema de alimentación eléctrica.

424-92. Marcado

- 1) El marcado debe ser permanente y estar visible después de que se aplique el acabado al panel.
- 2) Cada unidad debe estar aprobada e identificada como adecuada para la instalación.
- 3) Cada unidad debe estar marcada con el nombre o símbolo de identificación, número de catálogo y capacidad en V y W o en V y A.
- 4) Los fabricantes de paneles calentadores o conjuntos de paneles deben suministrar etiquetas de rotulación que indiquen que la instalación de calefacción de ambiente, incorpora paneles calentadores o conjuntos de paneles, y las etiquetas de instrucciones deben estar fijadas y aseguradas al panel para identificar cuáles de los circuitos derivados alimentan a los circuitos de esas instalaciones de calefacción de ambiente.

Excepción: No requieren de las etiquetas indicadas los paneles y conjuntos de paneles calentadores que sean visibles y distinguibles después de la instalación.

424-93. Instalación**a) Disposiciones generales**

1) Los paneles y conjuntos de paneles deben ser instalados de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

2) La parte de calefacción no debe:

a. Estar instalada sobre o atrás de superficies sujetas a daño físico.

b. Instalarse a lo largo o arriba de paredes colindantes, gabinetes o partes similares de estructuras que lleguen hasta el techo.

c. Instalarse a lo largo o a través de aislamientos térmicos, pero se permite que estén en contacto con las superficies de los aislamientos térmicos.

3) Las orillas de los paneles y los conjuntos de paneles deben estar separados por una distancia no menor que 200 mm de los extremos de cualquier caja de salida o de uniones que sean utilizadas para colocar lámparas. Debe proporcionarse un espacio no menor que 50 mm entre aparatos eléctricos fijos y sus accesorios, espacios abiertos para ventilación, y otros espacios abiertos en las superficies del local, y se debe proveer el área suficiente para asegurar que ningún panel o conjunto de paneles sea cubierto por cualquier superficie de otras unidades montadas.

Excepción: Se permite instalar los paneles y conjuntos de paneles aprobados y marcados para espacios más pequeños, en el espacio indicado en el marcado.

4) Después de que los paneles y conjuntos de paneles son instalados e inspeccionados se permite la instalación de una cubierta que haya sido identificada por las instrucciones del fabricante como adecuada para este tipo de instalación y esté aprobada como tal. La cubierta debe asegurarse de manera que los clavos u otros dispositivos de sujeción no la perforen.

5) Se permite que las cubiertas permitidas en 424-93 (a) (4) tengan acabados con pintura, papel u otros recubrimientos aprobados e identificados como adecuados en las instrucciones del fabricante.

b) Conjuntos de paneles calentadores

1) Se permite que los conjuntos de paneles calentadores estén colocados firmemente en la cara inferior de las vigas o montados entre las vigas.

2) Los conjuntos de paneles calentadores deben estar instalados paralelos a las vigas o a las franjas que cubren el ensamble.

3) Los clavos o grapas deben colocarse únicamente a través de las partes que no sean partes calefactores, proporcionados para ese propósito. Los conjuntos de paneles calentadores no deben ser cortados o perforados por clavos en cualquier punto menor que 6,35 mm al elemento calefactor. No deben utilizarse clavos, grapas u otros elementos de fijación que penetren en partes portadoras de corriente eléctrica.

4) Los conjuntos de paneles calentadores deben instalarse como unidades completas a menos que sean aprobados e identificados para instalarse de manera separada en forma aprobada.

424-94. Espacio entre conductores en el techo. Los conductores colocados arriba del techo calentado deben espaciarse no menos de 50 mm sobre el techo y se debe considerar 50°C como temperatura ambiente de operación. La capacidad de conducción de corriente debe ser calculada basándose en los factores de corrección dados en la tabla de capacidades de conducción de corriente, Artículo 310 para cables de 0-2000 V.

Excepción: Conductores colocados sobre los techos que posean aislamientos térmicos con un espesor mínimo de 50 mm no requieren de factor de corrección por temperatura.

424-95. Ubicación de los circuitos derivados y alimentadores en paredes

a) Paredes exteriores. Los métodos de cableado deben cumplir con el Artículo 300 y la Sección 310-10.

b) Paredes interiores. Cualquier cableado detrás de los paneles calentadores ubicados en paredes interiores o en paredes colindantes se debe considerar con temperatura ambiente de 40°C, y la capacidad de conducción de corriente debe ser calculada con base en los factores de corrección dados en las Tablas del Artículo 310 para cables de 0-2000 V.

424-96. Conexión de los conductores de circuitos derivados

a) Disposiciones generales. Los paneles o grupos de paneles calentadores ensamblados en campo, para la calefacción de un local o de cualquier área, deben estar conectados de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

b) Paneles calentadores. Los paneles calentadores deben estar conectados a los circuitos derivados por medio de métodos de cableado permitidos.

c) Grupos de paneles calentadores

1) Los grupos de paneles calentadores deben estar conectados a los circuitos derivados por medio de un método aprobado e identificado para tal propósito.

2) Los grupos de paneles calentadores deben estar provistos de un ensamble de uniones terminales con puntas acopladas para hacer la instalación, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

424-97. Puntas de conexión. El exceso en puntas de conexión debe ser cortada a la longitud requerida, siempre y cuando reúnan los requisitos de instalación del método de alambrado indicado en 424-96. Las puntas de conexión deben ser parte integral del panel calentador o parte del grupo de paneles, y no deben estar sujetas a los requerimientos de capacidad de conducción de corriente establecidos en 424-3 (b) para circuitos derivados.

424-98. Instalación en mampostería o en concreto

a) Máxima área de calefacción. Los paneles calentadores no deben exceder 355 W/m^2 de área calentada.

b) Seguridad en el sitio e identificado como apropiado. Los paneles calentadores o grupos de paneles deben estar fijos en su lugar por los medios especificados en las instrucciones del fabricante y aprobarse e identificarse como adecuados para esa instalación específica.

c) Juntas de expansión. Los tableros de calefacción no deben estar instalados donde haya puentes de juntas de expansión, a menos que se haya provisto de un elemento de expansión y contracción.

d) Espacios libres. Se debe mantener un espacio libre entre los tableros de calefacción y los metales embebidos en el piso.

Excepción: Los paneles calentadores con cubierta metálica puesta a tierra, se permite que estén en contacto con metales embebidos en el piso.

e) Protección de las puntas de conexión. Las puntas de conexión deben estar protegidas en donde salgan del piso, por medio de un tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, no metálico rígido o por otro medio autorizado para tal fin.

f) Boquillas o dispositivos de sujeción. Debe utilizarse boquillas o dispositivos de fijación aprobados donde las puntas salgan de entre las ranuras del piso.

424-99. Instalación cubierta bajo piso

a) Identificación. Los paneles calentadores para instalación bajo el piso deben estar aprobados e identificados como adecuados para instalarse bajo el piso cubierto.

b) Área máxima de calefacción. Los paneles calentadores instalados bajo piso no deben exceder de 160 W/m^2 de área calentada.

c) Instalación. Los paneles calentadores aprobados y listados para ser instalados bajo piso cubierto, deben instalarse en superficies que sean suaves y planas de acuerdo con las instrucciones del fabricante y deben cumplir con las disposiciones siguientes:

1) **Juntas de expansión.** Los tableros de calefacción no deben ser instalados donde haya uniones de expansión a menos que estén protegidos contra expansión y contracción.

2) **Conexión a conductores.** Deben ser conectados a circuitos derivados y al alambrado alimentador por medio de métodos aceptados y reconocidos en el Capítulo 3.

3) **Anclaje.** Los paneles calentadores o los grupos de paneles calentadores deben estar firmemente anclados al piso usando un adhesivo o un sistema de fijación identificado para este uso.

4) **Cubiertas.** Después de que los paneles calentadores o grupos de paneles calentadores han sido instalados y revisados, pueden ser protegidos por una cubierta de piso que haya sido identificada por el fabricante para tal uso. La cubierta debe estar fijada al panel de calefacción mediante el uso de adhesivos identificados para tal aplicación.

5) Protección de fallas. Debe ser instalado por el fabricante un dispositivo para desconectar todos los conductores de alimentación al panel calentador o al grupo de paneles calentadores, y debe entrar en operación cuando ocurra una falla de alta o baja resistencia de línea a línea o de línea a tierra, como es el caso cuando se introduce un elemento extraño al ensamble y esto provoca una falla.

NOTA: Es necesario un blindaje integral aterrizado para suministrar esta protección.

ARTICULO 426 - EQUIPO ELECTRICO FIJO PARA DESCONGELAR Y DERRETIR NIEVE

A. Disposiciones generales

426-1. Alcance. Los requerimientos de este Artículo se aplican a los sistemas de calefacción eléctricos y a la instalación de los mismos.

a) Empotrados. Empotrados en calles, banquetas, escalones y otras áreas.

b) Expuestos. Expuestos en sistemas de drenaje, puentes, techos y otras estructuras.

426-2. Definiciones. Para propósitos de este Artículo:

Sistema de calefacción. Es un sistema completo que consta de componentes tales como elementos calefactores, dispositivos de fijación, circuitos de cableado anti-calentamiento, guías, controladores de temperatura, letreros de seguridad, cajas de conexiones, canalizaciones y accesorios.

Elemento de calefacción por resistencia. Un elemento específico separado para generar calor que es empotrado o asegurado a la superficie que se va a calentar.

NOTA: Calentador tubular, calentador descubierto, cable de calefacción, cinta de calefacción y tableros de calefacción son ejemplos de calentadores de resistencia.

Sistema de calefacción de impedancia. Un sistema donde el calor es generado en un tubo o en una varilla o en una combinación de tubos y varillas, haciendo pasar la corriente eléctrica por el tubo o por la varilla por medio de una conexión directa a una fuente de tensión eléctrica de c.a. desde un transformador de doble devanado. Se permite que el tubo o la varilla sea empotrado en la superficie a calentar o que constituya los componentes expuestos para calentamiento.

Sistema de calefacción por efecto superficial. Un sistema en el cual el calor es generado en la superficie interna de una envolvente ferromagnética empotrada o asegurada a la superficie a calentarse.

NOTA: Un conductor aislado eléctricamente se dirige a través de la envolvente y se conecta en el otro extremo de la envolvente. La envolvente y el conductor aislado se conectan a una fuente de tensión eléctrica de c.a. por medio de un transformador de doble devanado.

426-3. Aplicación de otros Artículos. Todos los requerimientos de esta norma deben aplicarse excepto cuando específicamente se haya hecho una corrección en este Artículo. El equipo de deshielo y para derretir nieve de cordón y clavija conectado en exteriores, designado para algún uso específico, aprobado e identificado como adecuado para este uso, debe instalarse de acuerdo con lo indicado en el Artículo 422. El equipo de deshielo y para derretir nieve fijo para uso en áreas peligrosas (clasificadas) debe cumplir con lo indicado en los Artículos 500 al 516.

426-4. Capacidad nominal del circuito derivado. La capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito derivado y la capacidad nominal o ajuste del dispositivo de protección de sobrecorriente del circuito de alimentación de un equipo fijo de deshielo y para derretir nieve exterior no debe ser menor que 125% del total de la carga de los calentadores. El dispositivo de protección de sobrecorriente se permite esté de acuerdo con lo indicado en 240-3(b).

B. Instalación

426-10. Disposiciones generales. El equipo eléctrico para deshielo y para derretir nieve en exteriores debe ser aprobado e identificado como adecuado para:

1) El medio químico, térmico y físico.

2) Su instalación, de acuerdo con lo indicado en las instrucciones y diagramas del fabricante.

426-11. Uso. El equipo eléctrico de calefacción debe instalarse de manera que tenga protección contra daño físico.

426-12. Protección térmica. Las superficies externas de equipo eléctrico para deshielo y derretir nieve, en exteriores, que opere a temperaturas que excedan 60°C, deben estar físicamente protegidas, apartadas o aisladas térmicamente para protegerlas del contacto del personal en el área.

426-13. Identificación. La presencia de equipo eléctrico para deshielo y derretir nieve debe ser evidente a través de la colocación apropiada de letreros o señales claramente visibles.

426-14. Permiso especial. El equipo eléctrico para deshielo y derretir nieve fijo en el exterior, que emplee otros métodos de construcción o de instalación que no estén cubiertos en este Artículo, se permitirán sólo mediante un permiso especial de la autoridad competente.

C. Elementos de calefacción por resistencia

426-20. Equipo empotrado de deshielo y para derretir nieve

a) Densidad de potencia. Los tableros o unidades no deben exceder de 1291 W / m² de área calentada.

b) Espaciamiento. El espacio entre cables adyacentes depende del tamaño nominal del cable, y no debe ser menor que 25 mm entre centros.

c) Cubierta. Las unidades, tableros o cables deben instalarse como se indica a continuación:

1) En una base sustancialmente de asfalto o de tabique por lo menos de 50 mm de espesor y que tenga por lo menos 40 mm de asfalto o de mampostería sobre las unidades, tableros o cables.

2) Puede autorizarse la instalación sobre otras bases aprobadas y empotradas dentro de 90 mm de mampostería o asfalto pero no menos de 40 mm desde la superficie superior.

3) Equipo que ha sido especialmente analizado para otras formas de instalación debe instalarse únicamente de acuerdo con su análisis.

d) Fijación. Los cables, unidades y tableros deben fijarse en su lugar con herrajes, vigas o cualquier otro medio aprobado mientras se aplica el acabado de asfalto o mampostería.

e) Expansión y contracción. Los cables, unidades y tableros no deben instalarse en donde haya juntas de expansión a menos que se prevean medios para su expansión y contracción.

426-21. Equipo expuesto de deshielo y para derretir nieve

a) Sujeción. Los ensambles de elementos de calentamiento deben estar sujetos, por los medios adecuados, a la superficie a calentarse.

b) Temperatura excesiva. En donde el elemento de calentamiento no esté en contacto directo con la superficie a calentarse, el diseño del ensamble de calentamiento debe ser tal que no exceda su límite de temperatura.

c) Dilatación y contracción. Los elementos y ensambles de calentamiento no deben instalarse en donde haya juntas de expansión, a menos que se prevean medios para su expansión y contracción.

d) Capacidad de flexión. En donde se instale en estructuras flexibles, los elementos y ensambles de calentamiento deben tener capacidad de flexión compatible con la estructura.

426-22. Instalación de cableado anti-calentamiento para equipo empotrado

a) Cubiertas o cableado puesto a tierra. Los cableados anti-calentamiento que tengan cubiertas o cableado puesto a tierra pueden estar empotrados en la mampostería o en el asfalto en la misma forma que el cable de calentamiento, sin protección física adicional.

b) Canalización. Todo el cableado anti-calentamiento tipo TW, de 25 mm a 155 mm y otros tipos aprobados, sin cubierta para puesta a tierra deben instalarse en tubo (conduit) tipo pesado, semipesado o ligero u otras canalizaciones dentro del asfalto o mampostería; y la distancia del empalme prefabricado a la canalización no debe ser menor que 25 mm o mayor que 125 mm.

c) Boquillas. Las boquillas aislantes deben usarse en el asfalto o mampostería donde las guías entren a la canalización.

d) Expansión y contracción. Los cables deben estar protegidos en las juntas de expansión y en donde salgan del asfalto o de la mampostería por medio de tubo (conduit) tipo pesado, semipesado o ligero u otras canalizaciones o sistemas aprobados.

e) Cables en cajas de conexiones. No debe haber menos de 15 cm de largo libres de los cables anticalefacción dentro de las cajas de conexiones.

426-23. Instalación de cableado anti-calentamiento para equipo expuesto

a) Cableado anti-calentamiento. El cableado anti-calentamiento (cables fríos) de la fuente de alimentación para elementos de resistencia, debe ser adecuado para la temperatura a que se encuentre. Se permite acortar el cableado anti-calentamiento preensamblado en calentadores aprobados si se siguen los requisitos especificados en 426-25. Se debe proporcionar no menos de 15 cm de cableado anti-calentamiento libre dentro de la caja de conexiones.

b) Protección. El cableado anti-calentamiento para las fuentes de alimentación debe instalarse en tubo (conduit) tipo pesado, tipo semipesado o tipo ligero o con cualquier otro sistema aprobado.

426-24. Conexión eléctrica

a) Conexiones de elemento de calefacción. Las conexiones eléctricas de los elementos de calefacción a los cables anti-calentamiento empotrados en mampostería o en asfalto o expuestos a la superficie, que no sean de fábrica, deben hacerse con conectores aislados aprobados e identificados para ese uso.

b) Conexiones de circuito. Los empalmes y las terminales al final del cableado anti-calentamiento distinto a las terminales del elemento calefactor deben instalarse en una caja de conexiones o accesorio de acuerdo con lo indicado en 110-14 y 300-15.

426-25. Marcado. Cada unidad de calefacción ensamblada de fábrica debe estar marcada legiblemente dentro de los 80 mm de cada una de las terminales de los cables anti-calentamiento con un símbolo permanente de identificación, número de catálogo, tensión eléctrica y capacidad nominales en V y W, o en V y A.

426-26. Protección contra la corrosión

Las canalizaciones metálicas ferrosas y no ferrosas, cables blindados, fundas de cable, cajas de conexiones, uniones, soportes y herrajes, pueden instalarse en concreto o en contacto directo con la tierra, o en áreas sujetas a alta corrosión, siempre y cuando estén fabricadas con material especial o se protejan con material anticorrosivo para esas condiciones.

426-27. Puesta a tierra

a) Partes metálicas. Las partes metálicas externas de equipo que no conduzcan corriente eléctrica, pero que podrían estar electrificadas, deben estar unidas y puestas a tierra en la forma especificada en el Artículo 250.

b) Separadores y fundas para puesta a tierra. Los medios de puesta a tierra tales como separadores de cobre, fundas de metal o cualquier otro aprobado, debe proporcionarse como parte integral de la sección caliente del cable, tablero o unidad.

D. Calentamiento por impedancia

426-30. Protección del personal. Los elementos expuestos del sistema de calentamiento por impedancia deben estar físicamente protegidos, resguardados o térmicamente aislados con cubierta a prueba de intemperie para protección de un posible contacto del personal en el área.

426-31. Limitaciones de tensión eléctrica. Los elementos del calentamiento por impedancia no deben operarse a más de 30 V de c.a.

Excepción: Puede autorizarse una tensión eléctrica mayor que 30 V, pero no mayor que 80 V, siempre y cuando se provea con un interruptor de circuito por falla a tierra para protección de personas.

426-32. Transformador de aislamiento. Debe usarse un transformador de aislamiento de doble devanado con pantalla puesta a tierra entre el primario y secundario para aislar al sistema de distribución del sistema de calentamiento.

426-33. Corrientes eléctricas inducidas. Todos los componentes que transporten corriente eléctrica deben ser instalados de acuerdo con lo indicado en 300-20.

426-34. Puesta a tierra. Un sistema de calentamiento por impedancia que opere a más de 30 V, pero no a más de 80 V, debe estar puesto a tierra en puntos designados.

E. Calentamiento por efecto superficial

426-40. Capacidad de conducción de corriente del conductor. Se permite que la corriente eléctrica a través de un conductor eléctricamente aislado dentro de la funda ferromagnética exceda los valores de capacidad de conducción de corriente indicados en el Artículo 310, siempre y cuando esté aprobado e identificado para ese uso.

426-41. Cajas de paso. En donde se utilicen cajas de paso, éstas deben ser accesibles sin excavaciones, localizadas en cámaras adecuadas o a nivel alto. Las cajas de paso para exteriores deben ser construidas totalmente herméticas al agua.

426-42. Conductor sencillo con cubierta. Las indicaciones de 300-20 no se aplican en la instalación de un conductor simple con cubierta ferromagnética.

426-43. Protección contra la corrosión. Las cubiertas ferromagnéticas, ferrosas y no ferrosas, las canalizaciones, las cajas de conexiones, accesorios, soportes y los herrajes, pueden ser instalados en concreto o en contacto directo con tierra o en áreas sujetas a alta corrosión o donde sean de material especial para esas condiciones o especialmente protegidas para dicho efecto. La protección a la corrosión debe mantener el espesor original de las paredes de la cubierta ferromagnética.

426-44. Puesta a tierra. La cubierta ferromagnética debe ser puesta a tierra en los dos extremos y, además, debe permitir ser puesta a tierra en puntos intermedios si así lo requiere su diseño.

Lo previsto en 250-26 no aplica a la instalación del sistema de calentamiento por efecto superficial.

NOTA: Para método de puesta a tierra véase 250-26(d).

F. Control y Protección

426-50. Medios de desconexión

a) Desconexión. Todo equipo en exteriores para deshielo y para derretir nieve debe contar con un medio de desconexión de todos los conductores de fase y fácilmente accesible para el usuario; el medio de desconexión o el interruptor automático del circuito derivado puede servir como medio de desconexión. Los desconectores usados como medio de desconexión deben indicar claramente si están en posición abierta (circuito desconectado) o cerrada (circuito conectado).

b) Equipo conectado con cordón y clavija. El equipo que trae instalado de fábrica el aditamento de cordón y clavija con capacidad para 20 A o menos y 150 V o menos a tierra, puede utilizarse como medio de desconexión.

426-51. Controladores

a) Control de temperatura en posición de "apagado". Los desconectores para control de temperatura que tengan indicadores de la posición de "apagado" y que interrumpan la energía en la línea, deben abrir todos los conductores de fase cuando el dispositivo de control esté en posición de apagado. Estos dispositivos no deben utilizarse como medios de desconexión a menos que estén provistos de un cierre con bloqueo en la posición de "apagado".

b) Control de temperatura sin posición de "apagado". Los desconectores para control de temperatura que no tengan posición de "apagado", no requieren abrir todos los conductores de fase y no debe permitirse usarlos como medio de desconexión.

c) Control remoto de temperatura. Los dispositivos reguladores remotos activados por temperatura no requieren cumplir con los requisitos indicados en 426-51(a). Estos dispositivos no deben usarse como medios de desconexión.

d) Dispositivos de desconexión combinados. Los dispositivos de desconexión que consistan en una combinación de los actuadores por temperatura, y los desconectores operados manualmente que funcionen tanto para el control como para la desconexión, deben cumplir con las siguientes condiciones:

1) Cuando manualmente se coloque en la posición de "apagado" se deben de abrir todos los conductores de fase.

2) Tener un diseño de tal forma que el circuito no pueda energizarse automáticamente si se encuentra en la posición de "apagado".

3) Que esté provisto con un bloqueo efectivo estando en la posición de "apagado".

426-52. Protección de sobrecorriente. El equipo fijo de deshielo y para derretir nieve para exteriores debe tener protección contra sobrecorriente en el circuito derivado como se especifica en 426-4.

426-54. Equipo de deshielo y para derretir nieve conectado con cordón y clavija. El equipo de deshielo y para derretir nieve conectado con cordón y clavija debe ser aprobado.

ARTICULO 427 - EQUIPO ELECTRICO FIJO PARA CALENTAMIENTO DE TUBERIAS PARA LIQUIDOS Y RECIPIENTES

A. Disposiciones generales

427-1. Alcance. Los requerimientos de este Artículo deben aplicarse para sistemas de calentamiento eléctricamente energizados y la instalación de estos sistemas usando tubería, recipientes o ambos.

427-2. Definiciones. Para los propósitos de este Artículo:

Tubería. Una longitud determinada de tubería incluyendo bombas, válvulas, bridas, dispositivos de control, filtro y equipo similar para el transporte de líquidos.

Recipientes. Un envase, como un barril, tambor o tanque, para alojar fluidos u otro material.

Sistema de calentamiento integrado. Es un sistema completo formado por tubería, recipientes, elementos calentadores, medios de transferencia de calor, aislamiento térmico, barreras contra la humedad, terminales sin calentamiento, dispositivos de control de temperatura, avisos de seguridad, cajas de conexión, canalizaciones para conductores y accesorios.

Elementos de calentamiento por resistencias. Un elemento separado, específico para generar calor aplicado a la tubería o recipiente, interna o externamente.

NOTA: Los calentadores tubulares, los de cinta, cables calentadores, cintas calentadoras, mantas calentadoras y calentadores de inmersión son ejemplos de calentadores por resistencias.

Sistemas de calentamiento por impedancia. Es un sistema en donde el calor se genera en las paredes de una tubería o de un recipiente, por causa de una corriente eléctrica que fluye a través de dichas paredes, mediante una conexión directa a una fuente de c.a. desde un transformador de doble devanado.

Sistema de calentamiento por inducción. Es un sistema en donde el calor se genera en las paredes de una tubería o de un recipiente, por medio de una corriente eléctrica inducida y del efecto de histéresis que se produce en dichas paredes, desde una fuente externa aislada de c.a.

Sistema de calentamiento por efecto piel. Es un sistema en donde el calor se genera en la superficie interna de una envoltura de material ferromagnético instalada en la tubería o recipiente.

NOTA: Un conductor eléctricamente aislado es llevado por la envolvente y conectado en el otro extremo. La envolvente y el conductor eléctricamente aislado se conectan a una fuente de c.a. desde un transformador de doble devanado.

427-3. Otros Artículos aplicables. Todas las disposiciones de esta norma son aplicables con excepción de las especialmente modificadas en este Artículo. Los conjuntos calentadores de tubería conectados por cordones flexibles destinados para usos específicos e identificados para el fin propuesto, deben instalarse de acuerdo con lo indicado en el Artículo 422. El equipo eléctrico fijo de calentamiento para tubería y recipientes a usarse en áreas peligrosas (clasificadas) debe cumplir con lo establecido en los Artículos 500 al 516.

427-4. Dimensiones para circuitos derivados. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de los circuitos derivados y la capacidad nominal o ajuste de los dispositivos de protección contra sobrecorriente del equipo eléctrico fijo de calentamiento para tubería y recipientes, no debe ser menor que 125% de la carga de los calentadores. La capacidad o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente puede hacerse de acuerdo con lo establecido en 240-3(b).

B. Instalación

427-10. Disposiciones generales. El equipo eléctrico para el calentamiento de tubería y recipientes debe estar identificado como adecuado para su uso en:

- 1) Ambientes químicos, térmicos y físicos.
- 2) Para su instalación de acuerdo con lo indicado en las instrucciones y diagramas del fabricante.

427-11. Uso. El equipo eléctrico de calentamiento debe instalarse de manera tal que esté protegido contra daños materiales.

427-12. Protección térmica. Las superficies externas del equipo de calentamiento para tubería y recipientes, las cuales operan a temperaturas por encima de 60°C, deben estar físicamente resguardadas, separadas o aisladas térmicamente para protegerlas del contacto del personal en el área.

427-13. Identificación. La presencia de equipo eléctrico de calentamiento en tubería y recipientes debe evidenciarse por medio de avisos de precaución apropiados u otras señales de marcado a distancias o intervalos frecuentes a lo largo de la tubería o en los recipientes.

C. Elementos de calentamiento por resistencias

427-14. Fijación. Los conjuntos de elementos calentadores deben fijarse a la superficie que esté siendo calentada por otros medios diferentes al aislamiento térmico.

427-15. Sin contacto directo. Cuando no exista contacto directo del elemento calentador con la tubería o con el recipiente calentado deben instalarse dispositivos de protección para evitar el aumento de temperatura de los elementos calentadores, a menos que el diseño del conjunto calentador sea tal que no se sobrepasen los límites de temperatura.

427-16. Expansión y contracción. Los elementos calentadores y sus conjuntos no se deben instalar donde formen puente sobre juntas de expansión, a menos que se tomen las medidas respectivas para su expansión y contracción adecuadas.

427-17. Capacidad de flexión. Cuando los elementos calentadores y sus montajes se instalen en tubería flexible deben tener una capacidad de flexibilidad compatible con la tubería.

427-18. Terminales de conexión de la fuente de alimentación

a) Cableado anti-calentamiento. Los cables anti-calentamiento de la fuente de alimentación (puntas frías) para elementos de resistencia, deben ser adecuados para la temperatura imperante. Los cables anti-calentamiento, preensamblados, de los calentadores aprobados, pueden recortarse si las indicaciones especificadas en 427-20 se conservan. Dentro de la caja de empalmes no deben existir cables anticalefacción de conexión menores de 15 cm.

b) Protección de los cables de conexión de la fuente de alimentación. Estos deben protegerse cuando salgan de la tubería calentada eléctricamente o de las unidades de calentamiento de recipientes, por medio de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero u otro medio de canalización identificado como adecuado para esta aplicación.

c) Terminales interconectadas. La conexión de tramos de conexión de terminales anti-calentamiento de un sistema de calefacción debe estar cubierta por aislamiento térmico en la misma forma que los calentadores.

427-19. Conexiones eléctricas

a) Interconexiones no calientes. Las interconexiones no calientes, cuando se requiera bajo aislamiento térmico, deben hacerse con conectores aislados aprobados e identificados para este uso.

b) Conexiones de circuito. Los empalmes y las terminales fuera del aislamiento térmico deben ser instalados en una caja o accesorio de acuerdo con lo indicado en 110-14 y 300-15.

427-20. Marcado. Cada unidad de calentamiento ensamblada en fábrica debe marcarse legiblemente dentro de los 76 mm de cada extremo de los terminales no calientes con un símbolo de identificación permanente, número de catálogo y valores nominales en V y W o en V y A.

427-21. Puesta a tierra. Las partes metálicas descubiertas y que no conduzcan corriente eléctrica de equipo eléctrico de calentamiento que pudieran energizarse, deben ser puestas a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250.

427-22. Protección del equipo. Debe proveerse protección por falla a tierra del equipo para los circuitos derivados que alimenten a equipo eléctrico de calentamiento que no tengan una cubierta de metal.

427-23. Tubería no metálica. Los calefactores ensamblados destinados para calentar tubería o recipientes no metálicos deben tener una cubierta de metal aterrizada.

D. Calentamiento por impedancia

427-25. Protección para el personal. Todas las superficies externas accesibles de la tubería o recipiente que están siendo calentados, deben estar físicamente protegidas, resguardadas o térmicamente aisladas (con cubierta a prueba de intemperie para instalaciones exteriores) para protegerse contra contacto del personal del área.

427-26. Limitación de tensión eléctrica. El devanado secundario del transformador de aislamiento (Sección 427-27) conectado a la tubería o al recipiente a calentar, no debe tener una salida de tensión eléctrica mayor que 30 V c.a.

Excepción: Si se usa un interruptor circuito por falla a tierra para la protección del personal, puede ser mayor que 30 V pero menor que 80 V.

427-27. Transformador de aislamiento. Debe utilizarse un transformador de doble devanado con pantalla de puesta a tierra entre los devanados primario y secundario para aislar el sistema de distribución del sistema de calefacción.

427-28. Corrientes eléctricas inducidas. Todos los componentes, conductores de corriente deben instalarse de acuerdo con lo indicado en 300-20.

427-29. Puesta a tierra. La tubería o el recipiente que sean calentados, los cuales operen a más de 30 V c.a., pero menos de 80 V, deben estar puestos a tierra en puntos designados.

427-30. Tamaño del conductor secundario. La capacidad de conducción de corriente de los conductores conectados al secundario de transformador debe ser de por lo menos 100% del total de la carga del calentador.

E. Calentamiento por inducción

427-35. Alcance. Esta parte del Artículo 427, cubre la instalación de equipo de calentamiento por inducción, de frecuencia de línea y accesorios para tubería y recipientes.

427-36. Protección para el personal. Las bobinas de inducción que operen o puedan operar a más de 30 V de c.a. deben estar dentro de envoltentes no metálicas o metálicas con ranuras, aisladas o en sitios no accesibles para proteger al personal de la zona.

427-37. Corriente eléctrica inducida. Mediante protección, aislamiento o separación contra la corriente eléctrica, debe impedirse que las bobinas de inducción induzcan corrientes eléctricas circulantes en los equipos, soportes o estructuras metálicas que las rodean. Las trayectorias de corrientes eléctricas parásitas deben ser puenteadas para evitar el arco.

F. Calentamiento por efecto superficial

427-45. Capacidad de conducción de corriente del conductor. La capacidad de conducción de corriente de un conductor eléctricamente aislado dentro de una envoltura ferromagnética puede exceder la de los valores dados en el Artículo 310, siempre que esté aprobado e identificado para este uso.

427-46. Cajas de paso. Las cajas de paso para los conductores aislados eléctricamente dentro de una cubierta ferromagnética pueden ser enterradas bajo aislamiento térmico, siempre que su ubicación sea indicada por marcaciones permanentes sobre la superficie de la cubierta de aislamiento y sobre los planos. Las cajas de paso para su uso exterior deben ser fabricadas herméticas al agua.

427-47. Conductor unipolar con cubierta. Las disposiciones indicadas en 300-20 no aplican a las instalaciones de un conductor unipolar en con cubierta ferromagnética (cubiertas metálicas).

427-48. Puesta a tierra. La cubierta ferromagnética debe estar puesta a tierra en ambos extremos y, además, puede estarlo en puntos intermedios de acuerdo con lo indicado en su diseño. La cubierta ferromagnética debe estar puenteadada en todas las uniones para asegurar continuidad eléctrica.

Las disposiciones de 250-26 no aplican a la instalación de sistemas de calentamiento por efecto superficial (piel).

NOTA: Véase 250-26(d) para métodos de puesta a tierra.

G. Control y protección

427-55. Medios de desconexión

a) **Desconectadores o interruptores automáticos.** Deben proveerse los medios de desconexión para todo el equipo eléctrico fijo de calefacción en tubería o recipientes para todos los conductores de fase. Los desconectadores o interruptores automáticos de los circuitos derivados, cuando sean fácilmente accesibles al usuario del equipo, pueden servir como medio de desconexión. Los medios de desconexión deben ser del tipo con indicación y deben estar provistos con un bloqueo efectivo en la posición de abierto.

b) **Equipos conectados mediante cordón y clavija.** Se admiten como medio de desconexión los equipos que vienen de fábrica con el sistema de cordón y clavija con valores nominales de 10 A o menos y 150 V o menos con respecto a tierra.

427-56. Controles

a) **Control de temperatura con posición de "desconectado".** Los dispositivos de interrupción controlados por temperatura, que indican una posición de "desconectado" y que interrumpen la corriente eléctrica de línea, deben abrir todos los conductores de fase cuando el dispositivo de control esté en la posición de "desconectado". A estos dispositivos no se les debe admitir como medios de desconexión a menos que estén provistos de un bloqueo efectivo en la posición de "desconectado".

b) **Control de temperatura sin posición de "desconectado".** Los dispositivos de interrupción controlados por temperatura, que no tengan posición de "desconectado", no deben utilizarse para abrir todos los conductores y no deben admitirse como medios de desconexión.

c) **Control remoto de temperatura.** Los dispositivos accionados por un control remoto de temperatura no son necesarios para cumplir los requisitos establecidos en 427-56 (a) y (b). A estos dispositivos no se les admite como medios de desconexión.

d) **Dispositivos de interrupción combinados.** Los dispositivos de interrupción que consistan en dispositivos combinados actuadores por temperatura y controles manuales, que sirven tanto como controles como de medios de desconexión, deben cumplir con las siguientes condiciones:

1) Abrir todos los conductores de fase cuando se coloquen manualmente en la posición de "desconectado".

2) Estar diseñados de forma tal que el circuito no pueda energizarse automáticamente si el dispositivo ha sido colocado manualmente en la posición de "desconectado".

3) Debe estar provisto de un sistema de bloqueo efectivo en la posición de "desconectado".

427-57. Protección contra sobrecorriente. Se considera protegido contra sobrecorriente el equipo de calentamiento que sea alimentado por un circuito derivado tal como se especifica en 427-4.

ARTICULO 430 - MOTORES, CIRCUITOS DE MOTORES Y SUS CONTROLADORES

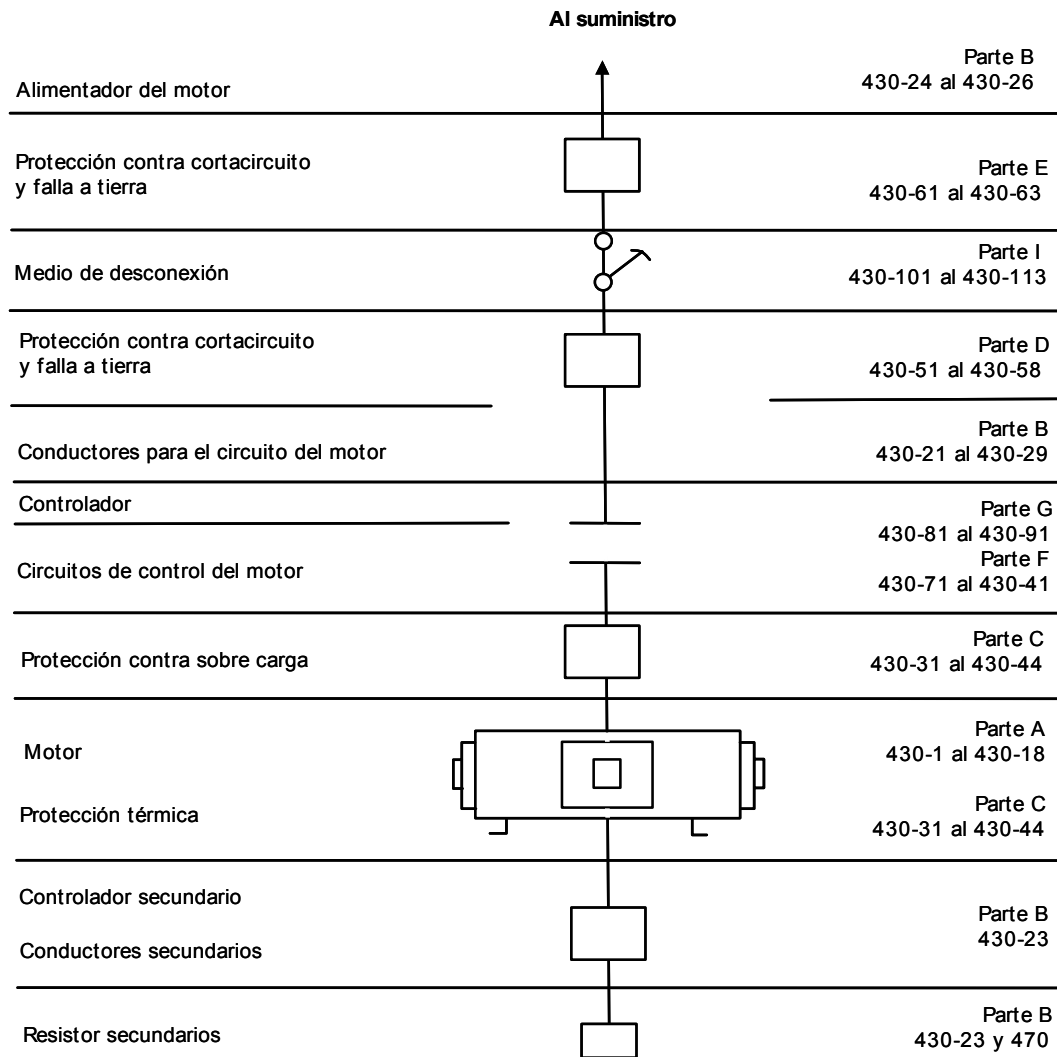
A. Disposiciones generales

430-1. Alcance. Este Artículo se refiere a motores, circuitos derivados para motores, sus alimentadores y sus protecciones de sobrecarga, circuitos de control, equipos de control y protección y centros de control de motores.

Excepción 1: Los requerimientos para la instalación de centros de control de motores están cubiertos en 384-4.

Excepción 2: El equipo para aire acondicionado y refrigeración está considerado en el Artículo 440.

NOTA: Como información de referencia en la Figura 430-1 se ilustra la organización de este Artículo.

**FIGURA 430-1**

430-2. Sistemas de velocidad ajustable. El circuito derivado o el alimentador del equipo de conversión de potencia que forma parte de un sistema de velocidad ajustable, deben basarse en la carga nominal de dicho equipo. Donde el equipo de conversión provea protección contra sobrecarga para el motor, no se requiere protección de sobrecarga adicional.

Se permite que los medios de desconexión estén en la línea de alimentación para el equipo de conversión y que tengan una capacidad no menor que 115% de la corriente eléctrica nominal de la unidad de conversión.

NOTA: Puede presentarse resonancia eléctrica como resultado de la interacción de corrientes eléctricas senoidales de este tipo de cargas con capacitores para corrección del factor de potencia.

430-3. Motores de devanado partido. Un motor de inducción con arranque por devanado partido o motor síncrono, es aquel que arranca energizando parte de su devanado primario (armadura) y, posteriormente, se energiza el resto del devanado en uno o varios pasos. El propósito es reducir los valores iniciales de la corriente eléctrica de arranque o el par de arranque desarrollado por el motor. Normalmente el motor de inducción de devanado partido arranca energizando la mitad de su devanado primario, y posteriormente se energiza la parte restante del devanado para que ambas partes del devanado operen con una corriente eléctrica del mismo valor. Un motor de compresor hermético de refrigeración no debe ser considerado como un motor de inducción convencional de arranque de devanado partido.

Cuando se utilicen dispositivos independientes de protección de sobrecarga, con motores de inducción convencionales de arranque de devanado bipartido, cada mitad del devanado del motor debe ser protegida de acuerdo con las indicaciones dadas en 430-32 y 430-37, con una corriente eléctrica de disparo igual a la mitad de la especificada.

Cada conexión del devanado del motor debe tener, en el circuito del cual se conecta, protección contra cortocircuito y falla a tierra a no más de una mitad de lo especificado en 430-52.

Excepción: Se permite usar un dispositivo de protección contra sobrecorriente y falla a tierra para ambos devanados, siempre y cuando éste permita arranque del motor. Cuando se empleen fusibles de doble elemento o de tiempo retardado, se permite que el valor de éstos no exceda 150% de la corriente eléctrica de plena carga del motor.

430-5. Otros Artículos. Los motores y sus controladores también deben cumplir los requisitos aplicables de acuerdo con lo siguiente:

Áreas peligrosas (clasificadas)	Artículo 500 a 503
Capacitares	Secciones 460-8, 460-9
Elevadores, montacargas, escaleras eléctricas, pasillos móviles, elevadores para sillas de ruedas y escaleras eléctricas para éstas.	Artículo 620
Equipos de aire acondicionado y refrigeración	Artículo 440
Estacionamientos comerciales, hangares, estaciones de gasolina y de servicio, bodegas de almacenamiento, áreas de aplicación por rocío, plantas de proceso por inmersión y forrado y áreas de anestesia por inhalación.	Artículos 511, 513, 514, 515, 516 y 517, Parte D
Equipo de irrigación controlado eléctricamente.	Artículo 675
Estudios de cine, televisión y locales similares.	Artículo 530
Grúas y polipastos.	Artículo 610
Maquinaria industrial.	Artículo 670
Proyectores de cine.	Secciones 540-11 y 540-20
Resistencias y reactores.	Artículo 470
Teatros, auditorios de cine, televisión y similares.	Sección 520-48
Transformadores y bóvedas para transformadores.	Artículo 450

430-6. Selección de la capacidad de conducción de corriente de conductores y corriente eléctrica nominal de motores. El tamaño nominal de los conductores para la alimentación de motores, indicados en este Artículo, deben seleccionarse de las Tablas 310-16 a 310-19 o deben calcularse de acuerdo con lo indicado en 310-15(b). La capacidad de conducción de corriente de conductores y la corriente eléctrica nominal de motores debe determinarse como se especifica en los incisos indicados a continuación:

a) Aplicaciones de motores en general. En los motores que no sean los especificados como de alto par indicados en (b) siguiente y para motores de tensión eléctrica ajustable en c.a. indicados en (c) a continuación, cuando la corriente eléctrica nominal del motor es tomada como base para determinar la capacidad de conducción de corriente de conductores (Parte B) o para seleccionar la capacidad nominal de los desconectadores (Parte I), así como la de las protecciones por cortocircuito y protecciones por falla a tierra, (Parte E - Alimentadores y Parte D - Derivados) etc., los valores indicados en las Tablas 430-147, 430-148 y 430-150, incluyendo las notas complementarias, deben ser usadas en lugar de las indicadas en la placa de especificaciones del motor. La protección por sobrecarga del motor debe ser seleccionada con los datos indicados en la placa de especificaciones del motor. Cuando la capacidad del motor está indicada en amperes (A) y no en kilowatt (kW) o en caballos de potencia (CP), el valor en kW o en CP se supone que sea el correspondiente a los valores indicados en las Tablas 430-147, 430-148 y 430-150, interpolando valores en caso de ser necesario.

Excepción 1: Los motores de varias velocidades deben estar de acuerdo con lo indicado en 430-22 y 430-52.

Excepción 2: Para equipo que emplea motores de polo sombreado o de capacitor permanente de fase bipartida o motor tipo de ventilador, se debe emplear la corriente eléctrica a plena carga indicada en la placa de especificaciones del equipo, en lugar de la correspondiente a la potencia nominal en kW o en CP del motor, para así determinar medios de desconexión, conductores, alimentadores, controladores, protecciones de sobrecarga, protección de falla a tierra y de cortocircuito. La capacidad del equipo seleccionado nunca debe ser menor que la corriente eléctrica de placa indicada en el ventilador o en el soplador.

b) Motores de alto par. Para los motores de alto par, la corriente eléctrica nominal debe ser la determinada a rotor bloqueado y la de placa se deberá emplear para determinar la capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito derivado como se indica en 430-22 y 430-24; la corriente eléctrica para la protección por sobrecarga, así como la de protección por falla a tierra, deben estar de acuerdo con lo indicado en 430-52(b).

NOTA: Para medios de desconexión y controles de los motores, véase 430-110 y la Excepción 3 de 430-83.

c) Motores de c.a. de tensión eléctrica ajustable. Para motores utilizados en sistemas de c.a. de tensión eléctrica ajustable, par variable, la capacidad de conducción de corriente de los conductores, así como la de desconectores, la del dispositivo de protección del circuito derivado por cortocircuito y por falla a tierra, etc., deben seleccionarse de acuerdo con la corriente eléctrica máxima de operación que se indica en la placa de datos del motor, del controlador o de ambos. Si la corriente eléctrica máxima de operación no se indica en la placa del motor, la corriente eléctrica de operación debe basarse en el 150% de los valores indicados en la Tabla 430-150.

430-7. Marcado de motores y equipo con varios motores

a) Motores de uso normal. Los motores deben tener marcada en su placa la siguiente información:

1) Nombre del fabricante.

2) Tensión y corriente eléctricas nominales, corriente de operación a plena carga. Para motores de varias velocidades, se debe indicar la corriente eléctrica a plena carga para cada una de las velocidades, excepto para los de polo sombreado, así como para motores con capacitor permanente en donde la corriente eléctrica base es la que corresponde a la máxima velocidad.

3) Frecuencia de operación y número de fases, para los motores de corriente eléctrica alterna.

4) Velocidad máxima a plena carga.

5) Temperatura máxima de operación o clase de los materiales aislantes y temperatura ambiente.

6) Régimen de tiempo. El régimen de tiempo puede ser de 5 min, 15 min, 30 min o 60 min o continuo (dato que se utiliza en la Tabla 430-22(b)).

7) Potencia nominal del motor, si ésta es igual o mayor que 93 W (1/8 CP) debe indicarse la potencia en kilowatts (kW) (CP) para cada una de las velocidades, exceptuando los motores de polo sombreado y los de capacitor permanente para motores de 93 W (1/8 CP) o más, donde la potencia nominal se indica para la velocidad máxima. Los motores que accionan máquinas de soldar de arco, no requieren tener la indicación de la potencia nominal en caballos de potencia.

8) Si es motor de c.a. y de potencia mayor que 373 W (1/2 CP) se debe indicar la letra de código o la corriente eléctrica a rotor bloqueado. En motores polifásicos de rotor devanado, se omite la Letra de Código.

NOTA: Véase inciso (b) abajo.

9) Letra con designación para el diseño de motores: B, C, D o E.

10) En motores de inducción de rotor devanado debe indicarse la tensión eléctrica secundaria y la corriente eléctrica a plena carga.

11) Debe indicarse la corriente eléctrica de campo en los motores síncronos excitados con corriente continua.

12) Indicar los devanados: derivación directa, derivación estabilizada, devanado compuesto o serie si se trata de motores de corriente continua (c.c.) En motores fraccionarios de corriente continua (c.c.) de 175 mm de diámetro o menos, no se requieren estas indicaciones.

13) Un motor que esté provisto con protección térmica, de acuerdo con lo indicado en 430-32 (a)(2) o (c)(2) debe contener la indicación de "Protegido térmicamente". Los motores de 100 W o menos "Térmicamente protegidos" deben cumplir con 430-32(c)(2) y puede utilizar en su placa la abreviatura "T.P."

14) Un motor que cumpla con lo establecido en 430-32(c)(4) debe tener la indicación "Protegido por impedancia". Los motores de 100 W o menos y que cumplan con lo establecido en 430-32 (c)(4), pueden utilizar la abreviatura "Z.P."

b) Letras de código a rotor bloqueado. Las letras de código en las placas de los motores para mostrar la potencia absorbida del motor con el rotor bloqueado, deben estar de acuerdo con la Tabla 430-7(b).

La letra de código debe estar indicada en la placa del motor.

1) Los motores de varias velocidades deben estar marcados con la letra que indique los kilovolt ampere (kVA) a rotor bloqueado para la máxima velocidad a la que el motor puede arrancar.

Excepción: Los motores de varias velocidades y potencia constante deben estar marcados con la letra que indique el mayor número de kilovolt ampere (kVA) por caballos de potencia (CP) a rotor bloqueado.

2) Los motores de una sola velocidad y que arrancan en conexión estrella -Y-, y en marcha normal están en conexión delta, deben estar marcados con la letra de código que corresponde a los kilovolt ampere (kVA) por caballos de potencia (CP) a rotor bloqueado en la conexión estrella.

3) Los motores de operación a tensión eléctrica doble, que tengan diferentes kilovolt ampere (kVA) por caballos de potencia (CP) a rotor bloqueado, deben estar marcados con la letra de código que dé el mayor número de kilovolt ampere (kVA) por caballos de potencia (CP) a rotor bloqueado.

4) Los motores con doble frecuencia de 50 Hz y 60 Hz, deben estar marcados con la letra de código a 60 Hz.

5) Los motores con devanado partido deben estar marcados con la letra de código correspondiente al devanado total del motor.

TABLA 430-7(b).- Letras de código para rotor bloqueado

Letra de código	kVA por kW a rotor bloqueado	KVA por CP a rotor bloqueado
A	0,00 -- 2,34	0,00 -- 3,14
B	2,35 -- 2,64	3,15 -- 3,54
C	2,65 -- 2,98	3,55 -- 3,99
D	2,99 -- 3,35	4,00 -- 4,49
E	3,36 -- 3,72	4,50 -- 4,99
F	3,73 -- 4,17	5,00 -- 5,59
G	4,18 -- 4,69	5,60 -- 6,29
H	4,70 -- 5,29	6,30 -- 7,09
J	5,30 -- 5,96	7,10 -- 7,99
K	5,97 -- 6,70	8,00 -- 8,99
L	6,71 -- 7,45	9,00 -- 9,99
M	7,46 -- 8,35	10,00 -- 11,19
N	8,35 -- 9,31	11,20 -- 12,49
P	9,32 -- 10,43	12,50 -- 13,99
R	10,44 -- 11,93	14,00 -- 15,99
S	11,94 -- 13,42	16,00 -- 17,99
T	13,43 -- 14,91	18,00 -- 19,99
U	14,92 -- 16,70	20,00 -- 22,39
V	16,71 -- y más	22,40 -- y más

c) Motores de alto par. Los motores de alto par están diseñados para operar en condición estacionaria y deben marcarse de acuerdo con lo indicado en el inciso a) antes indicado.

Excepción: Los datos del par a rotor bloqueado deben reemplazar a los caballos de potencia (CP).

d) Equipo con varios motores y cargas combinadas

1) El equipo con varios motores y cargas combinadas debe tener una placa visible en la que se indique: nombre del fabricante, tensión eléctrica de operación, frecuencia, número de fases, capacidad de conducción de corriente mínima para el conductor de suministro, máxima corriente eléctrica nominal del dispositivo contra cortocircuito y de protección de falla a tierra. La capacidad de conducción de corriente del conductor debe determinarse de acuerdo con lo indicado en 430-24, incluyendo todos los motores, así como las cargas que deben operar al mismo tiempo. La capacidad del dispositivo contra cortocircuito, así como la protección de falla a tierra, no debe exceder de los valores obtenidos de 430-53. El equipo con varios motores que utiliza dos o más circuitos debe tener las indicaciones anteriores para cada uno de los circuitos.

2) Cuando el equipo no viene cableado de fábrica, y las placas individuales de cada uno de los motores y las cargas adicionales son visibles después de haber sido ensamblado el equipo, las placas individuales cumplen con la identificación requerida.

430-8. Marcado en controles. El equipo de control de motores debe estar debidamente identificado con: nombre del fabricante, tensión y corriente eléctrica y capacidad nominal en kW o CP proporcionando los datos para todos aquellos motores en los que puedan utilizarse. Un equipo de control que incluya la protección de sobrecorriente para un motor o grupo de motores, debe tener la indicación completa de la protección de sobrecarga del motor, la máxima corriente eléctrica de cortocircuito y la protección contra falla a tierra para tales aplicaciones.

Los controladores combinados que usen interruptor automático de disparo instantáneo ajustable, deben contener claramente las indicaciones correspondientes a la corriente eléctrica de ajuste del elemento de disparo ajustable.

Cuando el control del motor forma parte integral del motor o de un grupo motor-generador, no es necesario que se indique las características de éste, siempre y cuando estén incluidas en la placa del motor. Las características de estos controles que forman parte integral de un equipo aprobado como unidad, pueden estar indicadas en la placa general del equipo.

430-9. Terminales

a) **Identificación.** Las terminales tanto de los equipos de control como de los motores deben estar debidamente identificadas, ya sean por dígitos o por colores, para indicar las conexiones correctas.

b) **Conductores.** Las terminales de equipo de control y las de los dispositivos de control, deben ser conectadas con conductores de cobre a menos que esté aprobado e identificado para uso con otro tipo de conductor.

c) **Apriete de terminales.** Los dispositivos de los circuitos de control con terminales de presión roscada, que empleen conductores de cobre de 2,08 mm² (14 AWG) o menores, deben tener un apriete mínimo de 0,8 N-m a no ser que se indiquen otros valores.

430-10. Espacios para cableado en los gabinetes

a) **Disposiciones generales.** Los gabinetes de equipo de control, así como los de los medios de desconexión, no deben utilizarse como cajas de conexión, canales auxiliares o canalizaciones para llevar a cabo empalmes, alimentaciones o derivaciones para otros aparatos eléctricos, a menos que su diseño contemple el espacio adecuado para tal propósito.

NOTA: Véase 373-8, gabinetes para desconectores y para dispositivos de protección contra sobrecorriente.

b) **Espacio para doblado de cables dentro de los gabinetes de equipos de control.** El espacio mínimo para el acomodo de cables en los gabinetes de control del motor debe estar de acuerdo con las medidas indicadas en la Tabla 430-10 (b), donde se indican las medidas de la siguiente forma: en línea recta desde el conector hasta la pared o barrera, en el sentido en que los conductores salen del gabinete. Cuando se tiene como alternativa que las terminales son proporcionadas por el fabricante del equipo de control, deberán estar identificadas por el fabricante para su uso con el controlador y no deben reducir el espacio mínimo requerido para el acomodo de los cables.

TABLA 430-10 (b).- Medidas de espacio mínimo para el acomodo de cables, en los gabinetes de control de motores

Tamaño o designación del conductor		Conductores por terminal* (cm)	
mm ²	AWG o kcmil	1	2
2,08-5,26	(14-10)	No especificado	---
8,37-13,3	(8-6)	3,8	---
21,2-26,7	(4-3)	5,1	---
33,6	(2)	6,3	---
42,4	(1)	7,6	---
53,5	(1/0)	12,7	12,7
67,4	(2/0)	15,2	15,2
85,0-107	(3/0-4/0)	17,8	17,8
127	(250)	20,3	20,3
152	(300)	25,4	25,4
177-253	(350-500)	30,5	30,5

304-355	(600-700)	35,6	40,6
380-456	(750-900)	45,7	48,2

* Cuando sean tres o más los conductores por terminal, el espacio mínimo para acomodo de cables debe apegarse con lo indicado en el Artículo 373.

430-11. Protección contra líquidos. Debe instalarse protecciones o envolventes con el fin de dar la protección adecuada, tanto a los alimentadores al motor, como a los aislamientos de éstos en sus conexiones, cuando se instalen en lugares en donde pueda presentarse goteo o rociarse sobre el motor: aceite, agua o cualquier otro líquido que lo pueda dañar, a menos que el motor esté diseñado para soportar esas condiciones existentes.

430-12. Cajas para las terminales de los motores

a) Material. Cuando los motores están provistos de cajas terminales, éstas deben ser metálicas y de construcción robusta.

Excepción: En lugares que no sean clasificados como peligrosos, pueden emplearse cajas de conexiones que no sean metálicas e incombustibles, siempre y cuando se tenga un medio de conexión a tierra entre la carcasa del motor y la conexión a tierra del equipo incorporado al gabinete.

b) Dimensiones y espacio para conexiones y empalmes. Cuando las cajas para terminales de los motores contengan empalmes o conexiones de los alimentadores, éstas deben tener las medidas mínimas que se indican en la Tabla 430-12 (b).

TABLA 430-12 (b).- Medidas mínimas de las cajas terminales para conexión de cable a cable en motores de 28 cm de diámetro o menores

kW		CP	Dimensiones mínimas de la caja (cm)		Volumen mínimo utilizable cm ³	
0,75 y menores*		(1 o menores*)	4,1		170	
1,12; 1,50 y 2,24**		(1 ½, 2 y 3**)	4,5		275	
3,75 y 5,60		(5 y 7 ½)	5,0		365	
7,50 y 1,19		(10 y 15)	6,5		595	
Motores de corriente alterna (c.a.) de diámetro mayor que 28 cm						
Corriente eléctrica a plena carga para motores trifásicos con un máximo de 12 terminales	Dimensión mínima de la abertura de la caja de terminales	Volumen mínimo utilizable	Potencia típica máxima (trifásico)			
			220 V y 230 V		440 V y 460 V	
			A	cm	cm ³	kW	CP	kW	CP
45	6,5	595	11,2	15	22,4	30
70	8,4	1 265	18,7	25	37,3	50
110	10,0	2 295	20,8	40	56,0	75
160	12,5	4 135	44,8	60	93,3	125
250	15,0	7 380	74,6	100	149	200
400	17,5	13775	119	150	224	300
600	20,0	25255	187	250	373	500
Motores de corriente continua (c.c.)						
Motores de un máximo de 6 terminales, en ampere (A)		Cajas de terminales; dimensiones mínimas cm			Volumen mínimo utilizable cm ³	
68		6,5			425	
105		8,4			900	
165		10,0			1 640	
240		12,5			2 950	
375		15,0			5 410	
600		17,5			9 840	
900		20,0			18 030	

* Para motores de potencia nominal de 746 W (1 CP) o menor, y con la caja para conexiones terminales, parcial o completamente integrada a la carcasa del motor o en un extremo de ésta, el volumen de la caja

terminal no debe ser menor que 18,0 cm³ para conexiones de cable a cable. No se especifica la dimensión mínima de la abertura de la tapa.

** Para motores de potencia nominal de 1,12 kW; 1,50 kW, y 2,24 kW (1-1/2, 2 y 3 CP), las cajas para conexiones terminales, parcial o completamente integrada a la carcasa del motor a un extremo de ésta, el volumen de la caja no debe ser menor que 23,0 cm³. No se especifica la dimensión mínima de la abertura de la tapa.

c) Dimensiones y espacio para conexiones fijas. Cuando las cajas de conexión contienen terminales fijas (tablillas de terminales), deben ser de tamaño suficiente para proporcionar el espacio mínimo y los volúmenes utilizables de acuerdo con lo indicado en las Tablas 430-12(c)(1) y 430-12(c)(2).

d) Conductores de tamaños superiores o conexiones de fábrica. Para motores de gran capacidad, gran número de terminales o con conductores de gran sección transversal, o cuando los motores son instalados como parte de un equipo armado en fábrica, sin conexiones adicionales requeridas en la caja de conexiones del motor durante la instalación del equipo, la caja para terminales debe ser de tamaño amplio para hacer conexiones; los requerimientos de volumen mínimo anteriormente establecidos para las cajas de terminales no serán aplicables.

e) Conexiones de puesta a tierra del equipo. Se deben proveer medios para fijar un conductor de puesta a tierra al equipo de acuerdo con lo indicado en 250-113 para conexiones cable a cable o conexiones fijas. Los medios para tales conexiones pueden estar dentro o fuera de la caja para terminales.

Excepción: Cuando un motor se instale como parte de un equipo armado en fábrica que requiere ser puesto a tierra y no se necesitan conexiones adicionales en la caja durante la instalación del equipo, no se requiere un medio separado para poner a tierra el motor.

TABLA 430-12(c)(1).- Espacio para las terminales (terminales fijas)

Tensión eléctrica nominal V	Espaciamento mínimo en cm	
	Entre las terminales de línea	Entre las terminales de línea y otras partes metálicas No aisladas
240 o menos	0,6	0,6
Mayores de 250 a 600 inclusive	0,9	0,9

TABLA 430-12 (c)(2).- Volúmenes utilizables (terminales fijas)

Tamaño o designación del conductor alimentador		Volumen mínimo utilizable por cada conductor alimentador cm ³
mm ²	AWG	
2,08	14	16
3,31 y 5,26	12 y 10	20
8,37 y 13,3	8 y 6	37

430-13. Boquillas. Cuando los conductores pasan a través de una abertura en una envolvente, caja de paso o barrera de separación, debe usarse una boquilla para protegerlos de los bordes de las aberturas que presenten filo. La boquilla debe ser lisa, de superficie redondeada donde puedan estar en contacto con los conductores, y si se usa donde pueda haber aceites, grasas u otros contaminantes, debe ser de material que no se deteriore por la presencia de los mismos.

NOTA: Para conductores expuestos a agentes deteriorantes, véase 310-9.

430-14. Localización de los motores

a) Ventilación y mantenimiento. Los motores deben ubicarse de manera que tengan una ventilación adecuada y que el mantenimiento tal como la lubricación de rodamientos y reemplazo de escobillas, pueda hacerse fácilmente.

b) Motores abiertos. Los motores abiertos que tienen conmutadores o anillos colectores deben localizarse o estar protegidos de manera que las chispas no puedan alcanzar los materiales combustibles adyacentes, pero esto no prohíbe la instalación de estos motores sobre pisos o soportes de madera.

430-16. Depósito o acumulaciones de polvo. En lugares donde el polvo o material que flote en el ambiente pueda depositarse sobre el motor o dentro del mismo en cantidades tales que afecten su ventilación o enfriamiento y, por consiguiente, puedan originar temperaturas peligrosas, se deben emplear motores tipo cerrados que no se sobrecalienten al trabajar en esas condiciones.

NOTA: En condiciones especialmente severas puede requerirse el uso de motores cerrados ventilados mediante tuberías o ubicar las envolventes en locales separados herméticos al polvo, debidamente ventilados por una fuente de aire limpio.

430-17. Motor de mayor o menor potencia. En la determinación del cumplimiento de las Secciones 430-24, 430-53 (b) y 430-53 (c), el motor de mayor potencia o el de menor potencia debe ser el que tenga la corriente eléctrica nominal (a plena carga) más grande o más pequeña, respectivamente, tal y como se selecciona en las Tablas 430-147, 430-148 y 430-150.

430-18. Tensión eléctrica nominal de sistemas de rectificación. Para determinar la tensión eléctrica nominal de un sistema derivado de rectificación, se debe usar el valor nominal de tensión eléctrica de la onda de c.a. que esté siendo rectificada.

Excepción: Se debe utilizar la tensión eléctrica nominal de la onda de c.c. del rectificador, si ésta excede el valor de pico de la onda de tensión eléctrica de c.a. que está siendo rectificada.

B. Conductores para circuitos de motores

430-21. Disposiciones generales. En esta Parte B, se especifica el tamaño nominal de los conductores con capacidad para alimentar un motor, los cuales transportan la corriente eléctrica necesaria sin que se presente sobrecalentamiento, bajo las condiciones especificadas.

Excepción: Las disposiciones establecidas en 430-124 se aplican para tensiones superiores a 600 V nominales.

Las disposiciones de los Artículos 250, 300 y 310 no deben aplicarse a los conductores que forman parte integral de un equipo aprobado o a conductores integrados a motores, controles de motores y similares.

NOTA 1: Véase 300-1 (b) y 310-1 para condiciones similares.

NOTA 2: Véase 430-9 (b) para terminales requeridas en dispositivos y de equipos.

430-22. Un solo motor

a) General. Los conductores del circuito derivado para suministrar energía eléctrica a un solo motor, deben tener capacidad de conducción de corriente no menor que 125% de la corriente eléctrica nominal (de plena carga).

Para un motor de varias velocidades, los conductores del circuito derivado de alimentación al controlador, deben seleccionarse tomando como base la corriente eléctrica nominal más alta indicada en la placa del motor; para seleccionar los conductores en el circuito derivado entre el equipo de control y el motor, debe tomarse como base la corriente eléctrica nominal de los devanados que los conductores energizan.

Excepción 1: Para motores de corriente continua (c.c.) con una fuente de poder de rectificación monofásica, los conductores entre el control y el motor deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que los siguientes por cientos de la corriente eléctrica nominal del motor a plena carga:

a. Cuando se usa un rectificador monofásico de media onda, 190%.

b. Cuando se usa un rectificador monofásico de onda completa, 150%.

Excepción 2: Los conductores de circuitos de alimentación de equipos convertidores incluidos como parte de un sistema de control de velocidad ajustable, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que 125% la capacidad nominal de entrada del equipo convertidor.

Para motores con arranque en estrella, conectados para funcionar en delta, la selección de los conductores de circuitos derivados en el lado de la línea del controlador debe basarse en la corriente eléctrica a plena carga. La selección de conductores entre el controlador y el motor debe basarse en un 58% de la corriente eléctrica del motor a plena carga.

b) Servicio no continuo. Los conductores que alimenten un motor que se utilice por corto tiempo, en forma intermitente, periódica o haciendo variar su carga, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la indicada en la Tabla 430-22 (b), a menos que sea autorizado el utilizar un conductor de tamaño nominal menor.

TABLA de 430-22 (b).- Servicio por ciclo de trabajo

Clasificación del servicio	Por ciento de la corriente eléctrica nominal indicada en la placa de datos			
	Régimen de trabajo del motor			
	5 min	15 min	30 min y 60 min	Servicio continuo
Servicio de corto tiempo Accionamiento de válvulas, ascenso y descenso de rodillos	110	120	150	---
Servicio intermitente elevadores y montacargas, máquinas herramientas, bombas y puentes levadizos, mesas giratorias, etc., para soldadoras de arco, véase 630-21	85	85	90	140
Servicio periódico: Rodillos, equipos para manejo de minerales y carbón, etc.	85	90	95	140
Servicio variable	110	120	150	200

Cualquier motor debe considerarse de servicio continuo, a menos que la naturaleza del aparato eléctrico que acciona, sea tal que el motor no opere continuamente con carga bajo cualquier condición de operación.

c) Envoltentes de terminales separadas. Los conductores entre un motor estacionario de potencia nominal de 746 W (1 CP) o menor y con envoltente de terminales separada, como se permite en 430-145 (b), pueden ser menores al tamaño nominal de 2,08 mm² (14 AWG), pero nunca menor que 0,824 mm² (18 AWG), siempre y cuando el conductor seleccionado tenga la capacidad de conducción de corriente especificada en el inciso a), arriba indicado.

430-23. Secundario del motor de rotor devanado

a) Servicio continuo. Para un motor de corriente alterna (c.a.) con rotor devanado que opera en servicio continuo, los conductores que conecten al rotor devanado del motor con su equipo de control deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que 125% de la corriente eléctrica a plena carga del devanado del motor.

b) Servicio no continuo. Para un motor de c.a. que opera en servicio no continuo, los conductores deben tener una capacidad de conducción de corriente, en por ciento de la corriente eléctrica a plena carga del rotor devanado, no menor que lo especificado en la Tabla 430-22 (b).

c) Resistencia separada de los controles. Cuando la resistencia secundaria está separada de los controles del motor de rotor devanado, la capacidad de conducción de corriente de los conductores entre el control y la resistencia, no debe ser menor que la mostrada en la Tabla 430-23 (c).

TABLA 430-23(c).- Conductor del secundario

Clasificación de servicio en función de la resistencia	Capacidad de conducción de corriente del conductor en por ciento de la corriente eléctrica del secundario a plena carga
Arranque ligero	35
Arranque pesado	45
Arranque extra-pesado	55
Arranque intermitente ligero	65
Arranque intermitente medio	75
Arranque intermitente pesado	85
Servicio continuo	110

430-24. Varios motores o motor(es) y otra(s) carga(s). Los conductores que suministren energía eléctrica a varios motores o a motores y otras cargas, deben tener una capacidad de conducción de corriente, cuando menos de la suma de las corrientes a plena carga nominales de todos los motores, más un 25% de la corriente nominal del motor de mayor corriente del grupo, más la corriente nominal de las otras cargas determinadas de acuerdo con lo indicado en el Artículo 220 y otras Secciones aplicables.

Excepción 1: Cuando uno o más motores del grupo operan por corto tiempo, en forma intermitente periódica o variable, la corriente eléctrica nominal de estos motores se debe sumar de acuerdo con lo indicado en la Sección 430-22(b). Para determinar el motor de mayor capacidad que debe formar parte de la suma total, se debe tomar el mayor valor en amperes resultante de la aplicación del factor adecuado al régimen de trabajo, según se indica en la Sección 430-22(b) o el motor que en operación continua tome la mayor corriente eléctrica a plena carga, multiplicado por 1,25.

Excepción 2: La capacidad de conducción de corriente de los conductores que alimenten a motores de equipos de calefacción eléctrica fija, debe seleccionarse de acuerdo a lo indicado en 424-3 (b).

Excepción 3: Cuando el circuito se pueda bloquear de forma que impida el arranque de otros motores u otras cargas selectivamente, la capacidad de conducción de corriente del alimentador podrá determinarse como la suma de las corrientes de los motores y las de las otras cargas que puedan operar al mismo tiempo, tomándose esta suma como la corriente eléctrica total.

430-25. Varios motores en combinación con otras cargas. La capacidad de conducción de corriente de los conductores que alimenten varios motores en combinación con otras cargas, no debe ser menor que la capacidad de corriente mínima marcada en el equipo de acuerdo con lo indicado en 430-7 (d). Cuando el equipo no viene cableado de fábrica y las placas de sus diferentes partes están a la vista de acuerdo con lo indicado en 430-7(d)(2), el conductor seleccionado debe tener una capacidad de conducción de corriente como se establece en 430-24.

430-26. Factor de demanda para el alimentador. Cuando resulte un calentamiento reducido en los conductores de los motores que operen por ciclos o en forma intermitente o cuando los motores no operen al mismo tiempo, se permite que los alimentadores tengan una capacidad de conducción de corriente menor que la especificada en 430-24, pero condicionado a que los conductores tengan suficiente capacidad de conducción de corriente para la carga máxima determinada de acuerdo con el tamaño y número de los motores a alimentar y las características y régimen de trabajo de las cargas. Para efectos de aprobación, será necesario presentar el estudio de ingeniería que demuestre fehacientemente la carga máxima a que se someterán los conductores.

430-27. Motores con capacitores. Cuando se instalen capacitores en los circuitos de los motores, los conductores eléctricos deben cumplir con lo establecido en 460-8 y 460-9.

430-28. Conexiones en derivación en los alimentadores. Los conductores para conexiones en derivación en los alimentadores deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la indicada en la parte B; deben terminar en un dispositivo de protección de circuito derivado y deben cumplir con los siguientes requisitos:

- (1) estar dentro de un equipo de control cerrado o dentro de una canalización, no tener longitud mayor que 3,00 m y, para instalaciones en campo, deben estar protegidos por un dispositivo de protección de sobrecorriente en el lado de la línea de alimentación de la derivación; la capacidad o ajuste de este dispositivo no excederá 1 000% de la capacidad del conductor de la derivación; o
- (2) tener una capacidad de conducción de corriente de al menos un tercio de la correspondiente al alimentador, estar protegidos contra daño físico, dentro de un equipo de control cerrado o dentro de una canalización, y no tener una longitud mayor que 7,60 m o
- (3) tener la misma capacidad de conducción de corriente que el alimentador.

Excepción: Derivaciones mayores a 7,60 m de longitud. En naves de techo alto (mayores a 10,67 m de altura), se permite que los conductores derivados del alimentador principal no sean mayores a 7,60 m de longitud en dirección horizontal y su longitud total no mayor que 30,50 m, cuando se reúnan las condiciones siguientes:

a. Que la capacidad de conducción de corriente de los conductores derivados no sea menor que un tercio de la de los alimentadores.

b. Que los conductores derivados terminen en un solo interruptor automático o en un juego sencillo de fusibles, de conformidad con (1) Parte D, donde la derivación es un circuito derivado (2) Parte E si la derivación es un alimentador.

c. Que los conductores de la derivación se protejan contra daño físico y sean instalados en canalizaciones.

d. Que los conductores de la derivación sean continuos sin empalmes en toda su longitud.

e. Que los conductores de la derivación sean de un tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) en cobre o 21,2 mm² (4 AWG) en aluminio o mayores.

f. Que los conductores de la derivación no se encuentren alojados en muros, pisos o techos.

g. Que la derivación no se realice a menos de 9 m del piso.

430-29. Motores de corriente continua (c.c.) de tensión eléctrica constante - Resistencias de potencia.- Los conductores que conectan el controlador del motor a las resistencias de potencia para acelerar el motor, así como para el frenado dinámico, éstas se encuentran montadas en forma separada de la armadura, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que los valores indicados en la Tabla 430-29, para corriente eléctrica del motor a plena carga. Si se usa una resistencia en derivación, la capacidad de conducción de corriente del conductor de aceleración debe estar de acuerdo con la corriente eléctrica a plena carga del motor más la corriente eléctrica de la resistencia en derivación del inducido del motor.

Los conductores de la resistencia en derivación deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la que se calcula con la Tabla 430-29, tomando la corriente eléctrica de la resistencia a plena carga.

TABLA 430-29. Factores de capacidad de conducción de corriente de los conductores para resistencias de potencia

Tiempo en segundos		Capacidad de conducción de corriente de los conductores en por ciento de la corriente a plena carga del motor
Encendido	Apagado	
5	75	35
10	70	45
15	75	55
15	45	65
15	30	75
15	15	85
Servicio continuo		110

C. Protección de sobrecarga de los motores y de sus circuitos derivados

430-31. Disposiciones generales. Las disposiciones de la Parte C especifican los dispositivos de sobrecarga destinados a proteger a los motores, a los aparatos para el control de los mismos y a los conductores de los circuitos derivados que los alimentan, contra el calentamiento excesivo debido a sobrecargas y fallas en el arranque.

Una sobrecarga de un aparato eléctrico origina una sobrecorriente que, si persiste por un tiempo prolongado, puede dañar o calentar peligrosamente el aparato. Esto no incluye a los cortocircuitos ni a las fallas a tierra.

NOTA - Los controladores de las bombas eléctricas principales y auxiliares (jockey) de los sistemas contra incendio, no deberán tener relevadores de sobrecarga, ya que deben transportar indefinidamente la corriente de rotor bloqueado del motor o motores. Ver artículo 695.

Los requisitos de esta Sección no son aplicables a circuitos de motores que operen en tensiones eléctricas nominales mayores de 600 V. Véase Parte J.

430-32. Motores de servicio continuo

a) De más de 746 W (1 CP). Cada motor de servicio continuo de más de 746 W (1 CP) debe protegerse contra sobrecarga por uno de los medios siguientes:

1) Un dispositivo separado de sobrecarga que sea sensible a la corriente eléctrica del motor. La corriente eléctrica nominal o de disparo de este dispositivo no debe ser mayor que los por cientos de la corriente de placa a plena carga del motor, como sigue:

- Motores con factor de servicio indicado no menor que 1,15	125%
- Motores con indicación de elevación de temperatura no mayor que 40°C	125%
- Todos los demás motores	115%

Este valor puede ser modificado según lo permitido por la Sección 430-34.

Para un motor de varias velocidades, cada conexión del devanado debe ser considerada por separado.

Cuando el dispositivo de sobrecarga separado del motor esté conectado de manera que no conduzca la corriente eléctrica total indicada en la placa de características del motor, tal como es el caso de arranque en estrella-delta, se debe indicar en el equipo el valor de ajuste apropiado de disparo del dispositivo de protección o debe considerarse la tabla que el fabricante proporcione para su selección.

NOTA: Cuando se utilizan capacitores para corregir el factor de potencia, y son instalados en el lado de la carga, entre el motor y el dispositivo de sobrecarga, véase 460-9.

2) Una protección térmica integrada al motor y aprobada para este uso con el motor que protege, debe prevenir los daños por sobrecalentamiento del motor, así como por fallas en el arranque. La corriente eléctrica de disparo de la protección térmica del motor no debe exceder de los siguientes valores en por ciento sobre los valores de corriente eléctrica a plena carga de los motores que se indican en las Tablas 430-148 y 430-150:

- Motor a carga plena cuya corriente eléctrica sea menor 9 A	170%
- Motor a carga plena con corriente eléctrica de operación entre 9,1 A y 20 A	156%
- Motor a carga plena con corriente eléctrica de operación mayor que 20 A	140%

Si el dispositivo de interrupción de corriente se encuentra separado del motor y el circuito de control es operado por la protección integral del motor, debe estar arreglado en forma tal que cuando abra la protección del motor, también abra el circuito de control.

3) Se permite un dispositivo de protección integrado al motor de tal forma que lo proteja contra daños en una falla de arranque, siempre y cuando el motor sea parte integrante de un ensamble aprobado que normalmente no sujete al motor a sobrecargas.

4) En motores mayores a 1 120 kW (1 500 CP) se requiere de un dispositivo de protección con sensores de temperatura, en contacto con el devanado, que provoquen una interrupción de la corriente eléctrica al motor, cuando se presente un incremento mayor al que se indica en la placa del motor, sobre un ambiente de 40°C.

b) Motores de 746 W (1 CP) y menores, con arranque no automático

1) Un motor que opere en servicio continuo de capacidad de 746 W (1 CP) o menor que no esté instalado en forma permanente, con arranque no automático y que esté a la vista de su controlador, se permite considerarlo protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección contra cortocircuito y de falla a tierra del circuito derivado. Este dispositivo no deberá ser mayor que lo que se especifica en la Parte D del Artículo 430.

Excepción: Esta situación se permite para motores en circuitos con tensión eléctrica nominal de 120 V o 127 V, con protección del circuito derivado respectivo de no más de 20 A.

2) Cualquiera de estos motores que no esté a la vista del control debe protegerse de acuerdo con lo especificado en 430-32 (c).

Cualquier motor de 746 W (1 CP) o menor que esté instalado en forma permanente, debe estar protegido de acuerdo con lo especificado en 430-32 (c).

c) Motor de 746 W (1 CP) o menor, con arranque automático. Cualquier motor de 746 W (1 CP) o menor, con arranque automático, debe protegerse contra sobrecarga por uno de los siguientes medios:

1) Un dispositivo de sobrecarga separado que responda a la corriente eléctrica del motor.

Este dispositivo debe seleccionarse para que desconecte o tenga como máximo su capacidad nominal de acuerdo con los siguientes por cientos de la corriente eléctrica de placa a plena carga del motor:

- Motores con factor de servicio indicado no menor que 1,15	125%
- Motores con indicación de elevación de temperatura no mayor que 40°C	125%
- Todos los demás motores	115%

Para motores de varias velocidades cada conexión de los devanados debe considerarse en forma separada. Las modificaciones a estos valores deben estar de acuerdo con lo indicado en 430-34.

2) Una protección térmica integrada al motor y aprobada para ser usada con el motor que protege contra sobrecalentamiento peligroso debido a sobrecarga o falla en el arranque. Si el dispositivo de interrupción de corriente del motor se encuentra separado del mismo y su circuito de control se acciona por un dispositivo protector que forma parte integral del motor, debe disponerse de tal forma que la desconexión del circuito de control interrumpa la corriente eléctrica del motor.

3) Se permite proteger al motor con un dispositivo de protección que forme parte integral del motor y que puede proteger al motor contra sobrecargas y fallas en el arranque si:

- (1) el conjunto es parte de un conjunto aprobado que no someta al motor a sobrecargas.
- (2) el conjunto está equipado también con otros controladores de seguridad (como el controlador de seguridad de combustión de un quemador de petróleo doméstico), que proteja al motor contra daños debidos a fallas en el arranque. Cuando el conjunto tenga controladores de seguridad que protejan al motor, debe indicarse en la placa de especificaciones en un lugar visible incluso después de instalado.

4) Si la impedancia de los devanados del motor es suficiente para prevenir el sobrecalentamiento por fallas en el arranque, se permite proteger al motor como se especifica en 430-32(b)(1) para motores que se arranquen en forma manual, si el motor forma parte de un conjunto ensamblado de fábrica y el motor se limita a sí mismo para no sobrecalentarse en forma peligrosa.

NOTA: Muchos motores de corriente alterna menores a 37 W (1/20 CP), como son motores de relojes, motores tipo serie, etc., y también algunos de mayor capacidad como los de alto par, deben incluirse en esta clasificación. Esto no incluye a motores de fase partida, que tienen desconectador automático que desconectan las bobinas de arranque.

d) Motores de rotor devanado. A los circuitos secundarios de los motores de c.a. de rotor devanado, incluyendo sus conductores, controles, resistencias, etc., se permite considerarlos protegidos contra sobrecargas por el mismo dispositivo de protección de sobrecarga del motor.

430-33. Servicios intermitentes y similares. Un motor cuyas condiciones de funcionamiento sean de operación por corto tiempo, intermitentes, periódico o varíen su servicio, como están ilustrados por la Excepción de la Tabla 430-22(b), se permite su protección contra sobrecargas por el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado, siempre y cuando la protección no exceda la especificación indicada en la Tabla 430-152.

La aplicación de cualquier motor se debe considerar como de trabajo continuo, a menos que los equipos que acciona sean tal, que éstos no puedan funcionar continuamente con carga bajo ninguna condición de operación.

430-34. Selección del relevador de sobrecarga. Cuando el relevador de sobrecarga se selecciona de acuerdo con lo especificado en 430-32(a)(1) y (c)(1) y no sea suficiente para soportar la carga aplicada, se permite utilizar el relevador inmediato superior, siempre que su corriente eléctrica de disparo no exceda los por cientos de la corriente del motor operando a plena carga indicados a continuación:

- Motores con factor de servicio indicado no menor que 1,15	140%
- Motores con indicación de elevación de temperatura no mayor que 40°C:	140%
- Todos los demás motores:	130%

Si no se tiene alguna derivación durante el arranque, como se indica en 430-35, el dispositivo de protección contra sobrecarga debe tener el suficiente retardo de tiempo para que permita al motor arrancar y acelerar su carga.

NOTA: Un relevador de sobrecarga clase 20 o 30 da un tiempo de aceleración al motor, mayor que uno de clase 10 o 20. El empleo de un relevador de sobrecarga de clase mayor evita la necesidad de seleccionar un dispositivo de corriente de disparo mayor.

430-35. Derivaciones durante el periodo de arranque

a) Arranque no automático. La protección contra sobrecarga de un motor con arranque no automático, puede ponerse en derivación o desconectarse del circuito durante el periodo de arranque, siempre que el dispositivo que lo ponga en derivación o lo desconecte no pueda quedarse en la posición de arranque, además, que los fusibles o el interruptor automático de tiempo inverso del motor estén calibrados o ajustados a no más de 400% de la corriente eléctrica a plena carga del motor y estén ubicados en el circuito de tal forma que funcionen durante el periodo de arranque del motor.

b) Arranque automático. Si el motor arranca automáticamente, el dispositivo de protección contra sobrecarga no debe ser puesto en derivación o desconectado del circuito.

Excepción: La protección de sobrecarga del motor puede derivarse o desconectarse del circuito durante el arranque automático del motor cuando:

1) El periodo de arranque del motor exceda el tiempo de retardo de los dispositivos de protección contra sobrecarga del motor.

2) Cuando se cuente con los medios aprobados para:

a) Verificar la rotación del motor, previniendo la derivación o la desconexión del circuito en caso de falla del motor en el arranque.

b) Limitar el tiempo de la protección de sobrecarga en derivación o desconexión del circuito, a un tiempo menor que el rango del tiempo de operación del motor a rotor bloqueado.

c) Prever el paro y la restauración manual del arranque del motor si no alcanza la condición de operación normal.

430-36. Uso de fusibles. Cuando se utilicen fusibles para la protección de sobrecarga de los motores, se debe intercalar un fusible en cada conductor de fase. Asimismo intercalar un fusible también en el conductor puesto a tierra, cuando el sistema de alimentación es de tres hilos, tres fases, en c.a., con un conductor puesto a tierra.

430-37. Dispositivos que no sean fusibles. Cuando se utilicen dispositivos que no sean fusibles para la protección contra la sobrecarga del motor, el número mínimo permitido y la ubicación de los dispositivos de sobrecarga, tales como bobinas de disparo o relevadores, debe estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 430-37.

430-38. Número de conductores abiertos por el dispositivo de sobrecarga. Los dispositivos de protección contra sobrecarga de los motores que no sean fusibles, elementos térmicos de corte o protectores térmicos, deben desconectar simultáneamente un número suficiente de conductores de fase para interrumpir el flujo de la corriente eléctrica al motor.

430-39. Control del motor como protección contra sobrecarga. Se permite que el controlador del motor funcione como dispositivo de protección de sobrecarga, si el número de unidades de sobrecarga cumple con la Tabla 430-37 y si estas unidades de sobrecarga funcionan en las posiciones de arranque y de operación normal en el caso de motores de c.c. y en la posición de operación normal en el caso de motores de c.a.

430-40. Relevador de sobrecarga. Los elementos térmicos de corte, relevador de sobrecarga y otros dispositivos para la protección contra sobrecarga del motor, que no sean capaces de interrumpir cortocircuitos, deben estar protegidos por fusibles o por interruptores automáticos con capacidad nominal o ajuste de acuerdo con lo indicado en 430-52 o por un dispositivo interno protector del cortocircuito, de acuerdo con lo indicado en 430-52.

Excepción 1: A menos que estén aprobados para instalación en grupo y lleven marcada la capacidad máxima del fusible o del interruptor automático de tiempo inverso mediante el cual están protegidos.

Excepción 2: La intensidad nominal del fusible o del interruptor automático debe estar marcada sobre la placa de características del equipo aprobado en el cual se use el elemento térmico de corte o relevadores de sobrecarga.

NOTA: Para interruptores automáticos de disparo instantáneo o un dispositivo protector de cortocircuito. Véase 430-52.

TABLA 430-37.- Dispositivos de sobrecarga para protección del motor

Tipo de motor	Sistema de alimentación	Número y ubicación de dispositivos de sobrecarga tales como bobinas de disparo o relevadores
1 fase c.a. o c.c.	2 hilos, 1 fase c.a. o c.c. ninguno puesto	Uno en cualquier conductor.

	a tierra.	
1 fase c.a. o c.c.	2 hilos, 1 fase c.a. o c.c., un conductor puesto a tierra.	Uno en el conductor no puesto a tierra
1 fase c.a. o c.c.	3 hilos, 1 fase c.a. o c.c., con neutro puesto a tierra	Uno en cualquiera de los conductores no puestos a tierra
1 fase c.a.	Cualquiera de las 3 fases	Uno en el conductor no puesto a tierra
2 fases c.a.	3 hilos, 2 fases c.a., ninguno puesto a tierra	2, uno en cada fase
2 fases c.a.	3 hilos, 2 fases c.a., con 1 conductor puesto a tierra.	2 en los conductores no puestos a tierra
2 fases c.a.	4 hilos, 2 fases c.a., con o sin conductor de puesta a tierra.	2, uno por fase en conductores no puestos a tierra
2 fases c.a.	5 hilos, 2 fases c.a., con neutro puesto o no a tierra.	2, uno por fase en cualquier conductor no puesto a tierra
3 fases c.a.	Cualquiera de las 3 fases.	3, uno en cada fase*

***Excepción:** No se exige una unidad de sobrecarga en cada fase cuando se suministra protección contra sobrecarga por otros medios aprobados

430-42. Motores en circuitos derivados de uso general. La protección contra sobrecarga, para motores instalados en circuitos derivados de uso general permitida en el Artículo 210, debe disponerse como se indica en los incisos a continuación:

a) No mayor que 746 W (1 CP). En los circuitos derivados de uso general pueden conectarse uno o más motores sin protección individual contra sobrecargas solamente cuando se cumplan las limitaciones especificadas en 430-32(b) y (c) y en 430-53(a)1 y (a)2.

b) Mayor a 746 W (1 CP). Los motores de potencias mayores que las especificadas en 430-53 (a) pueden ser conectados a circuitos derivados de uso general solamente en caso de que cada motor esté protegido contra sobrecargas, según lo indicado en 430-32. Tanto el control como el dispositivo de protección contra sobrecargas deben marcarse para su instalación en grupo con el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra debidamente seleccionado de acuerdo con lo indicado en 430-53.

c) Conectados mediante cordón y clavija a un receptáculo. Cuando un motor se conecta a un circuito derivado por medio de una clavija a un receptáculo y la protección individual contra sobrecarga es omitida, como está indicado en (a) anterior, la capacidad de la clavija y del receptáculo no debe ser mayor que 15 A en 120 V o 127 V o 10 A en 250 V. Cuando la protección individual contra sobrecarga es requerida, como se establece en (b) anterior, para un motor o un artefacto accionado por motor provisto de una clavija para conectarlo a un circuito derivado a través de un receptáculo, el dispositivo contra sobrecarga debe ser parte integral del motor o del artefacto. La capacidad de la clavija y del receptáculo determinará la capacidad nominal del circuito al cual se conectará el motor, como se establece en el Artículo 210.

d) Retardo de tiempo. El dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra de un circuito derivado en el cual el motor o artefacto accionado por motor está conectado, debe tener el suficiente retardo de tiempo para permitir que el motor arranque y acelere con carga.

430-43. Reiniciación automática. No debe instalarse ningún dispositivo de protección contra sobrecarga del motor, que pueda iniciar automáticamente el arranque de un motor, después de una desconexión o disparo por sobrecarga, a menos que sea aprobado para su uso con el motor al cual protege. No debe instalarse un sistema o dispositivo que pueda restablecer en forma automática el arranque del motor después de un paro por falla, si la reanudación automática del arranque puede ocasionar daños a personas.

430-44. Paradas programadas. Si una parada automática inmediata de un motor mediante un dispositivo de protección de sobrecarga introduce riesgos adicionales o incrementa los riesgos a personas, y si es necesaria una operación continua del motor para una parada segura del equipo o del proceso, debe conectarse un dispositivo sensor de sobrecarga del motor de acuerdo con las disposiciones de la parte C de esta Sección, que opere una alarma supervisada, en lugar de causar una interrupción inmediata del motor, de tal manera que pueda iniciarse una acción correctiva o una parada programada.

D. Protección de circuitos derivados para motores contra cortocircuitos y fallas a tierra

430-51. Disposiciones generales. La Parte D especifica los dispositivos destinados a proteger a los conductores de los circuitos derivados para motores, a los aparatos de control de motores y a los motores, contra sobrecorrientes eléctricas debidas a cortocircuitos o fallas a tierra. Estas disposiciones se suman a las disposiciones del Artículo 240 o las modifican. Los dispositivos contemplados en la parte D no incluyen a aquéllos requeridos por 210-8, 230-95 y 305-6.

Las disposiciones de la Parte D no se aplican a circuitos de motores con tensiones mayores de 600 V. Véase Parte J.

430-52. Capacidad nominal o ajuste para los circuitos de un solo motor

a) General. El dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas de tierra de circuitos derivados para motores, debe cumplir con (b) y con (c) o (d) cuando sean aplicables.

b) Todos los motores. La protección del circuito derivado contra cortocircuito y falla a tierra debe ser capaz de soportar la corriente eléctrica de arranque del motor.

c) Capacidad nominal o ajuste.

1) Debe utilizarse un dispositivo de protección, con una capacidad nominal o ajuste, seleccionado de tal forma que no exceda los valores dados en la Tabla 430-152.

Excepción 1: Cuando los valores determinados por la Tabla 430-152 para los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla de tierra no correspondan a los tamaños o capacidades nominales de los fusibles, interruptores automáticos no ajustables o dispositivos térmicos de protección o posibles ajustes de interruptores automáticos, se permite el tamaño, capacidad o ajuste inmediato superior.

Excepción 2: Cuando los valores especificados por la Tabla 430-152 no son suficientes para la corriente eléctrica de arranque de motor:

a. La capacidad nominal de un fusible del tipo sin retardo y no mayor que 600 A puede aumentarse, pero en ningún caso debe exceder 400% de la corriente eléctrica del motor a plena carga.

b. La capacidad nominal de un fusible con retardo de tiempo (doble elemento) puede ser aumentada, pero en ningún caso debe exceder de 225% de la corriente eléctrica a plena carga.

c. El ajuste de un interruptor automático de tiempo inverso puede aumentarse, pero en ningún caso debe excederse (1) 400% de la corriente eléctrica a plena carga del motor de 100 A o menos o (2) 300% para corriente eléctrica a plena carga de 100 A o mayor.

d. La capacidad nominal de un fusible clasificado entre 601 A a 6 000 A puede ser aumentada, pero en ningún caso debe exceder el 300% de la corriente eléctrica del motor a plena carga.

NOTA: Véase 240-6 para capacidades nominales de fusibles o interruptores automáticos.

2) Cuando la capacidad nominal del dispositivo de protección de un circuito derivado contra cortocircuitos y fallas a tierra esté indicada en una tabla de protecciones contra sobrecarga de un fabricante, para ser usada con un controlador de motor o esté marcada en el equipo, estos valores de capacidad no deben ser excedidos, aun cuando sean permitidos mayores valores en las disposiciones anteriores.

3) Sólo se permite utilizar un interruptor automático de disparo instantáneo si es ajustable y forma parte de una combinación aprobada y listada de motor y controlador con protección coordinada del motor contra sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra en cada conductor, y si el valor de disparo se ajusta para que no supere lo especificado en la Tabla 430-152. Se permite un protector del motor contra cortocircuitos en lugar de los dispositivos de la Tabla 430-152, si ese protector forma parte de una combinación aprobada y listada de motor y controlador con protección coordinada del motor contra sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra en cada conductor que abra el circuito cuando la corriente eléctrica supere 1 300% de la nominal a plena carga.

NOTA: Para los fines de este Artículo, los interruptores automáticos de disparo instantáneo pueden incorporar un medio para permitir la corriente transitoria del motor, para evitar los inconvenientes del disparo del interruptor automático.

Excepción 1: Cuando el valor especificado en la Tabla 430-152 no sea suficiente para la corriente eléctrica de arranque del motor, se permite aumentar el valor de disparo instantáneo del interruptor automático pero sin que en ningún caso supere 1 300% de la corriente eléctrica del motor a plena carga para motores distintos de los del diseño E, ni 1 700% para los motores para diseño E. Se permite que el valor de disparo de los interruptores automáticos sea superior a 800% para motores distintos de los de diseño E y superior a 1 100% para los motores diseño E, cuando esos valores sean necesarios según se demuestre con una evaluación de ingeniería. En tales casos no será necesario aplicar primeramente la restricción de disparo a 800% o a 1 100%.

Excepción 2: Cuando la intensidad del motor a plena carga sea de 8 A o menos se permite aumentar hasta el valor marcado en el controlador el valor de disparo instantáneo del interruptor automático con una capacidad nominal continua de 15 A o menos en una combinación aprobada y listada del motor y del controlador que ofrezca protección coordinada del circuito derivado del motor contra sobrecargas y cortocircuitos y fallas a tierra.

4) En motores de varias velocidades se permite instalar un solo dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra para dos o más de los devanados del motor, siempre que el valor nominal del dispositivo de protección no supere los por cientos anteriores sobre la capacidad nominal del devanado protegido más pequeño, según la placa de datos.

Excepción: En un motor de varias velocidades se permite utilizar un solo dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra, de valor nominal según la capacidad a plena carga del devanado de mayor intensidad, si cada devanado está equipado con protección individual contra sobrecargas de valor nominal de acuerdo con la capacidad a plena carga y si los conductores del circuito derivado que suministran energía a cada devanado, son de una intensidad nominal acorde con la capacidad a plena carga del devanado de mayor capacidad a plena carga.

5) En los sistemas de controladores de motores de estado sólido electrónicos, se permite utilizar fusibles adecuados en lugar de los dispositivos de la Tabla 430-152, siempre que al lado de los fusibles se marque claramente el valor nominal de los fusibles de repuesto.

d) Motores de alto par. Los circuitos para los motores de alto par deben protegerse a la capacidad nominal que aparezca en la placa de datos del motor, según lo indicado en 240-3(b).

430-53. Varios motores o cargas en un circuito derivado. Dos o más motores o uno o más motores y otras cargas, puedan conectarse al mismo circuito en las condiciones indicadas a continuación:

a) No mayor que 746 W (1 CP). Varios motores cuya potencia individual no exceda de 746 W (1 CP) podrán conectarse a un circuito derivado de 120 V o 127 V nominales, protegido a no más de 20 A o un circuito derivado de 600 V nominales o menos, protegido a no más de 15 A, si se cumplen las condiciones siguientes:

1) El valor nominal de la corriente eléctrica a plena carga de cada motor no exceda de 6 A.

2) No se exceda el valor nominal del dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra marcada en cualquiera de los controladores.

3) La protección individual contra sobrecarga de los motores esté conforme con lo establecido en 430-32.

b) Si se protege al motor más pequeño. Si el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla de tierra del circuito derivado se ha seleccionado para que no sea mayor de lo permitido en 430-52 para el motor de menor potencia, se permite conectar dos o más motores o uno o varios motores y otras cargas, siempre que cada motor tenga su protección individual contra sobrecarga y siempre que se determine que dicho dispositivo protector del circuito derivado no debe abrir en las condiciones de trabajo normales más severas que puedan ocurrir.

c) Otras instalaciones en grupo. Se permite conectar a un circuito derivado dos o más motores de cualquier capacidad nominal o uno o más motores y otra(s) carga(s), cuando cada motor que tenga protección individual contra sobrecarga, cuando el controlador del motor y el(los) dispositivo(s) de sobrecarga:

(1) estén instalados como un conjunto de fábrica aprobado y el dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra del circuito derivado del motor sea parte del conjunto o esté marcado en el conjunto;

(2) el dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra del circuito derivado del motor, el(los) controlador(es) del motor y el o los dispositivos de sobrecarga sean instalados en campo como conjuntos separados, aprobados para tal uso y provistos de las instrucciones del fabricante para usarse entre sí y

(3) cuando todas las condiciones siguientes se cumplan:

1) El dispositivo de protección contra sobrecarga de cada motor está aprobado para instalación en grupo con una capacidad nominal máxima especificada para el fusible, interruptor automático de tiempo inverso o ambos.

2) Cada control del motor está aprobado para instalación en grupo, con una capacidad nominal máxima especificada para el fusible, interruptor automático de tiempo inverso o ambos.

3) Cada interruptor automático es de tipo de tiempo inverso y está aprobado para ser instalado en grupo.

4) El circuito derivado debe estar protegido por fusibles o interruptores automáticos de tiempo inverso que tengan una capacidad no mayor que la especificada en 430-52, para el mayor motor conectado al circuito derivado, más una cantidad igual que la suma de las corrientes de plena carga de los demás motores y las capacidades nominales de otras cargas conectadas al circuito. Cuando este cálculo dé por resultado una capacidad nominal menor que la capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación, la

capacidad del fusible o de los interruptores automáticos puede aumentarse hasta un valor que no sea mayor que el permitido por 240-3(b)

5) Los fusibles del circuito derivado o interruptores automáticos de tiempo inverso no deben ser mayores que lo permitido en 430-40 para el relevador de sobrecarga que protege al motor de menor potencia del grupo.

NOTA: Véase 110-10, impedancia del circuito y otras características.

d) Derivación para un solo motor. Para las instalaciones en grupo descritas anteriormente, los conductores de cualquier derivación que alimenten a un solo motor no necesitan tener un dispositivo individual de protección contra cortocircuito y falla a tierra, siempre que cumplan con cualquiera de las condiciones siguientes:

(1) ningún conductor que alimente al motor debe tener una capacidad de conducción de corriente menor que la capacidad de los conductores del circuito derivado;

(2) ningún conductor que alimente al motor debe tener una capacidad de conducción menor que un tercio de la de los conductores del circuito derivado, teniendo como límite mínimo lo indicado en la Sección 430-22, y siempre que los conductores que van al dispositivo de protección contra sobrecarga del motor no tengan más de 7,5 m de longitud y estén protegidos contra daño físico.

430-54. Equipo con varios motores y cargas combinadas. El valor nominal del dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra del circuito derivado para equipo con varios motores y cargas combinadas, no debe exceder el valor indicado en el equipo de acuerdo con los requisitos establecidos en 430-7(d).

430-55. Protección combinada contra sobrecorriente. La protección contra cortocircuitos y fallas a tierra de un circuito derivado de motor y la protección contra sobrecarga del motor pueden combinarse en un solo dispositivo de protección, cuando la capacidad o ajuste del dispositivo proporcione la protección contra sobrecarga especificada en 430-32.

430-56. Conductores en los que se deben instalar dispositivos de protección del circuito derivado. Los dispositivos de protección de circuitos derivados deben cumplir con los requisitos indicados en 240-20.

430-57. Tamaño de los portafusibles. Cuando se emplea fusibles para la protección contra cortocircuitos y fallas a tierra de un circuito derivado de un motor, los portafusibles deben tener un tamaño no menor que necesario para instalar los fusibles especificados en la Tabla 430-152.

Excepción: Cuando se usen fusibles con retardo de tiempo adecuado para características de arranque del motor, se permite emplear portafusibles de menor tamaño que los especificados en la Tabla 430-152.

430-58. Capacidad nominal de los interruptores automáticos. Los interruptores automáticos destinados a la protección contra cortocircuitos y fallas a tierra de los circuitos derivados de motores deben tener una capacidad de corriente nominal de acuerdo con lo indicado en 430-52 y 430-110.

E. Protección de alimentadores de motores contra cortocircuito y fallas a tierra

430-61. Disposiciones generales. Las disposiciones de la Parte E especifican los dispositivos destinados a la protección de los conductores de los alimentadores de motores contra sobrecorriente, debida a cortocircuito y falla a tierra.

430-62. Capacidad o ajuste (carga de motores)

a) Carga específica. Un circuito alimentador que suministra energía a una carga fija y específica de motores cuyos conductores tienen tamaño nominal basado en 430-24, debe estar provisto de un dispositivo de protección de valor nominal o ajuste no mayor que la capacidad o ajuste del mayor de los dispositivos de protección de circuitos derivados contra cortocircuito y falla a tierra de cualquiera de los motores del grupo, más la suma de las corrientes a plena carga de los otros motores del grupo (selección basada en la Tabla 430-152 o en 440-22(a) para compresores de motores herméticos refrigerantes). Si dos o más circuitos derivados del grupo poseen dispositivos contra cortocircuitos y fallas a tierra de igual capacidad o ajuste, se considera a uno solo de ellos como el mayor para los cálculos anteriores.

Excepción: Cuando uno o más interruptores automáticos de disparo instantáneo o protectores del motor contra cortocircuito se usen para protección del circuito derivado del motor contra cortocircuito y falla a tierra, según se permite en 430-52(a), el procedimiento descrito anteriormente para determinar el máximo ajuste del dispositivo en el alimentador, se debe aplicar de acuerdo con la condición siguiente: para propósitos de cálculo, cada interruptor automático de disparo instantáneo o cada protector de circuito derivado contra cortocircuito o falla a tierra se presume que tiene una capacidad nominal que no excede el valor en por ciento permitido en la Tabla 430-152 para el tipo de dispositivo de protección del alimentador utilizado.

b) Otras instalaciones. Para las instalaciones que incluyan alimentadores de mayor capacidad de conducción de corriente, el valor nominal o ajuste de los dispositivos de protección contra sobrecorriente del alimentador puede basarse en la capacidad de conducción de corriente de sus conductores.

430-63. Capacidad o ajuste-Cargas de fuerza y alumbrado. Cuando un alimentador suministra energía a cargas de motores y además a cargas de alumbrado, o de alumbrado y artefactos, el dispositivo de protección del alimentador puede tener una capacidad o ajuste suficientes para soportar las cargas de alumbrado o de alumbrado y artefactos, determinada de acuerdo con lo indicado en los Artículos 210 y 220, más, para el caso de un solo motor, la capacidad permitida en 430-52 y para dos o más motores, la capacidad permitida en 430-62.

F. Circuitos de control de motores

430-71. Disposiciones generales. La Parte F contiene modificaciones a los requisitos generales y se aplica a las condiciones particulares de los circuitos de control de motores.

NOTA: Véase 430-9(b) para requisitos en terminales de equipo.

Definición de circuito de control de motor: El circuito de control de un aparato eléctrico o sistema de control es el circuito que transporta las señales eléctricas que gobiernan el funcionamiento del controlador, pero no transporta la corriente eléctrica del circuito principal de energía.

430-72. Protección contra sobrecorriente

a) Disposiciones generales. Un circuito de control de motor, derivado del lado de carga de un dispositivo o dispositivos de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra de un circuito de motor y que controle al motor o motores conectados al circuito debe estar protegido contra sobrecorriente de acuerdo con lo establecido en 430-72. Dicho circuito de control no es considerado como un circuito derivado y se permite su protección, ya sea por un dispositivo o dispositivos suplementarios o por dispositivos de protección contra sobrecorriente de circuitos derivados.

b) Protección de conductores. La protección de sobrecorriente para los conductores no debe exceder los valores especificados en la Columna A de la Tabla 430-72(b).

Excepción 1: Los conductores que no se extiendan fuera de la envolvente del equipo de control del motor requieren protección sólo contra cortocircuitos y fallas a tierra y pueden protegerse por el o los dispositivos protectores contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado del motor cuando la capacidad del dispositivo o los dispositivos protectores no sea mayor que el valor especificado en la Columna B de la Tabla 430-72(b).

Excepción 2: Los conductores que se extiendan fuera de la envolvente del equipo de controlador del motor requieren sólo protección contra cortocircuito y falla a tierra y pueden protegerse por el o los dispositivos protectores contra cortocircuitos y fallas a tierra del circuito derivado del motor, cuando la capacidad del dispositivo o los dispositivos protectores no sea mayor que el valor especificado en la Columna C de la Tabla 430-72(b).

Excepción 3: Los conductores en el lado secundario de un transformador monofásico que tenga sólo dos cables en el secundario deben ser considerados como protegidos contra sobrecorriente provista en el lado primario (de suministro) del transformador, siempre y cuando esta protección no exceda el valor determinado al multiplicar el valor máximo apropiado del dispositivo de sobrecorriente para el conductor secundario de la Tabla 430-72(b), por la relación de transformación. Los conductores secundarios del transformador (que no sean de dos hilos) no se consideran protegidos por la protección de sobrecorriente del primario.

Excepción 4: Los conductores de un circuito de control sólo requieren protección contra cortocircuito y falla a tierra y se permite que queden protegidos solamente por la protección del circuito derivado del motor cuando la apertura del circuito de control pudiera crear un riesgo, como por ejemplo el circuito de control de los motores de las bombas de incendio y similares.

TABLA 430-72 (b).- Máximo ajuste de los dispositivos de protección por sobrecorriente en amperes (A)

Conductor del circuito de control		Columna A Regla básica		Columna B Excepción 1		Columna C Excepción 2	
mm ²	AWG	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
0,824	18	7	---	25	---	7	---
1,31	16	10	---	40	---	10	---

2,08	14	nota 1	---	100	---	45	---
3,31	12	nota 1	---	120	---	60	---
5,26	10	nota 1	---	160	---	90	---
mayor que 5,26	mayor que 10	nota 1	nota 1	nota 2	nota 2	nota 3	nota 3
NOTAS							
1.- Valores especificados en 310-15, según sea aplicable.							
2.- 400% del valor especificado en la Tabla 310-17 para conductores de 60°C.							
3.- 300% del valor especificado en la Tabla 310-16 para conductores de 60°C.							

c) Transformadores de los circuitos de control. Cuando se provee un transformador en el circuito de control, el transformador debe estar protegido de acuerdo con lo indicado en el Artículo 450.

Excepción 1: Cuando los transformadores del circuito de control con capacidad menor que 50 VA sean parte integral del controlador del motor y estén localizados dentro del envoltorio del controlador del motor.

Excepción 2: Cuando la corriente primaria del transformador del circuito de control sea menor que 2 A, se permite un dispositivo de sobrecorriente en el circuito primario, con rango o ajuste a no más de 500% de la corriente primaria.

Excepción 3: Cuando el transformador alimenta a un circuito Clase 1 de energía limitada (véase 725-11 (a), circuitos de control remoto, Clase 2 o Clase 3, en conformidad con los requisitos del Artículo 725. Véase el Artículo 725, Parte C.

Excepción 4: Cuando la protección es proporcionada por otros medios aprobados.

Excepción 5: La protección contra sobrecorriente se omite cuando la apertura del circuito de control pudiera crear un riesgo, como por ejemplo, el circuito de control de los motores de las bombas de incendio y similares.

430-73. Protección mecánica del conductor. Si el daño a un circuito de control de motor pudiera provocar un peligro, todos los conductores de dicho circuito de control remoto del motor que estén fuera del dispositivo de control, deben instalarse en una canalización o estar protegidos de alguna otra manera adecuada contra daño físico.

Quando el conductor de un lado del circuito de control de motor esté puesto a tierra, el circuito de control remoto del motor debe disponerse de manera tal que si se produce un contacto accidental a tierra en los dispositivos de control remoto:

- (1) no arranque el motor y
- (2) no elimine la operación de los dispositivos manuales de disparo o los dispositivos automáticos de paro de seguridad.

430-74. Desconexión

a) Disposiciones generales. Los circuitos de control de motor deben disponerse de forma que sean desconectados de todas las fuentes de suministro cuando los medios de desconexión estén en la posición de abierto. Los medios de desconexión pueden estar constituidos por dos o más dispositivos separados, uno de los cuales desconecta al motor y al control de la fuente de suministro del motor y los otros al circuito o a los circuitos de control de motor de su(s) fuente(s) de suministro. Cuando se utilicen dos dispositivos separados deben instalarse uno junto al otro.

Excepción 1: Cuando sea necesario desconectar más de doce conductores del circuito de control de motor, se permite que los dispositivos de desconexión no se ubiquen uno junto al otro, siempre y cuando se cumplan todas las siguientes condiciones:

a. Se limite el acceso a las partes vivas solamente a personas calificadas, de acuerdo con lo indicado en la Parte K de esta Sección.

b. Se coloque permanentemente un rótulo de advertencia en la parte de la envoltorio o tapa de cada equipo que permita el acceso a las partes activas de los circuitos de control del motor, alertando que los dispositivos de desconexión de los circuitos de control de motor estén ubicados en zonas alejadas al equipo y especificando la localización e identificación de cada conexión. Si las partes vivas no están dentro de la envoltorio de un equipo tal como se permite en 430-132 y 430-133, debe ubicarse uno o varios rótulos de

advertencia adicionales en un sitio visible, para las personas que pudieran estar trabajando en el área de las partes energizadas.

Excepción 2: Si la apertura de uno o más de los dispositivos de desconexión de los circuitos de control del motor pudiese originar condiciones potencialmente inseguras tanto para el personal como para las propiedades, y se cumplen las condiciones (a) y (b) de la Excepción 1, arriba mencionados.

b) Transformador de control en envoltentes de control. Cuando se utiliza un transformador u otro dispositivo para obtener una tensión eléctrica reducida para el circuito de control de motor y se localiza en la envoltente del controlador, dicho transformador o dispositivo deberá conectarse al lado de la carga de los dispositivos de desconexión del circuito de control del motor.

G. Controladores de motores

430-81. Disposiciones generales. Las disposiciones de la Parte G especifican los controladores adecuados para todos los motores.

a) Definición. Para la definición de "controlador", véase el Artículo 100. Para propósitos de este Artículo, un "controlador" es cualquier desconectador o dispositivo normalmente utilizado para arrancar y parar un motor, cerrando o abriendo el circuito del motor.

b) Motores estacionarios no mayores a 93,0 W (1/8 CP). El dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado puede servir como controlador para motores estacionarios no mayores a 93,0 W (1/8 CP) que normalmente se dejan funcionando y están contruidos de forma que no puedan ser dañados ni por sobrecarga, ni por falla en el arranque, como por ejemplo, motores de relojes y similares.

c) Motores portátiles no mayores a 249 W (1/3 CP). Para un motor portátil no mayor que 249 W (1/3 CP), el controlador puede ser un receptáculo y su clavija.

430-82. Diseño del controlador

a) Arranque y paro. Todo controlador debe ser capaz de arrancar y parar al motor que controla, y ser capaz de interrumpir la corriente eléctrica de rotor bloqueado del motor.

b) Autotransformador. Un controlador de autotransformador debe tener una posición de "abierto", una posición de marcha y, por lo menos, una posición de arranque. Este debe diseñarse de manera que no pueda quedar en la posición de arranque o en cualquier otra posición que pueda dejar inoperante el dispositivo de protección contra sobrecorriente en el circuito.

c) Reóstatos. Los reóstatos de arranque deben cumplir con lo siguiente:

1) Los reóstatos de arranque de motores deben estar diseñados de manera que el brazo de contacto no pueda quedar sobre segmentos intermedios. El punto o placa sobre la cual queda el brazo en la posición de arranque, no debe tener conexión eléctrica con la resistencia.

2) Los reóstatos de arranque de los motores de corriente continua que funcionan con suministro de tensión eléctrica constante, deben estar equipados con dispositivos automáticos que interrumpan el suministro, antes de que la velocidad del motor haya disminuido a menos de la tercera parte de su valor nominal.

430-83. Capacidades nominales

a) Capacidades nominales en kW (CP) a la tensión eléctrica de suministro. El controlador debe tener una capacidad nominal en kW o CP a la tensión eléctrica de suministro que no debe ser menor que la del motor.

Excepción 1: Un controlador para un motor Diseño E de más de 1,50 kW (2 CP) nominales, debe cumplir además una de las dos condiciones siguientes:

a. Estar marcado y aprobado para usarse con un motor Diseño E.

b. Tener una potencia nominal en kW o CP no menor que 1,4 veces la potencia nominal de un motor con capacidad de 2,25 kW a 74,60 kW (3 CP a 100 CP) nominales, o no menor que 1,3 veces la potencia nominal de un motor con capacidad de más de 74,60 kW (100 CP) nominales.

Excepción 2: Se permite que, para un motor estacionario de 1,50 kW (2 CP) nominales o menos y 300 V o menos, el controlador sea un desconectador de uso general de una capacidad nominal no inferior al doble de la capacidad nominal del motor a plena carga.

En los circuitos de c.a. se permite utilizar desconectadores de uso general de acción rápida y uso general que sean adecuados sólo para uso en circuitos de c.a. (no desconectadores de uso general de c.a.-c.c.) como controladores de motores de 1,50 kW (2 CP) nominales o menos y 300 V nominales o menos, cuya capacidad nominal a plena carga no sea superior a 80% de la capacidad nominal del desconectador.

Excepción 3: Se permite como controlador a un interruptor automático de tiempo inverso. Cuando ese interruptor automático se use también para protección contra sobrecargas, debe cumplir las disposiciones de este Artículo en lo que se refiere a protección contra sobrecargas.

Excepción 4: El controlador de un motor de alto par debe tener una capacidad nominal en servicio continuo y a plena carga no inferior a la capacidad nominal del motor que conste en su placa de características. Para un controlador clasificado en kW o CP pero no marcado con la anterior capacidad nominal, su capacidad nominal equivalente se deberá determinar a partir de su clasificación en kW o CP, de acuerdo con lo indicado en las Tablas 430-147, 430-148, 430-149 o 430-150.

Excepción 5: No es necesario que los dispositivos, que según 430-81(b) y (c) sirvan como controladores, estén clasificados en kW o en CP.

b) Tensión eléctrica nominal. Un controlador con tensión eléctrica como por ejemplo 240 V o 480 V puede instalarse en un circuito en el cual la tensión eléctrica nominal entre dos conductores no exceda la capacidad de tensión eléctrica del controlador. Un controlador con tensión eléctrica señalada con una diagonal, por ejemplo 120/240 V o 480/277 V, sólo debe utilizarse en circuitos en los cuales la tensión eléctrica nominal a tierra de cualquier conductor no exceda la tensión eléctrica nominal menor del controlador y la tensión eléctrica nominal entre dos conductores no exceda el valor nominal mayor del controlador.

430-84. No es necesario interrumpir todos los conductores. No se requiere que el controlador interrumpa todos los conductores del motor.

Excepción: Cuando el controlador funcione también como dispositivo de desconexión, debe interrumpir todos los conductores de fase del motor de acuerdo con lo previsto en 430-111.

430-85. En conductores puestos a tierra. Un polo del controlador puede interrumpir un conductor puesto permanente a tierra siempre que el controlador esté diseñado de manera que el polo en el conductor puesto a tierra no pueda abrirse sin interrumpir simultáneamente todos los conductores del circuito.

430-87. Número de motores alimentados por cada controlador. Cada motor debe estar provisto de un controlador individual.

Excepción: Puede preverse un solo controlador para un grupo de motores, hasta 600 V de capacidad nominal no menor que la suma de los valores nominales de los motores en grupo, de acuerdo con lo indicado en cualquiera de las condiciones siguientes:

a. Cuando varios motores accionen varias partes de una misma máquina o partes de un aparato eléctrico, tales como máquinas para trabajar madera y metales, grúas, elevadores y aparatos similares.

b. Cuando un grupo de motores esté protegido por un dispositivo de sobrecorriente, tal como se permite en 430-53 (a).

c. Cuando un grupo de motores esté instalado en el mismo local y todos a la vista desde el controlador.

430-88. Motores de velocidad ajustable. Los motores de velocidad ajustable controlados por medio de un regulador de campo, deben equiparse y conectarse de manera que no puedan arrancar con campo reducido.

Excepción: Cuando están diseñados para arrancar de esa forma.

430-89. Limitación de velocidad. Las máquinas de los tipos indicados a continuación deben estar provistas de dispositivos u otros medios limitadores de velocidad.

a) Motores de corriente continua excitados separadamente.

b) Motores tipo serie.

c) Grupos motor-generador y convertidores. Los grupos motor-generador y convertidores que puedan ser accionados a velocidad excesiva del lado de la corriente continua, ya sea por invertirse el sentido de la corriente eléctrica o por disminución de carga.

Excepción 1: Cuando las características inherentes a las máquinas, el sistema o la carga y la conexión mecánica a ella sean tales que limiten la velocidad de forma segura.

Excepción 2: Cuando la máquina esté siempre bajo el control manual de personal calificado.

430-90. Combinación de desconectador y portafusible como controlador. La capacidad de una combinación de desconectador y portafusible que se use como controlador, debe ser tal que el portafusible admita el tamaño del fusible adecuado como se especifica en la Parte C de este Artículo, para la protección contra sobrecarga del motor.

Excepción: Cuando los fusibles sean de retardo de tiempo adecuado para las características de arranque del motor, se permite usar portafusibles de menor tamaño que los especificados en la Parte C de esta Sección.

430-91. Tipo de envoltente para controladores, desconectadores y dispositivos de protección contra cortocircuito de motores. Las tablas 430-91 proporcionan los datos para seleccionar el tipo de envoltente a emplear en áreas no peligrosas, de acuerdo con la clasificación norteamericana.

La Tabla 430-91(a) proporcionan los datos para seleccionar el tipo de envoltente a emplear en áreas no peligrosas, de acuerdo con la clasificación internacional (IEC).

Las envoltentes no son para protección contra condensación, congelamiento, corrosión o contaminación, que pueda ocurrir en su interior ya sea por orificios no sellados o por tubo (conduit). Estas condiciones interiores del envoltente requieren una especial consideración del instalador y del usuario.

TABLA 430-91.- Selección de envoltentes para controladores de motores
(Clasificación norteamericana)

USO EXTERIOR							
Protección contra las siguientes condiciones ambientales	Tipo de envoltente**						
	3	3R	3S	4	4X	6	6P
Contacto incidental con el gabinete	X	X	X	X	X	X	X
Lluvia, nieve, granizo	X	X	X	X	X	X	X
Granizo*			X				
Polvo en suspensión en el aire	X		X	X	X	X	X
Escurrimiento en las canalizaciones				X	X	X	X
Agentes corrosivos					X		X
Inmersión temporal						X	X
Inmersión prolongada							X

*El mecanismo debe ser operable cuando está cubierto de hielo

USO INTERIOR										
Protección contra las siguientes condiciones ambientales	Tipo de envoltente**									
	1	2	4	4x	5	6	6P	12	12k	13
Contacto incidental con el gabinete	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Acumulación de suciedad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Caída de líquidos y goteo ligero		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Polvo circulante, pelusa, fibras.			X	X	X	X	X	X	X	X
Depósito de polvo, pelusas y fibras			X	X	X	X	X	X	X	X
Escurrimiento y salpicaduras de agua			X	X		X	X			
Filtración aceite y líquido refrigerante								X	X	X
Salpicaduras de aceite y refrigerante										X
Agentes corrosivos				X			X			
Inmersión temporal						X	X			

Inmersión prolongada							X			
----------------------	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--

** El tipo de envoltente debe estar marcado en la cubierta del controlador del motor

TABLA 430-91(a).- Selección de envoltentes para controladores de motores

(Clasificación IEC)

Elemento	Números o letras	Significado para protección del equipo	Significado para protección de personas
Letras del código	IP**	---	---
Primer número característico	0 1 2 3 4 5 6	Contra el ingreso de objetos extraños sólidos (No protegido) ≥ 50 mm de diámetro ≥ 12,5 mm de diámetro ≥ 2,5 mm de diámetro ≥ 1,0 mm de diámetro Protegido contra el polvo Hermético al polvo	Contra el acceso a partes peligrosas con (No protegido) Dorso de la mano Dedo Herramienta Alambre Alambre Alambre
Segundo número característico	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Contra el ingreso de agua con efectos perjudiciales (No protegido) Goteo vertical Goteo (15° de inclinación) Rocío Salpicado Chorro Chorro fuerte Inmersión temporal Inmersión continua	---
Letra adicional (opcional)	A B C D	---	Contra el acceso a partes peligrosas con: Dorso de la mano Dedo Herramienta Alambre
Letra suplementaria (opcional)	H M S W	Información específica suplementaria: Aparatos de alta tensión Movimiento durante la prueba de agua Fijo durante la prueba de agua Condiciones climáticas	---

** El tipo de envoltente debe estar marcado en la cubierta del controlador del motor

Nota: Ver en el Apéndice D la definición de las clasificaciones norteamericana e Internacional (IEC).

H. Centros de control de motores (CCM)

430-92. Disposiciones generales. La Parte H se refiere a los centros de control de motores (CCM) instalados para controlar motores, sistemas de alumbrado y alimentadores a otros dispositivos eléctricos.

Un CCM es un ensamble de una o más secciones de gabinetes que cuentan con una barra común de alimentación y que están formados principalmente por unidades o secciones de controladores de motores.

430-94. Protección contra sobrecorriente. Los CCM deben contar con una protección de sobrecorriente de acuerdo con lo indicado en el Artículo 240, basado como máximo, en la capacidad total de las barras comunes de alimentación a todas las secciones. Esta protección se debe proveer ya sea por:

- (1) un dispositivo de protección localizado fuera del CCM en el punto de suministro o
- (2) un dispositivo de protección contra sobrecorriente localizado dentro del CCM, o bien;

(3) ambos casos (1) y (2), los conductores del circuito alimentador deben cumplir con 240-3(b) o 240-3(c) según la capacidad.

430-95. Equipo en la acometida. Cuando se use como equipo de acometida, cada CCM debe estar provisto de un medio de desconexión principal para desconectar simultáneamente todos los conductores de fase.

Excepción: Un segundo dispositivo desconectador podrá instalarse para alimentar al equipo adicional.

Cuando se use un conductor puesto a tierra el CCM debe llevar instalado un puente de unión principal dimensionado de acuerdo con lo indicado en la 250-79 (d), dentro de una de las secciones, para conectar los conductores puestos a tierra en el lado de suministro, con la barra de puesta a tierra del CCM.

430-96. Puesta a tierra. Los CCM de varias secciones deben ser puenteados uno con otro por un conductor de puesta a tierra del equipo o mediante una barra de puesta a tierra cuyas dimensiones deben ser las establecidas en la Tabla 250-95. Todas las terminales de puesta a tierra del equipo deben conectarse en la barra de puesta a tierra, que debe estar instalada a todo lo largo de las secciones o a una terminal de tierra en un punto situado en una sección de las que conforman el CCM.

430-97. Barras principales y conductores

a) Soportes y arreglo. Las barras conductoras deben protegerse contra daño físico y mecánico mediante un sistema de sujeción firme, distintos de los requeridos para interconexiones y cables de control. Sólo aquellos conductores que son instalados para terminar en una sección vertical deben estar localizados en esa sección del CCM.

Excepción: Los conductores pueden instalarse a lo largo del CCM y en sus secciones verticales cuando estos conductores se coloquen con barreras de aislamiento que lo separen de las barras conductoras.

b) Arreglo de las fases. En un sistema de tres hilos el arreglo de las fases debe ser A, B, C, visto del frente hacia atrás, de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha.

Excepción: Se permite un arreglo de fases de C, B, A, en los CCM de doble frente (montaje frontal y posterior), pero debe identificarse y marcarse adecuadamente este arreglo en el gabinete.

c) Espacios mínimos para cableados. El espacio mínimo en las terminales del CCM debe estar de acuerdo con lo indicado en el Artículo 373.

d) Espaciamento. La distancia entre las barras espaciadores del CCM y sus partes metálicas no debe ser menor que las distancias indicadas en la tabla 430-97.

e) Barreras. En las alimentaciones a los CCM se deben colocar barreras que aislen las barras de servicio y sus terminales de los demás elementos del CCM.

TABLA 430-97.- Distancias mínimas entre barras y partes metálicas

Tensión involucrada V	Entre partes vivas de polaridad opuesta		Entre partes vivas y partes metálicas de puesta a tierra a través del aire y sobre la superficie mm
	Sobre la superficie mm	A través del aire mm	
No mayor que 127	19	12	12
No mayor que 250	31	19	12
No mayor que 600	51	25	25

430-98. Marcado

a) CCM. Los CCM deben estar marcados de acuerdo con lo señalado en 110-21. Dicho marcado debe ser plenamente visible después de la instalación, y debe incluir el valor de la capacidad de las barras conductoras y el valor de la corriente de cortocircuito para lo que fue diseñado. Véase 110-2.

b) Unidades de control de motores. Cada controlador instalado en una sección del CCM debe cumplir con lo indicado en 430-8.

I. Medios de desconexión

430-101. Generalidades. Las disposiciones de la Parte I establecen requerimientos para los medios de desconexión de motores y controladores de los circuitos que los alimentan.

NOTA 1: Véase Diagrama 430-1.

NOTA 2: Véase 110-22 para identificación de los medios de desconexión.

430-102. Localización

a) Controlador. Se debe instalar un medio de desconexión a la vista desde la posición del controlador.

Excepción 1: Para circuitos de motores de más de 600 V nominales, el medio de desconexión del controlador puede ser instalado fuera de la vista de éste, siempre y cuando esté marcado con una leyenda de advertencia que indique la ubicación e identificación del medio de desconexión a ser bloqueado en la posición de abierto.

Excepción 2: Puede instalarse un medio de desconexión individual al lado de un grupo de controladores coordinados, de una máquina de proceso continuo con varios motores.

b) Motor. Se debe instalar un medio de desconexión a la vista desde la ubicación del motor y de la máquina que maneja.

Excepción: Cuando sea posible que el medio de desconexión indicado en 430-102 (a) sea bloqueado individualmente en la posición de abierto.

430-103. Operación. Los medios de desconexión deben abrir todos los conductores aislados de alimentación y no deben permitir que una fase o polo pueda ser operado en forma independiente. Los medios de desconexión pueden estar en la misma envolvente del controlador.

NOTA: Véase 430-113 para equipo que recibe energía de más de una fuente.

430-104. Indicadores de posición. Los medios de desconexión deben tener claramente indicado si están en la posición de "abierto" o "cerrado".

430-105. Conductor puesto a tierra. Uno de los polos de un medio de desconexión puede desconectar el conductor puesto a tierra, siempre que este polo puesto a tierra no pueda abrirse sin desconectar simultáneamente todos los conductores del circuito.

430-107. Fácilmente accesible. Uno de los medios de desconexión debe estar fácilmente accesible.

430-108. Cada desconectador. Cada medio de desconexión en el circuito derivado de un motor entre el punto de unión al alimentador y el punto de conexión al motor, debe cumplir con las especificaciones indicadas en 430-109 y 430-110.

430-109. Tipos de medios de desconexión. Los medios de desconexión deben ser uno de los siguientes tipos: un desconectador de navajas con capacidad nominal en kW o en CP, un interruptor automático abierto o en caja, con o sin protección térmica y magnética. Los medios de desconexión deben estar aprobados.

Excepción 1: Un desconectador de circuitos de motores para motores Diseño E de más de 1,50 kW (2 CP) nominales, debe cumplir además uno de los dos requisitos siguientes:

a. Debe estar marcado como adecuado para usarse con un motor Diseño E.

b. Debe tener una capacidad nominal en kW o CP no inferior a 1,4 veces la capacidad nominal de un motor de 2,25 kW a 74,6 kW (3 CP a 100 CP) nominales o no inferior a 1,3 veces la capacidad nominal de un motor de más de 74,6 kW (100 CP) nominales.

Excepción 2: Para motores estacionarios de 93,0 W (1/8 CP) o menos, el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado que lo alimenta, puede servir como medio de desconexión.

Excepción 3: Para los motores estacionarios de 1,50 kW (2 CP) o menos y 300 V o menos, el medio de desconexión puede ser un desconectador de uso general que tenga una capacidad nominal no menor que dos veces la corriente eléctrica nominal a plena carga del motor. En circuitos de corriente alterna pueden tenerse desconectadores de uso general de acción rápida (que no sean también para corriente continua), para desconectar un motor de 1,50 kW (2 CP) o menos y de 300 V o menos, con una corriente eléctrica nominal a plena carga que no exceda de 80% de la capacidad nominal del desconectador.

Excepción 4: Para motores de más de 1,50 kW (2 CP) y hasta 74,6 kW (100 CP) inclusive, el medio de desconexión separado requerido para un motor con control del tipo autotransformador puede ser un desconectador de uso general cuando se cumplan todas las disposiciones indicadas a continuación:

a. El motor acciona un generador que está provisto de protección contra sobrecarga.

b. El control: (1) es capaz de interrumpir la corriente eléctrica de rotor bloqueado del motor, (2) está provisto de un relevador por falla de tensión eléctrica, y (3) está provisto de protección contra sobrecarga del motor con ajuste no mayor que 125% de la corriente eléctrica nominal a plena carga del motor.

c. El circuito derivado del motor está provisto de fusibles individuales o de un interruptor automático de tiempo inverso con capacidad o ajuste no mayor que 150% del valor de la corriente eléctrica de plena carga del motor.

Excepción 5: Para motores estacionarios de más de 29,84 kW (40 CP) de c.c o de 74,6 kW (100 CP) o más, de c.a., se puede utilizar como medio de desconexión un desconectador de uso general o un desconectador de aislamiento siempre que tenga la leyenda "No operar con carga".

Excepción 6: Para motores de diseños diferentes al E o de este diseño pero con capacidad de 1,5 kW (2 CP) o menos, se permite que el receptáculo y la clavija se utilicen como medio de desconexión, siempre que tengan una capacidad no menor que la capacidad nominal del motor. En caso de que el motor diseño E sea de capacidad mayor que (2 CP), el receptáculo y la clavija deben tener una capacidad no menor que 1,4 veces la capacidad del motor.

Para un aparato eléctrico no se requiere que el receptáculo y la clavija tengan capacidad marcada en kW (CP) cuando se utilicen y apliquen de acuerdo con la Sección 422-22, en un equipo de aire acondicionado de acuerdo con la Sección 440-63 o para un motor portátil con capacidad de 248,66 W (1/3 CP) o menos.

Excepción 7: Para motores de alto par, el medio de desconexión puede ser un desconectador de uso general.

Excepción 8: Se permite un interruptor automático de disparo instantáneo como medio de desconexión cuando sea parte de una combinación aprobada y listada de motor y controlador.

430-110. Capacidad nominal e interruptiva

a) Generalidades. Los medios de desconexión para circuitos de motores de tensión eléctrica nominal de 600 V o menos, deben tener una capacidad nominal no menor que 115% de la corriente eléctrica a plena carga del motor.

b) Motores de alto par. Los medios de desconexión del circuito de un motor de alto par de arranque deben tener una capacidad nominal, expresada en A, no menor que 115% de la corriente eléctrica a plena carga del motor.

c) Cargas combinadas. Cuando dos o más motores se utilicen juntos o donde uno o más motores sean utilizados en combinación con otras cargas tales como resistencias calentadoras u otras cargas, y cuando la carga combinada pueda estar conectada sobre un solo medio de desconexión, la capacidad nominal en kW o CP y la capacidad de corriente eléctrica de la carga combinada se determina como sigue:

1) La capacidad nominal de los medios de desconexión se determina con base en la suma de todas las corrientes, incluyendo las cargas de resistencias, en la situación de plena carga y también en la de rotor bloqueado. La suma de las corrientes de plena carga y la de rotor bloqueado se consideran como si correspondieran a un motor único para los fines de este requisito, de la manera siguiente:

La corriente eléctrica de plena carga equivalente a la capacidad nominal en kW o CP de cada motor debe seleccionarse de las Tablas 430-148, 430-149 o 430-150. Estas corrientes de plena carga deben sumarse a la corriente eléctrica nominal de las otras cargas, para así obtener la corriente eléctrica equivalente a plena carga de la carga combinada.

La corriente eléctrica de rotor bloqueado equivalente a la capacidad en kW o CP de cada motor debe seleccionarse de la Tabla 430-151 A o 430-151 B.

Las corrientes de rotor bloqueado deben sumarse a la capacidad nominal de las otras cargas, para así obtener la corriente eléctrica equivalente de rotor bloqueado para la carga combinada. Cuando dos o más motores o la combinación de motores y otras cargas no puedan arrancarse simultáneamente, puede usarse la combinación apropiada de corriente eléctrica de plena carga y de rotor bloqueado para determinar la corriente eléctrica equivalente de rotor bloqueado para estas cargas combinadas.

Excepción: Cuando una parte de la carga considerada es resistiva y el medio de desconexión sea un desconectador con capacidad nominal expresada en kW o en CP y A, el desconectador utilizado debe tener una capacidad en kW o CP no menor que la carga combinada del (los) motor(es), si la capacidad en amperes del desconectador no es menor que la suma de la corriente eléctrica de rotor bloqueado del (los) motor(es) más la carga resistiva.

2) La capacidad nominal de los medios de desconexión no debe ser menor que 115% de la suma de todas las corrientes de plena carga determinadas de acuerdo con lo indicado en (d) (1) anterior.

3) Para motores pequeños no considerados en las Tablas 430-147, 430-148 o 430-150, la corriente eléctrica de rotor bloqueado debe considerarse igual que seis veces la corriente eléctrica de plena carga.

430-111. Desconectador o interruptor automático usado como medio de desconexión y como controlador. Un desconectador de seguridad o un interruptor automático que cumpla con las disposiciones de

la Sección 430-83 puede ser utilizado a la vez como medio de desconexión y como controlador, siempre que interrumpa todos los conductores de fase del motor que está protegiendo y que tenga un dispositivo de sobrecorriente (que pueden ser los fusibles del circuito derivado), y que sea uno de los tipos siguientes:

- a) Desconectador en aire accionado manualmente.
- b) Un interruptor automático de tiempo inverso accionable manualmente.
- c) Desconectador en aceite. Un desconectador en aceite usado en un circuito que no exceda de 600 V o 100 A o en un circuito que exceda esta capacidad bajo supervisión de personas calificadas.

El desconectador en aceite mencionado anteriormente puede ser de potencia y de operación manual.

El dispositivo de protección contra sobrecorriente que protege al controlador puede ser parte de éste o bien estar separado.

Un controlador tipo autotransformador debe estar provisto con medios de desconexión separados.

430-112. Motores con un solo medio de desconexión. Cada motor deber estar provisto de un medio de desconexión individual.

Excepción: Un solo medio de desconexión puede servir a un grupo de motores bajo cualquiera de las condiciones siguientes:

- a. Cuando varios motores accionan varias partes de una misma máquina o partes de un aparato eléctrico, tales como máquinas para trabajar madera y metales, grúas y elevadores de carga.
- b. Cuando un grupo de motores esté protegido por un conjunto de dispositivos de protección contra sobrecorriente, tal como se permite en 430-53 (a).
- c. Cuando un grupo de motores esté instalado en el mismo local y todos a la vista desde los medios de desconexión.

430-113. Energía de más de una fuente. Los motores y equipos accionados por motores que reciban energía eléctrica por más de una fuente, deben estar provistos de medios de desconexión en cada una de las fuentes de energía, ubicados inmediatamente adyacente al equipo alimentado. Se permite que cada fuente tenga un medio de desconexión independiente.

Cuando se tengan medios múltiples de desconexión, debe proveerse señalización de advertencia permanente que se localice sobre cada medio de desconexión o adyacente al mismo.

Excepción 1: Si un motor recibe energía eléctrica de más de una fuente, el medio de desconexión para la fuente principal que alimenta el motor no necesariamente tiene que estar adyacente al motor, siempre que el medio de desconexión del control pueda bloquearse en la posición de abierto.

Excepción 2: No se requiere un medio de desconexión separado para circuitos de control remoto Clase 2 de acuerdo con lo indicado en el Artículo 725, que no sea de más de 30 V y que esté aislado y no puesto a tierra.

J. Motores que operan a más de 600 V nominales

430-121. Disposiciones generales. Las disposiciones de esta parte consideran los riesgos adicionales provocados por el uso de una tensión eléctrica más alta; son adicionales o modifican a las demás disposiciones de este Artículo. En el Artículo 710 se establecen otras disposiciones relativas a la operación de equipos de más de 600 V.

430-122. Identificación de los controles. Además de las indicaciones requeridas por 430-8, los controladores deben estar marcados con la tensión eléctrica de operación del propio controlador.

430-123. Canalizaciones adyacentes a motores. Puede usarse tubo (conduit) metálico flexible o tubo (conduit) metálico flexible a prueba de líquidos, de longitud no mayor que 1,8 m, para la conexión de la canalización a la envolvente de las terminales del motor.

430-124. Tamaño nominal de los conductores. Los conductores para alimentar motores deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que el valor para el cual su dispositivo de protección contra sobrecarga es seleccionado para dispararse.

430-125. Protección contra sobrecorriente en circuitos de motores

a) **Disposiciones generales.** Cada circuito para motor debe incluir una protección coordinada para interrumpir automáticamente las corrientes de falla y de sobrecarga en el motor, los conductores del circuito del motor y los aparatos de control del motor.

Excepción: Cuando un motor es esencial para el funcionamiento de una planta y funcionar hasta que se dañe, si esto es necesario, para prevenir un riesgo mayor para las personas, se permite entonces que el (los)

dispositivo(s) o sensor(es) se conecte(n) a un anunciador de supervisión o a una alarma, en lugar de interrumpir el circuito del motor o de su control.

b) Protección contra sobrecarga

1) Cada motor se debe proteger contra calentamientos peligrosos producidos por sobrecargas y fallas en el arranque, por un protector térmico integrado al motor o por dispositivos externos sensores de corriente o ambas cosas.

2) Los circuitos secundarios de motores de corriente alterna de rotor devanado, incluyendo los conductores, controladores y resistencias de valor adecuado para esta aplicación, se consideran protegidos contra sobrecorriente por los dispositivos de protección contra sobrecarga del motor.

3) El funcionamiento del dispositivo interruptor de sobrecarga debe desconectar simultáneamente todos los conductores de fase.

4) Los dispositivos sensores de sobrecarga no deben restablecerse automáticamente después de un disparo, a menos que el restablecimiento de dicho dispositivo no provoque el arranque automático del motor o que este arranque del motor o de la máquina que acciona no ocasione un peligro a las personas.

c) Protección contra corriente de falla

1) Debe proveerse, en cada circuito de un motor, un medio de desconexión por corriente de falla, por uno de los medios siguientes:

a. Un interruptor automático de tipo y capacidad aprobado e instalado de tal forma que pueda efectuarse su mantenimiento sin peligro, debe desconectar simultáneamente todos los conductores de fase y detectar la corriente de falla por medio de sensores integrales o externos al motor.

b. Deben usarse fusibles de tipo y capacidad aprobados en cada uno de los conductores de fase, empleándose conjuntamente con el medio de desconexión o bien, deben ser del tipo que puedan a la vez ser utilizados como medios de desconexión. Deben estar dispuestos de manera que no puedan ser operados mientras estén energizados.

2) Los dispositivos que interrumpan corrientes de falla no deben cerrar el circuito automáticamente.

Excepción: Donde los circuitos estén expuestos a fallas transitorias y donde el restablecimiento automático no ocasione un riesgo para las personas.

3) Se permite que en un mismo dispositivo se proporcione protección contra sobrecarga y contra corrientes de falla.

430-126. Capacidad nominal de los dispositivos de control de motores. La intensidad máxima de disparo de los relevadores de sobrecorriente (sobrecarga) o de otros dispositivos de protección de los motores, no debe superar 115% de la capacidad nominal del controlador. Cuando el medio de desconexión del circuito derivado de motores sea independiente del controlador, la capacidad nominal del medio de desconexión no debe ser inferior a la corriente eléctrica máxima de disparo de los relevadores de sobrecorriente que haya en el circuito.

430-127. Medio de desconexión. El medio de desconexión del controlador debe quedar bloqueado en posición abierta.

K. Protección de las partes vivas para todas las tensiones eléctricas

430-131. Disposiciones generales. Todas las partes vivas deben estar protegidas en forma adecuada al peligro involucrado.

430-132. Donde se requiere. Las partes vivas expuestas de motores y controles que funcionan a 50 V o más entre terminales deben estar resguardadas contra contacto accidental mediante una envolvente o por su ubicación, como sigue:

a) En un local o en una envolvente que sea accesible exclusivamente a personal calificado.

b) En sala de máquinas, estructura o plataforma a una altura y con una disposición tal que su acceso sea accesible a personal calificado.

c) Elevado sobre el nivel del piso, a 2,40 m o más.

Excepción: Los motores estacionarios que tienen conmutadores colectores y escobillas ubicados dentro del motor y no conectados a circuitos de alimentación que funcionan a más de 150 V con respecto a tierra.

430-133. Resguardos para operadores. Cuando las partes vivas de los motores o de sus controladores operan a más de 150 V con respecto a tierra, están resguardadas contra contacto accidental tan solo por su ubicación en la forma especificada en 430-132 y cuando durante su operación pudiera ser necesario el ajuste

u otra operación del aparato, se deben colocar tarimas aislantes o plataformas convenientemente aisladas de forma que el operador del aparato no pueda tocar las partes vivas sino cuando se encuentre sobre la tarima o plataforma aislada.

L. Puesta a tierra para todas las tensiones eléctricas

430-141. Disposiciones generales. Las disposiciones de la Parte L especifican la puesta a tierra de las partes metálicas expuestas no conductoras de motores y de sus controladores para impedir una tensión eléctrica más elevada con respecto a tierra, en el caso de un contacto accidental entre las partes vivas y los armazones y/o gabinetes. El aislamiento eléctrico, separación o resguardos son alternativas adecuadas de la puesta a tierra de motores en ciertas condiciones.

NOTA: Véase espacios de trabajo en 110-16 y 110-34.

430-142. Motores estacionarios. Las armazones de los motores estacionarios deben conectarse a tierra cuando exista cualquiera de las condiciones siguientes:

- 1) si están alimentados por conductores contenidos en canalizaciones metálicas;
- 2) si están ubicados en lugares húmedos y no están aislados o resguardados;
- 3) si están instalados en áreas peligrosas (clasificadas) como se menciona en los Artículos 500 a 517 y
- 4) si el motor funciona con cualquier terminal a más de 150 V con respecto a tierra. Si la armazón del motor no está puesta a tierra debe aislarse permanente y efectivamente de tierra.

430-143. Motores portátiles. Las armazones de los motores portátiles que funcionan a más de 150 V con respecto a tierra deben estar resguardadas o puestas a tierra.

NOTA 1: Véase la Sección 250-45 (d) para la puesta a tierra de artefactos portátiles en locales que no sean residenciales.

NOTA 2: Véase 250-59 (b) para el color del aislamiento del conductor puesto a tierra.

430-144. Controladores. Las cubiertas o gabinetes de los controladores deben ponerse a tierra, cualquiera que sea su tensión eléctrica de operación. Deben tener medios para hacer la conexión del conductor de puesta a tierra de equipo de acuerdo con lo establecido en 250-113.

Excepción 1: Las cubiertas o gabinetes de equipo portátil no puesto a tierra.

Excepción 2: Las tapas o placas de desconectores tipo balancín o de palanca.

430-145. Método de puesta a tierra. Donde sea necesaria la puesta a tierra debe hacerse de la manera especificada en el Artículo 250.

a) Puesta a tierra por medio de las cajas de terminales. Cuando el alambrado a motores fijos sea hecho dentro de canalizaciones metálicas o utilizando cable con cubierta metálica, deben instalarse cajas de conexiones para alojar las terminales del motor, y el blindaje de los cables o las canalizaciones metálicas debe conectarse a ellas como se especifica en el Artículo 250.

NOTA: Véase 430-12 (e) para medios de puesta a tierra en las cajas de terminales del motor.

b) Separación entre la caja de empalmes y el motor. La caja de empalmes a que se refiere el inciso anterior podrá tener una separación del motor no mayor que 1,8 m siempre que los conductores terminales que van al motor sean cable tipo AC, cordón armado o conductores trenzados dentro de tubos (conduit) metálicos flexibles herméticos a los líquidos, no metálicos, metálicos flexibles, metálicos tipo pesado, semipesado o ligero con designación no menor que 12 (3/8), conectándose la armadura del cable o la canalización, tanto a la caja como al motor. Cuando se utilicen conductores terminales trenzados protegidos como se especifica antes, no deben ser de tamaño nominal mayor que 5,26 mm² (10 AWG) y deben cumplir con los otros requisitos de esta norma para conductores en canalizaciones.

Se permite el uso de tubo (conduit) flexible a prueba de líquidos o tipo pesado no metálico para conducir las terminales de conexión al motor, siempre que el conductor de puesta a tierra esté conectado a ambos extremos, el motor y la caja.

c) Puesta a tierra de los dispositivos instalados en el controlador. Los secundarios de transformadores de instrumentos, las partes metálicas expuestas que no conducen corriente eléctrica u otras partes conductoras o cajas de transformadores de instrumentos, medidores y relevadores, deben ser puestos a tierra como se especifica en 250-121 a 250-125.

M. Tablas

TABLA 430-147.- Corriente eléctrica a plena carga, en amperes (A) de motores de corriente continua (c.c.)

kW	CP	Tensión eléctrica nominal de armadura		
		120 V	240 V	500 V
0,19	1/4	3,1	1,6	---
0,25	1/3	4,1	2,0	---
0,37	1/2	5,4	2,7	---
0,56	3/4	7,6	3,8	---
0,75	1	9,5	4,7	---
1,12	1-½	13,2	6,6	---
1,50	2	17	8,5	---
2,25	3	25	12,2	---
3,75	5	40	20	---
5,60	7-½	58	29	13,6
7,50	10	76	38	18
11,2	15	---	55	27
14,9	20	---	72	34
18,7	25	---	89	43
22,4	30	---	106	51
29,8	40	---	140	67
37,3	50	---	173	83
44,8	60	---	206	99
56,0	75	---	255	123
75,0	100	---	341	164
93,0	125	---	425	205
120	150	---	506	246
149	200	---	675	330

* son valores promedio en c.c.

TABLA 430-148.- Corriente eléctrica a plena carga, en amperes (A) de motores monofásicos de corriente alterna (c.a.)

Los siguientes valores de corriente eléctrica a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par motor pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad, en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos. Las tensiones eléctricas listadas son nominales de motores. Las corrientes eléctricas listadas deben utilizarse para tensiones eléctricas de sistemas en los intervalos de 110 V hasta 120 V y 220 V hasta 240 V.

kW	CP	115 V	127 V	208 V	230 V
0,12	1/6	4,4	4,0	2,4	2,2
0,19	1/4	5,8	5,3	3,2	2,9
0,25	1/3	7,2	6,5	4	3,6
0,37	1/2	9,8	8,9	5,4	4,9
0,56	3/4	13,8	11,5	7,6	6,9
0,75	1	16	14,0	8,8	8
1,12	1-½	20	18,0	11	10
1,50	2	24	22,0	13,2	12
2,25	3	34	31,0	18,7	17
3,75	5	56	51,0	30,8	28

5,60	7-½	80	72,0	44	40
7,50	10	100	91,0	55	50

Tabla 430-149.- Corriente a plena carga, en amperes (A), de motores a dos fases de corriente alterna (c.a.) (cuatro hilos)

Los siguientes valores de corriente eléctrica a plena carga corresponden a motores que funcionan a las velocidades normales de motores con bandas y a motores con par normal. Los motores construidos especialmente para baja velocidad o alto par, pueden tener corrientes eléctricas mayores. Los motores de varias velocidades tienen corriente eléctrica que varía con la velocidad, en cuyo caso se debe utilizar las corrientes eléctricas nominales que indique su placa de características. La corriente eléctrica del conductor común de los sistemas de dos fases tres hilos será de 1,41 veces el valor dado.

Las tensiones eléctricas son las nominales de los motores. Las corrientes eléctricas listadas son las permitidas para instalaciones a 110 V - 120 V, 220 V - 240 V, 440 V - 480 V y 550 V - 600 V y 2 200 V - 2 400 V.

kW	CP	MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO, EN AMPERE (A)				
		115 V	230 V	460 V	575 V	2 300 V
0,37	½	4	2	1	0,8	---
		4.8	2.4	1.2	1.0	---
		6.4	3.2	1.6	1.3	---
1,12	1 ½	9	4,5	2,3	1,8	---
		11.8	5.9	3	2.4	---
			8.3	4.2	3.3	---
3,75	5	---	13,2	6,6	5.3	---
		---	19	9	8	---
		---	24	12	10	---
11,2	15	---	36	18	14	---
		---	47	23	19	---
		---	59	29	24	---
22,4	30	---	69	35	28	---
		---	90	45	36	---
		---	113	56	45	---
44,8	60	---	133	67	53	14
		---	166	83	66	18
		---	218	109	87	23
93,0	125	---	270	135	108	28
		---	312	156	125	32
		---	416	208	167	43

Tabla 430-150.- Corriente eléctrica a plena carga de motores trifásicos de c.a.

Los siguientes valores de corriente eléctrica a plena carga son típicos para motores que funcionen a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par pueden requerir corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples deben tener una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos. Las tensiones eléctricas listadas son nominales de motores. Las corrientes listadas deben usarse para sistemas de tensiones eléctricas nominales de 110 V hasta 120 V, 220 V hasta 240 V, 440 V hasta 480 V y 550 V hasta 600 V.

kW	CP	Motor de inducción Jaula de ardilla y rotor devanado, en amperes (A)							Motor síncrono, con factor de potencia unitario, en amperes (A)			
		V										
		115	200	208	230	460	575	2 300	230	460	575	2 300
0,37	1/2	4,4	2,5	2,4	2,2	1,1	0,9					
0,56	3/4	6,4	3,7	3,5	3,2	1,6	1,3					
0,75	1	8,4	4,8	4,6	4,2	2,1	1,7					
1,12	1-½	12,0	6,9	6,6	6,0	3,0	2,4					
1,50	2	13,6	7,8	7,5	6,8	3,4	2,7					
2,25	3		11,0	10,6	9,6	4,8	3,9					

3,75	5		17,5	16,7	15,2	7,6	6,1					
5,60	7-½		25,3	24,2	22	11	9					
7,46	10		32,2	30,8	28	14	11					
11,2	15		48,3	46,2	42	21	17					
14,9	20		62,1	59,4	54	27	22		53	26	21	
18,7	25		78,2	74,8	68	34	27					
22,4	30		92	88	80	40	32		63	32	26	
29,8	40		120	114	104	52	41		83	41	33	
37,3	50		150	143	130	65	52		104	52	42	
44,8	60		177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
56,0	75		221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
75,0	100		285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
93,0	125		359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
111,9	150		414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
149	200		552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
187	250					302	242	60				
224	300					361	289	72				
261	350					414	336	83				
298	400					477	382	95				
336	450					515	412	103				
373	500					590	472	118				

Para factor de potencia de 90% y 80%, las cantidades anteriores deben multiplicarse por 1,1 y 1,25, respectivamente.

Tabla 430-151 A.- Conversión de corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado para motores monofásicos para la selección de controladores y medios de desconexión de acuerdo con la tensión eléctrica nominal y potencia nominal en kW

(Para ser utilizada solamente con las Secciones 430-110, 440-12, 440-41 y 455-8(c))

kW	CP	Corriente máxima a rotor bloqueado (1 fase)		
		A		
		115 V	208 V	230 V
0,37	1/2	58,8	32,5	29,4
0,56	3/4	82,8	45,8	41,4
0,75	1	96	53	48
1,12	1-½	120	66	60
1,50	2	144	80	72
2,25	3	204	113	102
3,75	5	336	186	168
5,60	7-½	480	265	240
7,50	10	600	332	300

Tabla 430-151 B. Conversión de corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado para motores polifásicos, diseños B, C, D y E para la selección de controladores y medios de desconexión de acuerdo con la tensión eléctrica nominal y potencia nominal en kW.

(Para ser utilizada solamente con las secciones 430-110, 440-12, 440-41, y 455-8(c))

kW	CP	Corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado (2 y 3 fases y diseños B, C, D y E)											
		115 V		200 V		208 V		230 V		460 V		575 V	
		B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E
0,37	1/2	40	40	23	23	22,1	22,1	20	20	10	10	8	8
0,56	3/4	50	50	28,8	28,8	27,6	27,6	25	25	12,5	12,5	10	10
0,75	1	60	60	34,5	34,5	33	33	30	30	15	15	12	12
1,12	1-½	80	80	46	46	44	44	40	40	20	20	16	16
1,50	2	100	100	57,5	57,5	55	55	50	50	25	25	20	20

2,25	3			73,6	84	71	81	64	73	32	36,6	25,6	29,2
3,75	5			105,8	140	102	135	92	122	46	61	36,8	48,8
5,60	7-½			146	210	140	202	127	183	63,5	91,5	50,8	73,2
7,50	10			186,3	259	179	249	162	225	81	113	64,8	90
11,2	15			267	388	257	373	232	337	116	169	93	135
14,92	20			334	516	321	497	290	449	145	225	116	180
18,65	25			420	646	404	621	365	562	183	281	146	225
22,4	30			500	775	481	745	435	674	218	337	174	270
29,84	40			667	948	641	911	580	824	290	412	232	330
37,3	50			834	1 185	802	1 139	725	1 030	363	515	290	412
44,8	60			1 001	1 421	962	1 367	870	1 236	435	618	348	494
55,95	75			1 248	1 777	1 200	1 708	1 085	1 545	543	773	434	618
74,60	100			1 668	2 154	1 603	2 071	1 450	1 873	725	937	580	749
93,0	120			2 087	2 692	2 007	2 589	1 815	2 341	908	1 171	726	936
119,9	150			2 496	3 230	2 400	3 106	2 170	2 809	1 085	1 405	868	1 124
150	200			3 335	4 307	3 207	4 141	2 900	3 745	1 450	1 873	1 160	1 498
187	250									1 825	2 344	1 460	1 875
224	300									2 200	2 809	1 760	2 247
261	350									2 550	3 277	2 040	2 622
298	400									2 900	3 745	2 320	2 996
336	450									3 250	4 214	2 600	3 371
373	500									3 625	4 682	2 900	3 746

Tabla 430-152.- Valor nominal máximo o ajuste para el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado del motor

Por ciento de la corriente eléctrica a plena carga				
Tipo de motor	Fusible sin retardo de tiempo**	Fusible de dos elementos** (con retardo de tiempo)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso*
Motores monofásicos	300	175	800	250
Motores de CA, polifásicos, que no sean de rotor devanado.				
Jaula de ardilla	300	175	800	250
Otros que no sean diseño E	300	175	1 100	250
Diseño E				
Motores síncronos +	300	175	800	250
Rotor devanado	150	150	800	250
c.c. (tensión eléctrica constante)	150	150	250	150

Para ciertas excepciones a los valores especificados, véase 430-52 hasta 430-54.

* Los valores dados en la última columna comprenden también las capacidades de los tipos no ajustables de tiempo inverso, los cuales pueden modificarse como se indica en 430-52.

** Los valores en la columna para fusible sin retardo de tiempo aplican para fusibles Clase CC con retardo de tiempo.

+ Los motores síncronos de bajo par de arranque y baja velocidad (comúnmente 450 RPM o menos), como son los empleados para accionar compresores recíprocos, bombas, etc., que arrancan en vacío, no requieren una capacidad de fusible o un ajuste mayor que 200% de la corriente eléctrica a plena carga.

ARTICULO 440 - EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y DE REFRIGERACION

A. Disposiciones generales

440-1. Alcance. Los requisitos de este Artículo se aplican a equipo de aire acondicionado y de refrigeración accionado por motor eléctrico y a los circuitos derivados y a los controles del equipo. Se aplica a las condiciones especiales necesarias para los circuitos que alimentan a unidades selladas y a cualquier equipo de aire acondicionado o de refrigeración conectado a un circuito derivado individual que alimenta a una unidad sellada.

440-2. Definiciones

Corriente eléctrica nominal: La corriente eléctrica nominal para un motor compresor hermético de refrigeración es la corriente resultante cuando está trabajando a la carga, tensión eléctrica y frecuencia nominales del equipo que acciona.

Corriente eléctrica para selección del circuito derivado: La corriente eléctrica de selección del circuito derivado es el valor en ampere (A) que debe utilizarse en lugar de la corriente eléctrica nominal para determinar el tamaño nominal de los conductores del circuito derivado del motor, medios de desconexión, controles y dispositivos de protección de cortocircuito y de falla a tierra, donde quiera que el dispositivo de protección de sobrecarga permita una corriente eléctrica sostenida mayor que el por ciento especificado de la corriente eléctrica nominal. El valor de la corriente eléctrica de selección del circuito derivado debe ser siempre igual o mayor que la corriente eléctrica nominal marcada en el equipo.

Motor-compresor hermético de refrigeración: Es una combinación consistente de un compresor y motor encerrados en la misma carcasa sin ejes o sellos de ejes al exterior y el motor opera dentro del medio refrigerante.

440-3. Otros Artículos

a) Artículo 430. Estos requisitos son adicionales o reemplazan los requisitos del Artículo 430 y de otros Artículos de esta norma que sean aplicables, excepto cuando sean modificados por este Artículo.

b) Artículos 422, 424 o 430. Los requisitos de los Artículos 422, 424 o 430, cuando sea el caso, deben aplicarse a equipo de aire acondicionado y de refrigeración que no incorpore una unidad sellada.

Algunos ejemplos de estos equipos son los dispositivos que utilizan compresores de refrigeración accionados por motores convencionales, hornos con serpentines evaporadores de aire acondicionado, unidades manejadoras de aire, capacitores remotos enfriados por aire a circulación forzada, refrigeradores comerciales remotos, etcétera.

c) Artículo 422. Los dispositivos tales como equipo de aire acondicionado para habitaciones, refrigeradores y congeladores domésticos, aparatos eléctricos enfriadores de agua potable y surtidores de bebidas, se deben considerar como aparatos eléctricos y se les aplica también los requisitos del Artículo 422.

d) Otros Artículos aplicables. Los circuitos, controles y equipo deben también cumplir con los requisitos que les sean aplicables indicados a continuación:

Capacitores	Sección 460-9
Talleres de servicio; hangares de aviación; surtidores y estaciones de servicio y plantas de almacenamiento de gasolina; procesos de acabado y locales de anestesia por inhalación	Artículos 511, 513, 514, 515, 516 y 517 Parte D
Áreas peligrosas (clasificadas)	Artículos 500 a 503
Estudios de cine, televisión y locales similares	Artículo 530
Resistencias y reactores	Artículo 470

440-4. Placa de datos de motocompresores herméticos de refrigeración y equipos

a) Placa de datos de un motocompresor hermético de refrigeración. Un motocompresor hermético de refrigeración debe estar provisto de una placa de datos que indique el nombre del fabricante, la marca de fábrica o el símbolo, identificación, número de fases, tensión eléctrica y la frecuencia. El fabricante debe indicar la corriente eléctrica de carga nominal en A del motocompresor hermético de refrigeración, sea en la placa de datos de la unidad o en la del equipo en el cual dicha unidad se utiliza o en ambas. La corriente eléctrica de rotor bloqueado para cada motocompresor hermético de refrigeración monofásico que tenga una corriente eléctrica de carga nominal mayor que 9 A en 115 V a 127 V o mayor que 4,5 A en 208 V a 220 V y en cada unidad sellada polifásica, se debe marcar en la placa de datos de la misma. Cuando se utilice un protector térmico que cumpla con: (a)(2) y (b)(2) de la Sección 440-52, se debe indicar en la placa de datos del motocompresor hermético de refrigeración o en la del equipo, con las palabras "protegido térmicamente".

Donde se proporciona un sistema con protección que cumple con las Secciones 440-52 (a)(4) y (b)(4) y se usa con el equipo, la placa de datos debe indicarlo con las palabras "sistema térmicamente protegido". Donde

se especifique un sistema de protección que cumpla con las Secciones 440-52 (a)(4) y (b)(4), la placa de datos del equipo debe indicarlo apropiadamente.

b) Equipo con varios motores y carga combinada. El equipo con varios motores y carga combinada debe estar provisto de una placa de datos visible que indique el nombre del fabricante, tensión eléctrica y frecuencia nominal, número de fases, la capacidad de conducción de corriente mínima del circuito y valor máximo del dispositivo de protección del circuito derivado contra cortocircuito y falla a tierra. La capacidad de conducción de corriente debe calcularse según se indica en la Parte D y teniendo en cuenta todos los motores y demás cargas que pudieran funcionar simultáneamente.

El valor nominal del dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado no debe exceder el valor calculado según se indica en la parte C. El equipo con varios motores o de carga combinada que utilice dos o más circuitos, debe identificarse con la información indicada anteriormente para cada circuito.

Excepción 1: Equipo con varios motores y carga combinada que se ajuste a los requisitos de este Artículo para ser conectados a un solo circuito derivado de 15 A o 20 A, 120 V o 127 V, o 15 A, 208 V, 220 V o 240 V, una fase, se permite que se identifique como una sola carga.

Excepción 2: Los acondicionadores de aire previstos en la Parte G de este Artículo.

c) Corriente eléctrica para selección de un circuito derivado. El motocompresor hermético de refrigeración o de equipo que contenga un compresor en el cual el sistema de protección aprobado para usarse con la unidad sellada que protege, permita una corriente eléctrica constante mayor que el por ciento de la corriente eléctrica de carga nominal especificada en la placa de datos indicado en (b) (2) o (b) (4) de la Sección 440-52, debe también identificarse con el valor de la corriente eléctrica para selección del circuito derivado que cumpla con (b) (2) o (b) (4) de la Sección 440-52. Estas indicaciones deben ser provistas por el fabricante y figurar en la o las placas de datos en las cuales aparece la corriente eléctrica de carga nominal.

440-5. Marcado en los controladores. Un dispositivo de control debe marcarse con el nombre del fabricante, marca de fábrica o símbolo, identificación, tensión eléctrica, fases, valor nominal de la corriente eléctrica de plena carga y de rotor bloqueado (o kW o CP), y otra información necesaria para la adecuada identificación de la unidad sellada a la cual se aplica.

440-6. Capacidad de conducción de corriente y capacidad nominal. Los conductores para el equipo indicado en este Artículo se seleccionan de las Tablas 310-16 a 310-19 o de acuerdo con lo indicado en 310-15. La capacidad de conducción de corriente requerida en los conductores y la capacidad nominal del equipo se determina como sigue:

a) Motocompresor hermético de refrigeración. En el caso de un motocompresor hermético de refrigeración la corriente eléctrica de carga nominal indicada en la placa de datos del equipo en el cual la unidad sellada se utiliza, es para determinar la capacidad de conducción de corriente o el valor de la corriente eléctrica de los medios de desconexión, de los conductores del circuito derivado, el controlador y las protecciones de cortocircuito y de falla a tierra, así como la protección de sobrecarga del motor. Cuando la corriente eléctrica de carga nominal no está indicada en la placa de datos del equipo se utiliza la corriente eléctrica de carga nominal del compresor indicada en su propia placa. Para los medios de desconexión y los controladores véanse 440-12 y 440-41.

Excepción 1: Cuando así se indique, se debe utilizar la corriente eléctrica para selección del circuito derivado en lugar de la corriente eléctrica nominal de plena carga para determinar el valor nominal o la capacidad de conducción de corriente de los medios de desconexión, de los conductores del circuito derivado, del control y de la protección del circuito derivado contra cortocircuito y falla a tierra.

Excepción 2: Según lo permitido en la Excepción 2 de 440-22 (b), para la protección de los circuitos derivados contra cortocircuitos y fallas a tierra de los equipos conectados con cordón y clavija.

b) Equipo con varios motores. En el caso de equipos con varios motores que utilicen un motor para ventilador del tipo de inducción de polos sombreados o de inducción de fase dividida con capacitores, se usa la corriente eléctrica de plena carga de dicho motor indicada en la placa de datos del equipo en el cual el motor para ventilador esté utilizado, en lugar de la potencia nominal en kW o CP, para determinar la capacidad de conducción de corriente o el valor nominal de los medios de desconexión, los conductores del circuito derivado, el control, la protección del circuito derivado contra cortocircuitos y fallas a tierra y la protección contra sobrecarga.

El valor de corriente eléctrica indicado en la placa de datos del equipo no debe ser menor que el valor de la corriente indicada en la placa de datos del motor del ventilador.

440-7. Motor de potencia nominal más grande. Para determinar el cumplimiento de este Artículo y de las Secciones 430-24, 430-53 (b), 430-53 (c) y 430-62 (a), se debe considerar que el motor de potencia más grande es el motor que tiene la corriente eléctrica de carga nominal más elevada. Cuando dos o más motores tienen la misma corriente eléctrica de carga nominal, solamente uno de ellos debe ser considerado como el motor de mayor potencia. Para motores que no sean unidades selladas y motores de ventiladores, tales como los cubiertos por la Sección 440-6 (b), la corriente eléctrica de plena carga utilizada para la determinación del motor de mayor potencia debe ser el valor equivalente que corresponde a la potencia nominal del motor en kW o CP, seleccionada según las Tablas 430-148 o 430-150.

Excepción: Cuando así se indique, debe usarse la corriente eléctrica para selección del circuito derivado en lugar de la corriente de carga nominal para determinar la unidad sellada de mayor potencia.

440-8. Máquina única. Un sistema de aire acondicionado o de refrigeración debe considerarse como una sola máquina para aplicación de los requisitos establecidos en la Excepción de 430-87, y en 430-112, Excepción. Los motores pueden estar ubicados distantes uno del otro.

B. Medios de desconexión

440-11. Requisitos generales. Los requisitos de la Parte B especifican los medios de desconexión con capacidad para desconectar un equipo de aire acondicionado y refrigeración, incluyendo los motocompresores herméticos de refrigeración y los controladores del circuito que los alimenta. Véase la Figura 430-1.

440-12. Capacidad nominal y capacidad de interrupción.

a) Motocompresor hermético de refrigeración. Un medio de desconexión que controla a una unidad sellada debe seleccionarse con base en la corriente eléctrica de carga nominal indicada en la placa de datos o con base en la corriente eléctrica para selección del circuito derivado, la que sea mayor, y de la corriente eléctrica de rotor bloqueado, respectivamente, de la unidad sellada tal como se indica a continuación:

1) La capacidad de corriente nominal debe ser por lo menos 115% de la corriente eléctrica de carga nominal indicada en la placa de datos o de la corriente para selección del circuito derivado, la que sea mayor.

2) Para determinar los kW o CP equivalentes, en cumplimiento con los requisitos de la Sección 430-109, se determinan los kW o CP nominales de las Tablas 430-148 o 430-150, correspondientes a la corriente eléctrica de carga nominal o a la corriente para selección del circuito derivado, la que sea mayor, y los kW o CP de las Tablas 430-151A o 430-151B correspondientes a la corriente eléctrica de rotor bloqueado. En caso de que la corriente eléctrica para selección del circuito derivado y la corriente eléctrica de rotor bloqueado no correspondan a las corrientes indicadas en las Tablas 430-148, 430-150 o 430-151A o 430-151B, se debe utilizar el valor siguiente más elevado de kW o CP. En caso de obtener valores nominales diferentes de kW o CP al aplicar estas tablas, se debe escoger un valor de kW o CP por lo menos igual que el más grande de los valores obtenidos.

b) Carga combinada. Cuando se utilice una o más unidades selladas juntas o en combinación con otros motores o cargas, donde la carga combinada pueda ser simultánea en un mismo medio de desconexión, el valor nominal de la carga combinada se determina como sigue:

1) El valor nominal en kW o CP de todos los medios de desconexión se determina a partir de la suma de todas las corrientes, incluyendo cargas de resistencias en la condición de carga nominal y también en la condición de rotor bloqueado. La corriente eléctrica de carga nominal combinada y la corriente de rotor bloqueado combinada obtenidas de esta forma, se consideran como pertenecientes a un único motor para los efectos de este requisito, según se indica a continuación:

a. La corriente eléctrica de plena carga equivalente a los kW o CP nominales de cada motor, siempre que no se trate de unidades selladas en motores para compresores y ventiladores como los que están cubiertos en 440-6 (b), debe ser seleccionada de las Tablas 430-148 o 430-150. Estos valores de corriente eléctrica de plena carga se suman a la corriente o corrientes de carga nominal de las unidades selladas o a la corriente o corrientes para selección del circuito derivado, la que sea mayor, y al valor nominal en A de otras cargas para obtener una corriente de plena carga equivalente para la carga combinada.

b. La corriente eléctrica de rotor bloqueado equivalente a los kW o CP nominales de cada motor que no sea una unidad sellada, debe ser seleccionada de las Tablas 430-151A y 430-151B y para motores del tipo polos sombreados o de inducción de fase dividida con capacitor para ventiladores, identificados con la corriente eléctrica de rotor bloqueado, debe usarse el valor indicado. El valor de las corrientes de rotor bloqueado debe sumarse al valor de la corriente o corrientes de rotor bloqueado de la unidad sellada y a los valores nominales de corriente de otras cargas para obtener una corriente eléctrica de rotor bloqueado

equivalente para la carga combinada. Cuando dos o más motores u otras cargas, tales como calentadores de resistencias, no puedan arrancar al mismo tiempo, se permite utilizar combinaciones adecuadas de corriente eléctrica con rotor bloqueado y corriente de carga nominal, o la corriente para seleccionar el circuito derivado, la que sea mayor, para determinar la corriente eléctrica equivalente de rotor bloqueado para la carga combinada simultánea.

Excepción: Cuando una parte de la carga concurrente es una carga de resistencia y los medios de desconexión constan de un interruptor con características indicadas en kW o CP y en A nominales, el desconectador utilizado puede tener un valor en kW o CP nominal no menor que las cargas combinadas de la o las unidades selladas y otro u otros motores en la condición de rotor bloqueado, siempre que la corriente nominal del desconectador no sea menor que dichas cargas de rotor bloqueado más la carga resistiva.

2) La capacidad de corriente nominal de los medios de desconexión debe ser por lo menos 115% de la suma de todas las corrientes en la condición de carga nominal, determinadas de acuerdo con lo indicado en 440-12 (b) (1).

c) Motocompresores pequeños. Para motocompresores pequeños que no tengan la corriente eléctrica de rotor bloqueado indicada en la placa de datos o para motores pequeños que no están cubiertos por las Tablas 430-147, 430-148 o 430-150, la corriente de rotor bloqueado debe estimarse en un valor igual que seis veces la corriente de carga nominal. Véase 440-3 (a).

d) Todos los desconectadores. Cada medio de desconexión del circuito de la unidad sellada entre el punto de conexión al alimentador y el punto de conexión a la unidad sellada, debe cumplir con los requisitos indicados en 440-12.

e) Valores nominales de los medios de desconexión que excedan 74,6 kW (100 CP). Cuando la corriente eléctrica de carga nominal o de rotor bloqueado, determinada según lo establecido anteriormente, indique la necesidad de medios de desconexión que excedan 74,6 kW (100 CP), deben aplicarse los requisitos indicados en la Excepción 4 de 430-109.

440-13. Equipos conectados con cordón. Para equipos conectados con cordón, tales como de aire acondicionado para habitaciones, refrigeradores y congeladores domésticos, enfriadores de agua potable y aparatos eléctricos expendedores de bebidas, se permite utilizar como medio de desconexión un conector separable o un receptáculo y clavija. Véase 440-63.

440-14. Ubicación. Los medios de desconexión deben ser visibles y fácilmente accesibles desde el aparato eléctrico de aire acondicionado o equipo de refrigeración. Pueden instalarse sobre o dentro del equipo de aire acondicionado o de refrigeración.

Los medios de desconexión, no deben instalarse en los paneles diseñados para permitir el acceso a los equipos de aire acondicionado o refrigeración.

Excepción 1: Cuando se utiliza un receptáculo y clavija como medio de desconexión de acuerdo a la Sección 440-13, su ubicación debe ser accesible pero no se requiere que sea fácilmente accesible.

NOTA: Los medios de desconexión deben tener capacidad para interrumpir la corriente de arranque de los compresores y demás motores (corriente a rotor bloqueado de la carga combinada). Ver la Sección 440-12. Capacidad nominal y capacidad interruptiva.

C. Protección de los circuitos derivados contra cortocircuito y falla a tierra

440-21. Requisitos generales. La Parte C establece requisitos para dispositivos destinados a proteger a los conductores de los circuitos derivados, aparatos de control y equipo en los circuitos que alimentan a los motocompresores herméticos de refrigeración contra sobrecorrientes debidas a cortocircuito y falla a tierra. Son adicionales o prevalecen sobre los requisitos del Artículo 240.

440-22. Aplicación y selección

a) Capacidad nominal o ajuste para unidades selladas individuales. Los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado para los motocompresores herméticos de refrigeración, deben ser capaces de transportar la corriente eléctrica de arranque del motor. Se considera que se ha obtenido la protección adecuada cuando este dispositivo tiene un valor nominal o de ajuste que no exceda 175% de la corriente eléctrica para selección del circuito derivado, cualquiera que sea mayor. En caso de que la protección especificada no sea suficiente para la corriente de arranque del motor, el valor puede ser aumentado, pero no debe ser mayor que 225% de la corriente eléctrica de carga nominal del motor o de la corriente para selección del circuito derivado, la que sea mayor.

Excepción: El valor nominal del dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado no debe ser menor que 15 A.

b) Capacidad nominal o ajuste para equipo. Los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado para equipo, deben ser capaces de transportar la corriente eléctrica de arranque del equipo. Cuando la única carga en el circuito sea una unidad sellada, la protección debe estar conforme con 440-22 (a). Cuando el equipo comprende más de una unidad sellada o un motocompresor hermético de refrigeración y otros motores u otras cargas, el equipo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del equipo debe estar conforme con 430-53 y con lo siguiente:

1) Cuando un motocompresor hermético de refrigeración sea la carga más grande conectada al circuito, la capacidad nominal o el ajuste del dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado no debe ser mayor que el valor especificado en 440-22 (a), para la unidad sellada más grande, más la suma de la corriente eléctrica de la carga nominal o la de selección del circuito derivado, la que sea mayor de la otra u otros motocompresores herméticos de refrigeración y el valor nominal de las otras cargas alimentadas.

2) Cuando un motocompresor hermético de refrigeración no es la carga mayor conectada al circuito, la corriente eléctrica nominal o el ajuste del dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra del circuito derivado no debe ser mayor que un valor igual que la suma de la corriente de carga nominal o la corriente para selección del circuito derivado, la que sea mayor, los valores nominales de la unidad o unidades selladas más el valor especificado en 430-53(c) (4), cuando otras cargas de motores son alimentadas o el valor especificado en 240-3, cuando sólo se alimenten cargas que no son motores en adición a la o las unidades selladas.

Excepción 1: Equipo que arranca y funciona en circuitos derivados monofásicos de 15 A o 20 A, 120 V o 127 V o 15 A, 208 V, 220 V o 240 V, se considera protegido por el dispositivo de protección contra sobrecorriente de 15 A o 20 A que protege al circuito derivado, pero si la máxima capacidad nominal del dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado indicado sobre el equipo es menor que estos valores, el dispositivo de protección del circuito no debe exceder el valor indicado en la placa de datos del equipo.

Excepción 2: Para la determinación de los requisitos del circuito derivado se deben utilizar los valores indicados en la placa de datos del equipo conectado con cordón y clavija, de tensión eléctrica nominal no mayor que 250 V, monofásicos, tales como refrigeradores y congeladores domésticos, aparatos eléctricos enfriadores de agua potable, expendedores de bebidas, y cada unidad se debe considerar como de un solo motor, a menos que la placa de datos indique lo contrario.

c) Valores nominales de los dispositivos de protección que no excedan los valores del fabricante. Cuando los valores nominales de los dispositivos de protección indicados en la tabla de elementos térmicos dada por el fabricante para ser utilizados en un controlador de motor, sean menores que la capacidad nominal o ajuste seleccionado según (a) y (b) de la Sección 440-22, el valor nominal del dispositivo de protección no debe ser mayor que el valor indicado por el fabricante.

D. Conductores del circuito derivado

440-31. Requisitos generales. Los requisitos de la parte D y del Artículo 310 especifican los tamaños nominales de los conductores necesarios para transportar la corriente eléctrica del motor en las condiciones especificadas sin calentamiento excesivo, excepto como se modifica en la Excepción 1 de 440-6 (a).

Los requisitos de esta Sección no aplican a los conductores que forman parte integral de motores, controladores de motores y equipo similar o a conductores que forman parte integral de equipos aprobados.

NOTA: Véanse 300-1(b) y 310-1 para requisitos similares.

440-32. Una sola unidad sellada. Los conductores de un circuito derivado que alimenten un solo motocompresor hermético de refrigeración deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que 125% de la corriente eléctrica de carga nominal de la unidad sellada o de la corriente para selección del circuito derivado, la que sea mayor.

440-33. Unidades selladas con cargas adicionales de motores o sin ellas. Los conductores que alimenten una o más unidades con cargas adicionales de motores o sin ellas, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la suma de valores de la corriente eléctrica de carga nominal o de la corriente para selección del circuito derivado, la que sea mayor, de todas las unidades selladas, más la corriente de plena carga de los otros motores y más un 25% del mayor valor nominal del motor o de la unidad sellada del grupo.

Excepción 1: Cuando el circuito está bloqueado de manera que impide el arranque y funcionamiento de una segunda unidad de un motor de compresor refrigerante hermético o grupo de unidades, el tamaño nominal de los conductores debe determinarse con base en la unidad sellada o grupo de unidades selladas más grande que deban funcionar simultáneamente en un momento dado.

Excepción 2: Los acondicionadores de aire de habitación como se indica en la Parte G del Artículo 440.

440-34. Carga combinada. Los conductores que alimentan a una carga de motocompresores herméticos de refrigeración que sea adicional a una carga de alumbrado o aparatos eléctricos, según se indica en el Artículo 220 y en otras Secciones aplicables, deben tener una capacidad de conducción de corriente suficiente para la carga de alumbrado o de artefactos más la requerida para la carga de las unidades selladas, determinada de acuerdo con lo indicado en 440-33 o, para una sola unidad sellada, de acuerdo con lo indicado en 440-32.

Excepción: Cuando el circuito está bloqueado de manera que impide el funcionamiento simultáneo de la unidad o de motocompresores herméticos de refrigeración y de todas las demás cargas conectadas, el tamaño nominal del conductor debe determinarse con base en el tamaño nominal mayor requerido por la unidad o unidades selladas y las otras cargas que deban funcionar simultáneamente en un momento dado.

440-35. Equipo de varios motores y de cargas combinadas. La capacidad de conducción de corriente de los conductores que alimenten equipos de varios motores y de cargas combinadas no debe ser menor que la mínima capacidad de conducción de corriente del circuito marcada en el equipo, de acuerdo con lo indicado en 440-4 (b).

E. Controladores para motores de compresor

440-41. Capacidad nominal

a) Controlador del motocompresor. Un controlador de la unidad sellada debe tener al mismo tiempo una corriente eléctrica nominal de plena carga para servicio continuo y una corriente nominal de rotor bloqueado, no menores que la corriente de carga nominal indicada en la placa de datos o que la corriente para selección del circuito derivado, la que sea mayor y, respectivamente, la corriente eléctrica de rotor bloqueado del compresor. (Véanse 440-6 y 440-7). En caso de que el controlador del motor esté dimensionado en kW o en CP, pero no lleve indicación de una o ambas corrientes nominales mencionadas anteriormente, los valores equivalentes de la corriente eléctrica deben ser determinados de acuerdo con las características nominales como se indica a continuación: úsense las Tablas 430-148 y 430-150, para determinar el valor nominal de la corriente equivalente de plena carga. Usense las Tablas 430-151A 430-151B para determinar el valor nominal de la corriente eléctrica de rotor bloqueado.

b) Controlador que sirve a más de una carga. Un controlador que sirve a más de un motocompresor o a una unidad y otras cargas; debe tener un valor nominal de corriente eléctrica de plena carga para servicio continuo y una corriente de rotor bloqueado, no menores a la carga combinada según se determina en la Sección 440-12 (b).

F. Protección contra sobrecarga de los motocompresores y de los circuitos derivados

440-51. Requisitos generales. Los requisitos de la Parte F se aplican a los dispositivos destinados a proteger a los motocompresores, a los aparatos de control de motores y a los conductores de los circuitos derivados contra calentamiento excesivo debido a sobrecargas del motor y fallas en el arranque. Véase 240-3 (e) a (h).

NOTA: Una sobrecarga de un aparato accionado eléctricamente es una sobrecorriente de funcionamiento, la cual, si es mantenida por un periodo suficientemente largo, puede provocar daños o sobrecalentamientos peligrosos. No incluye cortocircuito o falla a tierra.

440-52. Aplicación y selección

a) Protección al motocompresor. Cada motocompresor debe estar protegido contra sobrecargas y fallas en el arranque por uno de los medios indicados a continuación:

1) Un relevador de sobrecarga separado que sea adecuado para la corriente eléctrica de la unidad. Este dispositivo debe escogerse para disparar a no más de 140% de la corriente de carga nominal de una unidad sellada.

2) Un protector térmico que forme parte integral de la unidad sellada, aprobado para usarse con la unidad sellada que protege, con objeto de evitar un sobrecalentamiento peligroso provocado por sobrecargas y fallas en el arranque.

Si el dispositivo que interrumpe la corriente eléctrica está separado del motocompresor y su circuito de control está accionado por un dispositivo de protección que forma parte integral de dicha unidad, debe disponerse de manera que la abertura del circuito de control provoque la interrupción de la corriente hacia el moto compresor.

3) Un fusible o interruptor automático de tiempo inverso sensible a la corriente eléctrica del motor, el cual puede también servir como dispositivo de protección del circuito derivado contra cortocircuito y falla a tierra. Este dispositivo debe tener una capacidad nominal no mayor que 125% de la corriente de carga nominal del motocompresor. Debe tener suficiente retardo de tiempo para permitir que el motocompresor arranque y acelere su carga. El equipo o motocompresor debe llevar identificación de la máxima capacidad de este fusible, del circuito derivado o de la capacidad nominal del interruptor automático de tiempo inverso.

4) Un sistema de protección suministrado o especificado y aprobado para usarse con el motocompresor, el cual protege evitando el sobrecalentamiento peligroso del equipo provocado por sobrecargas y fallas en el arranque. Si el dispositivo de interrupción de corriente está separado de la unidad sellada y su circuito de control es accionado por un dispositivo de protección que no forma parte integral del dispositivo de interrupción de corriente, debe disponerse de tal manera que la abertura del circuito de control provoque la interrupción de la corriente eléctrica hacia la unidad sellada.

b) Protección de los aparatos de control de unidades selladas y de los conductores de circuitos derivados. El controlador del motocompresor, los medios de desconexión y los conductores del circuito derivado deben estar protegidos contra sobrecorriente debida a sobrecargas en el motor y fallas en el arranque, por uno de los medios indicados a continuación, el cual puede ser el mismo dispositivo o sistema que protege a la unidad sellada de acuerdo con lo indicado en 440-52 (a).

Excepción: Para unidades selladas y equipo en un circuito derivado monofásico de 15 A o 20 A como se indica en 440-54 y 440-55.

1) Un relevador de sobrecarga seleccionado de acuerdo con lo indicado en 440-52 (a)(1).

2) Un protector térmico aplicado de acuerdo con lo indicado en 440-52 (a)(2) y que no permita una corriente eléctrica constante mayor que 156% de la corriente de carga nominal indicada o de la corriente para selección del circuito derivado.

3) Un fusible o interruptor automático de tiempo inverso seleccionado de acuerdo con lo indicado en 440-52 (a)(3).

4) Un sistema de protección de acuerdo con lo indicado en 440-52 (a)(4) y que no permita una corriente eléctrica constante mayor que 156% de la corriente de carga nominal indicada o de la corriente para selección del circuito derivado.

440-53. Elementos térmicos de sobrecarga. Los relevadores de sobrecarga y otros dispositivos para protección de motores contra sobrecarga, que no son capaces de interrumpir corrientes de cortocircuito, deben protegerse con fusibles o interruptores automáticos de tiempo inverso, de capacidad o ajuste de acuerdo con lo indicado en la Parte C, a menos que estén aprobados para ser instalados en grupo o para motores con devanado partido y que lleven la identificación de la capacidad máxima del fusible o del interruptor automático de tiempo inverso por los cuales deben estar protegidos.

Excepción: La identificación del tamaño del fusible o del interruptor automático de tiempo inverso puede ubicarse en la placa de datos del equipo aprobado en el cual se utilice el relevador de sobrecarga u otros dispositivos de sobrecarga.

440-54. Motocompresor y equipo en circuitos derivados de 15 A o 20 A no conectados por medio de cordón y clavija. Para el motocompresor y equipos utilizados en circuitos derivados monofásicos de 15 A o 20 A en 120 V o 127 V, o 15 A en 208 V o 240 V, tal como se permite en el Artículo 210, se debe proveer protección contra sobrecarga como se indica en (a) y (b) a continuación.

a) Protección contra sobrecarga. El motocompresor debe estar provisto de protección contra sobrecarga, tal como se especifica en 440-52 (a). Tanto el controlador como el dispositivo de protección contra sobrecarga del motor deben estar aprobados para ser usados con el dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra del circuito derivado al cual el equipo está conectado.

b) Retardo de tiempo. El dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado al cual el motocompresor está conectado, debe tener suficiente retardo de tiempo para permitir que el motor de la unidad y los otros motores arranquen y aceleren con carga.

440-55. Motor-compresor y equipo en circuitos derivados de 15 A o 20 A conectados por medio de cordón y clavija. La protección contra sobrecarga del motocompresor y de equipo conectados por medio del

cordón y clavija y usados en circuitos derivados monofásicos de 15 A o 20 A en 120 V, 127 V, o 15 A en 208 V, 220 V o 240 V, tal como se permite en el Artículo 210, puede ser como se indica a continuación:

a) Protección contra sobrecarga. El motocompresor debe estar provisto de protección contra sobrecargas como se especifica en 440-52 (a). Tanto el controlador como el dispositivo de protección contra sobrecarga del motor deben estar aprobados para uso con el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado al cual está conectado el equipo.

b) Capacidad de la clavija y del receptáculo. La capacidad de la clavija y del receptáculo no debe exceder 20 A en 120 V o 127 V o 15 A en 250 V.

c) Retardo de tiempo. El dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra que protege al circuito derivado debe tener suficiente retardo como para permitir que el motocompresor y otros motores arranquen y aceleren con carga sin que opere la protección.

G. Requisitos para acondicionadores de aire para habitación

440-60. Requisitos generales. Los requisitos de la Parte G deben aplicarse a los acondicionadores de aire para habitación energizados eléctricamente que controlan la temperatura y la humedad. Para los efectos de la parte G, un acondicionador de aire para habitación (con o sin calefacción) debe considerarse como un artefacto de c.a. del tipo ventana, consola o pared, instalado en el cuarto que se ventila y provisto de una o varias unidades selladas. La Parte G se aplica a los equipos monofásicos de tensión eléctrica no mayor que 250 V y el equipo puede estar provisto de cordón y clavija.

Un acondicionador de aire para habitación que sea trifásico o con tensión eléctrica mayor que 250 V, debe conectarse por medio de una instalación del tipo indicado en el Capítulo 3 y no le aplican los requisitos de esta Parte G.

440-61. Puesta a tierra. Los acondicionadores de aire para habitación deben ser puestos a tierra de acuerdo con lo indicado en 250-42, 250-43 y 250-45.

440-62. Requisitos para circuitos derivados

a) Acondicionadores de aire para habitación como unidad con un solo motor. Un acondicionador de aire para habitación debe considerarse como una unidad de un solo motor al determinar los requisitos de su circuito derivado, cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- 1) Está provisto de cordón y clavija.
- 2) Su capacidad no es mayor que 40 A y hasta 250 V y es monofásico.
- 3) La corriente eléctrica de carga nominal total está indicada en la placa de datos del acondicionador de aire, en lugar de la corriente individual del motor.
- 4) La capacidad nominal de los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado no excede la capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito derivado o del receptáculo, la que sea menor.

b) Donde no haya otras cargas conectadas. La capacidad total especificada en la placa de datos de un acondicionador de aire para habitación del tipo cordón y clavija no debe exceder 80% de la capacidad de un circuito derivado donde no haya otras cargas adicionales.

c) Donde haya unidades de alumbrado y/u otros artefactos conectados. La capacidad total especificada de un acondicionador de aire para habitación del tipo de cordón y clavija no debe exceder 50% de la capacidad de un circuito derivado cuando esté alimentando también unidades de alumbrado u otros artefactos.

440-63. Medios de desconexión. Un cordón con clavija y un receptáculo pueden utilizarse como medios de desconexión de un acondicionador de aire para habitación monofásico de 250 V o menos, si:

- 1) Los controles manuales del acondicionador de aire son fácilmente accesibles y están dentro de una altura de 1,80 m sobre el nivel del piso.
- 2) Se instala un desconectador de operación manual, en un lugar fácilmente accesible y a la vista desde el acondicionador de aire para habitación.

440-64. Cordones de alimentación. Cuando se utilicen cordones flexibles para alimentar un acondicionador de aire para habitación, su longitud no debe ser mayor que:

- (1) 3 m para un equipo de 120 V o 127 V nominales o

(2) 1,80 m para equipo de 208 V, 220 V o 240 V nominales.

ARTICULO 445 – GENERADORES

445-1. Alcance. Los generadores y equipos asociados, así como su sistema de alambrado deberán cumplir, además de los requisitos de este Artículo, lo aplicable de los Artículos 230, 250, 695, 700, 701, 702 y 705.

445-2. Ubicación. Los generadores y equipo asociado deben ser adecuados para el local en que vayan a ser instalados. Deben cumplir además con los requisitos establecidos en 430-14.

Los generadores instalados en áreas clasificadas como peligrosas, deben cumplir con los requisitos aplicables de los Artículos 500 a 503, 510 a 517, 520 y 530.

445-3. Marcado. Cada generador debe tener una placa de datos en la que se indique, nombre del fabricante, frecuencia nominal, factor de potencia, número de fases para c.a., régimen nominal en kW o kVA, tensión y corriente eléctricas nominales y las revoluciones nominales por minuto, la clase de aislamiento, la temperatura ambiente nominal o el aumento de temperatura nominal y su tiempo nominal de funcionamiento.

445-4. Protección contra sobrecorriente

a) Generadores de tensión eléctrica constante. Los generadores deben estar protegidos por diseño contra sobrecargas, basándose en interruptores automáticos, fusibles, u otro medio aceptable que proporcione adecuada protección contra sobrecorriente. Se exceptúan los excitadores de los generadores de c.a.

b) Generadores de dos hilos. Se permite que los generadores de c.c. de dos hilos se protejan contra sobrecorriente en un solo conductor, si el dispositivo es accionado por la totalidad de la corriente eléctrica generada, excepto la corriente eléctrica del campo en derivación. El dispositivo de sobrecorriente no debe abrir el circuito del campo en derivación.

c) Generadores para 65 V o menos. Los generadores que funcionen a 65 V o menos, cuando se accionen por motores individuales, se considerarán protegidos por el dispositivo de sobrecorriente que protege al motor, si este dispositivo actúa cuando los generadores suministran no más de 150% de su corriente eléctrica nominal de plena carga.

d) Sistemas compensadores. Los generadores de c.a. de dos hilos, asociados a sistemas de compensadores para obtener neutros para sistemas de tres hilos, deben estar equipados con dispositivos de sobrecorriente que deben desconectar el sistema de tres hilos en el caso de desequilibrio excesivo de tensión o de corriente eléctricas.

e) Generadores de c.c. de tres hilos. Los generadores de c.c. de tres hilos, ya sean en derivación o compuestos, deben equiparse con dispositivos de sobrecorriente, uno en cada terminal de cable de armadura, conectados para que sean accionados por toda la corriente de la misma. Dichos dispositivos deben formarse por un interruptor automático, ya sea de dos polos y de dos bobinas o por uno de compensador y disparado por dos dispositivos de sobrecorriente, uno en cada terminal del cable de armadura. Tales dispositivos de protección deben tener bloqueo eléctrico de manera que ningún polo pueda abrirse sin desconectar simultáneamente del sistema ambas terminales del cable de armadura.

Excepción a los incisos "(a)" hasta "(e)": Cuando se considera que un generador es vital para la operación de un sistema eléctrico y el generador debe funcionar hasta fallar para evitarle a las personas riesgos mayores, al elemento detector de protección contra sobrecargas puede conectársele un indicador o una alarma supervisada por persona calificada en vez de interrumpir el circuito del generador.

445-5. Capacidad de conducción de corriente de los conductores. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de fase que van desde las terminales del generador al primer dispositivo de sobrecorriente, no debe ser menor que 115% de la corriente eléctrica de placa nominal del generador. El tamaño nominal del conductor neutro debe estar de acuerdo con lo indicado en 220-22. Los conductores que transportan corrientes de falla a tierra no deben ser de tamaño nominal inferior al requerido en 250-23 b).

Excepción 1: Cuando el diseño y la operación del generador impidan sobrecargas, la capacidad de conducción de corriente de los conductores no debe ser menor que 100% de la corriente eléctrica nominal, expresada en la placa de datos del generador.

Excepción 2: Cuando las terminales del generador están conectadas de fábrica directamente a un dispositivo de sobrecorriente, que es una parte integral del grupo generador.

Excepción 3: Los conductores puestos a tierra de generadores de corriente continua que deben soportar las corrientes eléctricas de falla, no deben ser de menor tamaño nominal al del mayor conductor activo o portador de corriente.

445-6. Protección de las partes vivas. Las partes vivas de los generadores que operen a más de 150 V respecto de tierra no deben estar expuestas a contacto accidental si son accesibles a personas no calificadas.

445-7. Resguardos para operadores. Cuando la seguridad de los operadores lo requiera, debe cumplirse con los requisitos indicados en 430-133.

445-8. Boquillas. Cuando los conductores pasan por una abertura de un envolvente, caja de conexiones o por una barrera, debe usarse una boquilla para proteger a los conductores de los bordes agudos de la abertura. La boquilla debe ser lisa y de superficie perfectamente redondeada para estar en contacto con el conductor; si se usa donde pudiera haber aceite, grasa y otros contaminantes, debe ser de un material que no sufra deterioro.

ARTICULO 450 - TRANSFORMADORES Y BOVEDAS PARA TRANSFORMADORES

450-1. Alcance. Este Artículo se aplica a la instalación de transformadores.

Excepción 1: Transformadores de corriente.

Excepción 2: Transformadores tipo seco que formen parte de aparatos y que cumplan con los requisitos de dichos aparatos.

Excepción 3: Transformadores que sean parte integral de equipo de rayos X, de aparatos de alta frecuencia o de aparatos de revestimiento por proceso electrostático.

Excepción 4: Transformadores utilizados en circuitos de clases 2 y 3 que cumplan con el Artículo 725.

Excepción 5: Transformadores para rótulos luminosos y alumbrado de realce, que cumplan con lo establecido en el Artículo 600.

Excepción 6: Transformadores para lámparas de descarga eléctrica que cumplan con el Artículo 410.

Excepción 7: Transformadores para circuitos de alarmas contra incendio, de potencia limitada, que cumplan con la Parte C del Artículo 760.

Excepción 8: Transformadores utilizados para la investigación, desarrollo o pruebas, cuando se provean de medios efectivos para proteger a las personas del contacto con partes energizadas.

Las disposiciones establecidas en este Artículo aplican a la instalación de transformadores utilizados para las instalaciones de bombas contra incendio con las modificaciones que se indican en el Artículo 695.

Este Artículo se aplica además a la instalación de transformadores en áreas peligrosas (clasificadas) con las modificaciones que indican los Artículos 501 a 503.

Estos requisitos se aplican a toda instalación nueva y a las modificaciones o ampliaciones de instalaciones ya existentes. En el caso de instalaciones temporales (que pueden requerirse en el proceso de construcción de fábricas o en subestaciones que estén siendo reestructuradas o reemplazadas), se puede eximir al usuario del cumplimiento de alguno de estos requisitos, de acuerdo con la justificación que exista para ello y siempre que se obtenga la debida seguridad por otros medios.

A. Disposiciones generales

450-2. Definiciones. Para el propósito de este Artículo:

Transformador: La palabra "transformador" se entiende como un transformador individual de una o múltiples fases, identificado por una sola placa de datos a menos que se identifique de otra forma en este Artículo.

450-3. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente de los transformadores debe cumplir con lo indicado en (a), (b) o (c) descritos a continuación. Se permite que el dispositivo de protección en el secundario consista de no más de seis interruptores automáticos o no más de seis juegos de fusibles agrupados en un solo lugar. Cuando se usen varios dispositivos contra sobrecorriente, el valor total de todas las capacidades o ajustes de estos dispositivos, no debe exceder el valor que se permita para un solo dispositivo de sobrecorriente. Si se instalan tanto interruptores automáticos como fusibles, el valor total de todas las capacidades o ajustes de estos dispositivos, no debe exceder el valor que se permita para fusibles. Como se usa en esta Sección, la palabra "transformador" significa un transformador o un banco polifásico de dos o más transformadores monofásicos que operen como una unidad.

NOTA 1: Véanse 240-3, 240-21, 240-100 para la protección contra sobrecorriente de los conductores.

NOTA 2: Las cargas no lineales pueden incrementar la temperatura en el transformador, sin que su protección de sobrecorriente opere.

a) Transformadores de tensión eléctrica nominal mayor que 600 V

1) Primario y secundario. Cada transformador de más de 600 V nominales debe tener dispositivos de protección para el primario y para el secundario, de capacidad o ajuste para abrir a no más de los valores anotados en la Tabla 450-3 (a)(1). Los fusibles que actúen electrónicamente y que puedan ajustarse para abrir con una corriente eléctrica específica, deben ajustarse de acuerdo con el valor de ajuste para los interruptores automáticos.

Excepción 1: Cuando la capacidad nominal del fusible requerido o el ajuste del interruptor automático no corresponda a la capacidad o ajuste normalizado, se permite usar el valor o ajuste normalizado próximo más alto sólo en el primario.

Excepción 2: Como se especifica en (a) (2) a continuación.

TABLA 450-3 (a)(1).- Transformadores de más de 600 V

Máximo ajuste para el dispositivo de protección contra sobrecorriente					
Primario			Secundario		
Más de 600 V			Más de 600 V		600 V o menos
Impedancia del transformador	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático o capacidad del fusible
No más del 6%	600%	300%	300%	250%	125%
Más del 6% y no más del 10%	400%	300%	250%	225%	125%

2) Instalaciones supervisadas. Cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personal calificado proporcionará servicio y controlará la instalación del transformador, se permite que la protección de sobrecorriente sea como se especifica en (a)(2)a.

a. Primario. Cada transformador de más de 600 V nominales debe estar protegido por un dispositivo individual de sobrecorriente en el lado del primario. Cuando se usen fusibles, su corriente eléctrica nominal continua no debe exceder 250% de la corriente primaria nominal del transformador. Cuando se usen interruptores automáticos o fusibles con actuadores electrónicos, deben ajustarse a no más de 300% de la corriente primaria nominal del transformador.

Excepción 1: Cuando la capacidad nominal del fusible requerido o el ajuste del interruptor automático no correspondan a la capacidad o ajuste normalizado, se permite la capacidad o ajuste normalizado próximo superior.

Excepción 2: No se requiere un dispositivo individual de sobrecorriente cuando el dispositivo de sobrecorriente del circuito primario proporciona la protección especificada en esta Sección.

Excepción 3: Como se indica en (a) (2) b siguientes.

b. Primario y secundario. Un transformador con tensión eléctrica nominal mayor que 600 V, que tenga un dispositivo de sobrecorriente en el secundario, de capacidad o ajuste para abrir no mayor que los valores indicados en la Tabla 450-3(a)(2)b o un transformador equipado con una protección térmica coordinada contra sobrecarga proporcionada por el fabricante, no requiere tener un dispositivo de sobrecorriente individual en la conexión del primario, siempre que el dispositivo de sobrecorriente del alimentador tenga la capacidad o esté calibrado para abrir a un valor de corriente eléctrica no mayor que los valores anotados en la Tabla 450-3 (a)(2)b.

TABLA 450-3 (a)(2)(b).- Transformadores de más de 600 V en lugares supervisados

Máximo ajuste para el dispositivo de protección contra sobrecorriente		
Primario		Secundario
Más de 600 V		600 V o

Impedancia del transformador	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	menos
					Ajuste del interruptor automático o capacidad del fusible
No más de 6%	600%	300%	300%	250%	250%
Más de 6% y no más de 10%	400%	300%	250%	225%	250%

b) Transformadores de tensión eléctrica de 600 V o menos. La protección de sobrecorriente de los transformadores de 600 V, nominales o menos, debe cumplir con (1) o (2) siguientes:

1) Primario. Cada transformador con tensión eléctrica nominal de 600 V o menos, debe protegerse en el primario con un dispositivo de sobrecorriente individual con capacidad o ajustado a no más de 125% de la corriente primaria nominal del transformador.

Excepción 1: Cuando la corriente primaria nominal de un transformador es de 9 A o mayor y 125% de esta corriente no corresponde a la capacidad nominal de un fusible o de un interruptor automático no ajustable, se permite el valor nominal próximo superior indicado en la Sección 240-6. Cuando la corriente primaria nominal sea menor que 9 A, se permite que la capacidad o el ajuste del dispositivo de sobrecorriente sea de un valor no mayor que 167% de la corriente primaria.

Para corriente primaria nominal menor que 2 A se permite que la capacidad o el ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente sea de un valor no mayor que 300%.

Excepción 2: No se requiere un dispositivo de sobrecorriente individual cuando el dispositivo de sobrecorriente del circuito primario proporciona la protección especificada en esta Sección.

Excepción 3: Cuando el transformador esté instalado en un circuito de control de motores, de acuerdo con lo indicado en una de las excepciones de 430-72(c)

Excepción 4: Lo indicado en (b)(2) siguiente.

2) Primario y secundario. Un transformador de tensión eléctrica nominal de 600 V o menos, que tenga un dispositivo de sobrecorriente en el secundario, de capacidad o ajuste no mayor que 125% la corriente nominal del secundario del transformador, no requiere tener un dispositivo de protección individual contra sobrecorriente en el lado del primario, si el dispositivo de sobrecorriente del alimentador primario tiene un valor nominal o está ajustado a un valor de corriente eléctrica no mayor que 250% de la corriente nominal primaria del transformador.

Un transformador con tensión eléctrica nominal de 600 V o menos, equipado con una protección térmica contra sobrecarga coordinada dada por el fabricante y dispuesto para interrumpir la corriente eléctrica primaria, no requiere tener un dispositivo individual de sobrecorriente en el primario, si el dispositivo de sobrecorriente del alimentador primario tiene un valor nominal o se ajusta a un valor de corriente no mayor que seis veces la corriente nominal del transformador, para transformadores con impedancia no mayor que 6%, y no mayor que cuatro veces la corriente nominal del transformador, para transformadores con impedancia mayor que 6% y no más de 10%.

Excepción: Cuando la corriente nominal secundaria de un transformador es de 9 A o mayor y 125% de esta corriente no corresponde a un valor nominal de un fusible o de un interruptor automático no ajustable, se permite escoger el valor próximo superior indicado en la Sección 240-6.

Cuando la corriente nominal del secundario es menor que 9 A, se permite un dispositivo de sobrecorriente de valor nominal o de ajuste no mayor que 167% del valor nominal de la corriente nominal secundaria.

c) Transformadores de potencial. Los transformadores de potencial instalados en interiores o encerrados deben protegerse con fusibles primarios.

NOTA: Para la protección de circuitos de instrumentos incluyendo transformadores de potencial, véase 384-32.

450-4. Autotransformadores de 600 V nominales o menos

a) Protección contra sobrecorriente. Cada autotransformador de 600 V nominales o menos debe protegerse por un dispositivo individual de protección contra sobrecorriente instalado en serie con cada conductor de fase en la entrada. Tal dispositivo de sobrecorriente debe tener un valor nominal o estar ajustado

a no más de 125% de la capacidad de corriente de entrada a plena carga del autotransformador. Un dispositivo de corriente no debe instalarse en serie con el devanado en derivación (el devanado común, tanto para los circuitos de entrada o de salida) del transformador entre los puntos A y B como se muestra en la Figura 450-4.

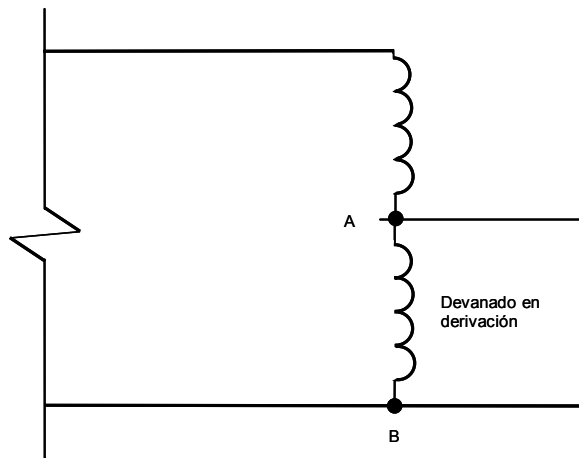


FIGURA 450-4.- Autotransformador

Excepción: Cuando la corriente nominal de entrada del auto transformador es menor que 9 A, se permite un dispositivo de sobrecorriente ajustado a no más de 167% de la corriente de entrada.

b) Transformador conectado en campo como autotransformador. Un transformador conectado en campo como autotransformador debe estar identificado para usarse a la tensión eléctrica elevada.

NOTA: Para información sobre los usos permitidos de los autotransformadores, véase 210-9.

450-5. Autotransformadores para conexión a tierra. Los autotransformadores para conexión a tierra cubiertos por esta Sección son transformadores conectados en zig-zag o en T, conectados a sistemas trifásicos de tres hilos de fase, con el propósito de obtener un sistema de distribución de tres fases, cuatro hilos, o para proveer una referencia de neutro para fines de puesta a tierra. Tales autotransformadores deben tener una capacidad de corriente nominal de servicio continuo por fase y una para la corriente de servicio continuo del neutro.

NOTA: La corriente eléctrica de fase de un autotransformador de puesta a tierra es de 1/3 la del neutro.

a) Sistema trifásico, cuatro hilos. Un autotransformador de puesta a tierra usado para crear un sistema de distribución de tres fases, cuatro hilos, a partir de un sistema no aterrizado de tres fases, tres hilos, debe cumplir con lo siguiente:

1) Conexiones. El transformador debe conectarse directamente a los conductores de fase no puestos a tierra y no debe ser controlado por un desconectador, ni provisto de una protección contra sobrecorriente independiente del desconectador principal y de la protección contra sobrecorriente de disparo común del sistema trifásico de cuatro hilos.

2) Protección contra sobrecorriente. Se debe instalar un dispositivo sensible a las sobrecorrientes, que provoque la apertura del interruptor principal o de la protección contra sobrecorriente de disparo común indicada en (a)(1) anterior, cuando la carga del autotransformador alcance o sobrepase 125% de la corriente nominal de fase o la del neutro. Se permite el retardo del disparo del dispositivo contra sobrecorrientes temporales, con el fin de asegurar el funcionamiento correcto de los dispositivos de protección del circuito derivado o del alimentador del sistema de cuatro hilos.

3) Detector de fallas en transformadores. Se debe prever un sistema de detección de fallas que provoque el disparo de un interruptor principal o del dispositivo de protección contra sobrecorriente de disparo común, para sistemas trifásicos de cuatro hilos, para proteger contra fallas internas o del funcionamiento en una sola fase.

NOTA: Esto puede lograrse con el uso de dos transformadores de corriente del tipo "dona" con conexión sustractiva, instalados para detectar y señalar cualquier desbalance de 50% o más de la corriente nominal en la alimentación del autotransformador.

4) Capacidad. El autotransformador debe tener una capacidad nominal de servicio continuo de corriente del neutro suficiente para soportar al máximo posible el desbalance de la corriente de carga en el neutro de un sistema de cuatro hilos.

b) Referencia de tierra para dispositivos de protección contra fallas. Un autotransformador de conexión a tierra que se utilice para que pueda manejar una cantidad especificada de corriente de falla para el funcionamiento de un dispositivo de protección, debe cumplir los requisitos siguientes:

1) Capacidad. El autotransformador debe tener una capacidad nominal de corriente del neutro suficiente para la corriente de falla a tierra especificada.

2) Protección contra sobrecorriente. Se debe colocar en el circuito derivado del autotransformador un dispositivo de protección contra sobrecorriente, de capacidad de cortocircuito adecuada, que abra simultáneamente todos los conductores de fase cuando es accionado y que tenga una capacidad nominal o de ajuste no mayor que 125% de la capacidad de corriente del autotransformador o 42% de la capacidad de corriente de cualquiera de los dispositivos conectados en serie con la conexión del neutro y del autotransformador. Se permite un retardo de disparo para sobrecorrientes temporales para obtener el funcionamiento correcto de los dispositivos de disparo que responda a fallas a tierra en el sistema principal, pero éste no debe exceder los valores que serían mayores que la capacidad de corriente de tiempo corto del autotransformador de puesta a tierra o de cualquiera de los dispositivos que puedan estar conectados en serie con la conexión del neutro.

C) Referencia a tierra para amortiguar sobretensiones eléctricas transitorias. Un autotransformador de conexión a tierra utilizado para limitar sobretensiones eléctricas transitorias debe ser de capacidad nominal adecuada y estar conectado de acuerdo con lo indicado en (a)(1) anterior.

450-6. Enlace secundario. Un enlace secundario es un circuito que opera a tensión eléctrica nominal de 600 V o menos entre fases, el cual conecta dos fuentes de alimentación o dos puntos de suministro de energía, tales como los secundarios de dos transformadores. El enlace puede estar formado por uno o más conductores por fase.

a) Circuitos de enlace. Los circuitos de enlace deben estar provistos de una protección en cada extremo contra sobrecorriente como lo especifica el Artículo 240 de esta norma.

Excepción: Según las condiciones descritas en (a)(1) y (a)(2) siguientes se permite que la protección contra sobrecorriente esté de acuerdo con lo indicado en (a)(3) que se describe adelante.

1) Cargas conectadas solamente en los puntos de alimentación del transformador. Cuando todas las cargas están conectadas en los puntos de alimentación del transformador en cada extremo del enlace, y la protección contra sobrecorriente no está provista de acuerdo con lo indicado en el Artículo 240, la capacidad nominal de conducción de corriente del enlace no debe ser menor que el 67% de la corriente nominal del secundario del transformador de mayor capacidad conectado al sistema de enlace del secundario.

2) Cargas conectadas entre los puntos de alimentación del transformador. Cuando las cargas están conectadas al enlace en cualquier punto entre los puntos de alimentación del transformador y no se ha provisto protección contra sobrecorriente de acuerdo con lo indicado en el Artículo 240, la capacidad nominal de conducción de corriente del enlace no debe ser menor que el 100% de la corriente nominal del secundario del transformador de mayor capacidad conectado al sistema de enlace del secundario.

Excepción: Lo que se indica en (a)(4) siguiente.

3) Protección del circuito de enlace. En las condiciones descritas en (a)(1) y (a)(2) anteriores, ambos extremos de cada conductor de enlace deben estar equipados con un dispositivo de protección que opere a una temperatura predeterminada del conductor de enlace bajo condiciones de cortocircuito. Esta protección debe ser una de las siguientes:

(1) un conector de cable, borne o terminal fundibles, comúnmente conocido como un limitador, cada uno de tamaño nominal correspondiente al del conductor, de construcción y características de acuerdo con la tensión eléctrica utilizada y con el tipo de aislamiento de los conductores de enlace, o

(2) interruptores accionados por dispositivos con características tiempo/corriente comparables.

4) Conexión de los conductores de cada fase entre los puntos de alimentación del transformador. Cuando el enlace está formado por más de un conductor por fase, los conductores de cada fase se deben conectar entre sí, con el fin de obtener un punto de alimentación de la carga y se debe prever la protección especificada en (a)(3) anterior en cada conductor de enlace a este punto.

Excepción: Se pueden conectar cargas a los conductores individuales de un enlace de conductores en paralelo sin conectar entre sí los conductores de cada fase y sin disponer de la protección especificada en (a)(3) en los puntos de conexión de la carga, si los conductores del enlace de cada fase tienen una capacidad

combinada no menor que 133% de la corriente nominal del secundario del transformador de mayor capacidad conectado al sistema de enlace del secundario; si la carga total de dichas derivaciones no es mayor que la corriente nominal del secundario del transformador de mayor capacidad, y si las cargas están igualmente repartidas sobre cada fase y sobre los conductores individuales de cada fase, hasta donde sea posible.

5) Control del circuito de enlace. Cuando la tensión eléctrica de servicio sea mayor que 150 V con respecto a tierra, los enlaces del secundario equipados con limitadores deben tener un desconectador en cada extremo que, al operar, interrumpa el suministro de energía a los conductores de enlace asociados y a los limitadores. La capacidad de corriente del desconectador no debe ser menor que la capacidad de conducción de corriente de los conductores conectados al mismo. El desconectador debe ser capaz de interrumpir su corriente nominal y construido de forma que no opere por el efecto de las fuerzas magnéticas originadas por la corriente de cortocircuito.

b) Protección contra sobrecorrientes de las conexiones en el secundario. Cuando se utilicen enlaces en el secundario del transformador, se debe proveer en las conexiones del secundario de cada transformador un dispositivo de sobrecorriente de una capacidad o ajuste no mayor que 250% de la corriente nominal del secundario de los transformadores; además, se debe instalar en la conexión secundaria de cada transformador un interruptor automático accionado por un relevador de corriente inversa, ajustado para abrir el circuito a una intensidad no mayor que la corriente nominal del secundario del transformador.

450-7. Funcionamiento en paralelo. Los transformadores pueden funcionar en paralelo y conectarse y desconectarse como una unidad, siempre que la protección contra sobrecorriente en cada transformador cumpla con los requisitos indicados en 450-3(a)(1) o 450-3(b)(2).

450-8. Protección. Los transformadores se deben proteger como se indica a continuación:

a) Protección mecánica. Deben tomarse todas las medidas para reducir a un mínimo la posibilidad de daño a los transformadores por causas externas, cuando estén expuestos a daño físico.

b) Envolvente o cubierta. Los transformadores de tipo seco deben estar dotados de una cubierta o envolvente resistente a la humedad e incombustible, que dé una protección razonable contra la entrada accidental de objetos extraños.

c) Partes energizadas expuestas. Los transformadores deben estar instalados de modo que las partes vivas estén resguardadas de acuerdo con lo indicado en 110-17 y 110-34.

d) Advertencia de la tensión eléctrica. La tensión eléctrica de operación de las partes vivas expuestas en las instalaciones de transformadores se debe indicar por medio de señales o marcas visibles sobre el equipo o estructuras.

450-9. Ventilación. La ventilación debe ser adecuada para disipar las pérdidas a plena carga del transformador, sin que se produzca un aumento de temperatura que exceda la nominal del transformador.

NOTA: En algunos transformadores pueden presentarse pérdidas adicionales, cuando estén presentes corrientes no senoidales causando un incremento de temperatura dentro del transformador, por arriba de su valor nominal.

Los transformadores con aberturas para ventilación deben instalarse de manera que no sean bloqueados por paredes u otras obstrucciones. Las separaciones necesarias deben estar marcadas claramente en el transformador.

450-10. Puesta a tierra. Las partes metálicas de las instalaciones de transformadores, que no transporten corriente y estén expuestas, incluyendo las cercas, resguardos, etc., se deben poner a tierra en las condiciones y en la forma prevista en el Artículo 250 para equipo eléctrico y para otras partes metálicas expuestas. Para puesta a tierra de cercas metálicas ver además la Sección 921-26.

450-11. Marcado. Cada transformador debe estar provisto de una placa de datos en la que se indique el nombre del fabricante, la capacidad nominal en kVA; la frecuencia; la tensión eléctrica en el primario y en el secundario; la impedancia para transformadores de 25 kVA y mayores; el espacio requerido para transformadores con aberturas de ventilación, y la cantidad y clase de líquido aislante, cuando se use. La placa de cada transformador tipo seco debe indicar además la clase de temperatura para el sistema de aislamiento.

450-12. Espacio de alambrado para terminales. Debe proporcionarse el espacio para formar curvas, de las guías de línea o en carga del transformador fijo de 600 V o menos, de acuerdo con lo requerido en 373-6. El espacio de alambrado para empalmes torcidos debe estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 370-16 (b).

450-13. Ubicación. Los transformadores y bóvedas de transformadores deben ser fácilmente accesibles al personal calificado para inspección y mantenimiento.

Excepción 1: Los transformadores tipo seco de 600 V nominales o menos, localizados en espacio abierto sobre paredes, columnas o estructuras, no es necesario que estén fácilmente accesibles.

Excepción 2: Los transformadores de tipo seco, de menos de 600 V nominales y que no excedan de 50 kVA, se permiten en espacios huecos de edificios, resistentes al fuego, que no estén permanentemente cerrados por estructuras, siempre y cuando se reúnan las condiciones de ventilación indicadas en 450-9. Los transformadores instalados de esta manera no se requiere que sean fácilmente accesibles.

A menos que sea especificado de otra manera en este Artículo, el término "resistente al fuego" se refiere a una construcción que tenga una resistencia al fuego de una hora como mínimo.

NOTA: La ubicación de los diferentes tipos de transformadores está cubierta en la Parte B del Artículo 450. La ubicación de bóvedas de transformadores está cubierta en 450-41.

B. Disposiciones específicas aplicables a los diferentes tipos de transformadores

450-21. Transformadores de tipo seco instalados en interiores

a) No mayores a 112,5 kVA. Los transformadores de tipo seco con una capacidad de 112,5 kVA o menos, instalados en interiores, deben tener una separación no menor que 30 cm de cualquier material combustible.

Excepción 1: Cuando estén separados del material combustible por una barrera resistente al fuego y aislante al calor.

Excepción 2: Transformadores de 600 V nominales o menos y que estén totalmente cerrados, con o sin aberturas de ventilación.

b) Mayores a 112,5 kVA. Los transformadores individuales de tipo seco de una capacidad mayor que 112,5 kVA se deben instalar en un cuarto de transformadores resistente al fuego.

Excepción 1: Los transformadores con aislamiento para una elevación de temperatura de 80°C o mayor y separados de cualquier material combustible por una barrera resistente al fuego y aislante del calor, o separados de cualquier material combustible por una distancia no menor 1,80 m horizontalmente y 3,70 m verticalmente.

Excepción 2: Los transformadores construidos con aislamiento para una elevación de temperatura de 80 °C o mayor que estén completamente encerrados, excepto por las aberturas de ventilación.

c) Mayores de 35 000 V. Los transformadores de tipo seco para más de 35 000 V se deben instalar en una bóveda que cumpla con la parte C de este Artículo.

450-22. Transformadores secos instalados en exteriores. Los transformadores secos instalados en exteriores deben tener una envolvente a prueba de intemperie.

Los transformadores de capacidad mayor que 112,5 kVA deben estar situados a una distancia mayor que 305 mm de cualquier material combustible de los inmuebles.

Excepción: Los transformadores construidos con aislamiento para una elevación de temperatura de 80°C o mayor que estén completamente encerrados, excepto por las aberturas de ventilación.

450-23. Transformadores en líquidos de alto punto de ignición. Se permite la instalación de transformadores aislados con líquidos de alto punto de ignición (aprobados) que tengan un punto de ignición no menor que 300°C, de acuerdo con lo indicado en a) o b), siguientes:

a) Instalaciones interiores, de acuerdo con lo indicado en (1), (2) o (3) siguientes:

1) En edificios, en áreas donde se cumplan todos los requerimientos siguientes:

- a.** La tensión eléctrica nominal del transformador sea de 35 000 V o menos.
- b.** No se almacenen materiales combustibles.
- c.** Se tenga un área de confinamiento del líquido.
- d.** El área cumpla con todas las restricciones previstas en la aprobación del líquido.

2) Para transformadores con tensión eléctrica nominal de 35 000 V o menos, se cuenta con un sistema automático de extinguidores de fuego y un área de confinamiento de líquidos.

3) De acuerdo con lo indicado en 450-26.

b) Instalaciones en exteriores. Se permite instalar transformadores aislados con líquidos de alto punto de ignición fuera de, adjunto a, o en techo de edificios, de acuerdo con lo siguiente:

1) La instalación debe cumplir con las restricciones de la aprobación de estos líquidos.

NOTA: Instalaciones adjuntas a materiales combustibles, salidas de emergencia o puertas y ventanas deben requerir avisos de emergencia adicionales tales como los indicados en 450-27.

2) De acuerdo con lo indicado en 450-27.

450-24. Transformadores aislados con fluidos no inflamables. Los transformadores aislados con un fluido dieléctrico no inflamable pueden ser instalados en interiores o exteriores. Cuando estos transformadores instalados en interiores sean de tensión eléctrica nominal superior a 35 000 V deben instalarse en bóvedas. Cuando se instalen, deben contar con un área para el confinamiento del líquido y una válvula de alivio de la presión. El transformador debe estar equipado con medios para absorber cualquier gas generado por arqueo eléctrico dentro del transformador, o la válvula de alivio debe estar conectada a una chimenea o conducto, que lleve estos gases hasta un área segura.

Para el propósito de esta Sección, un fluido dieléctrico no inflamable es aquel que no posee punto de ignición o punto de inflamación y no es inflamable en el aire.

450-25. Transformadores en Askarel. No se permite el uso de bifenilospoliclorados -PCB (Askarel) como medio aislante en transformadores.

450-26. Transformadores en aceite instalados en interiores. Los transformadores en aceite deben instalarse en una bóveda construida como se especifica en la Parte C de este Artículo.

Excepción 1: Cuando la capacidad total no exceda de 112,5 kVA, las bóvedas de transformadores especificadas en la Parte C de este Artículo pueden estar construidas de concreto reforzado de un espesor no menor que 10 cm.

Excepción 2: Cuando la tensión eléctrica nominal no es mayor que 600 V no se requiere una bóveda, si se han tomado las provisiones necesarias para impedir que el fuego producido por el aceite del transformador se extienda a otros materiales y cuando la capacidad total de transformadores en un lugar no es mayor que 10 kVA, en una sección del inmueble clasificada como combustible; o 75 kVA cuando la estructura que lo rodea es de construcción clasificada como resistente al fuego.

Excepción 3: Los transformadores para hornos eléctricos de una capacidad total no mayor que 75 kVA pueden estar instalados sin bóvedas, dentro de un inmueble o local resistente al fuego, siempre que se hayan tomado las medidas necesarias para impedir que el fuego producido por el aceite pueda extenderse a otros materiales combustibles.

Excepción 4: Los transformadores pueden instalarse en un edificio separado que no cumpla con las disposiciones especificadas en la Parte C de este Artículo, siempre que este edificio o su contenido no presenten peligro de fuego a otros edificios y el edificio citado se use únicamente para el suministro del servicio eléctrico y que su interior sea accesible solamente a personal calificado.

Excepción 5: Se permite el uso de transformadores sumergidos en aceite sin bóveda en equipos portátiles y móviles de minería en superficie (tales como las excavadoras eléctricas), si se satisface cada una de las condiciones siguientes:

- a. Se han tomado las provisiones para el drenaje de las fugas de fluido.
- b. Se provee un medio de salida seguro para el personal.
- c. Se dispone de una barrera de acero de un espesor mínimo de 6,35 mm para protección del personal.

450-27. Transformadores en aceite instalados en exteriores. Los materiales combustibles, los inmuebles y partes de inmuebles combustibles, puertas, ventanas y salida de emergencia para caso de incendio, deben estar resguardadas contra incendios que se originen en los transformadores aislados con aceite, instalados sobre techos, que estén cercanos a, o adyacentes a un inmueble o material combustible.

En casos donde la instalación del transformador presente peligro de incendio deben aplicarse uno o más de los siguientes resguardos según el grado de riesgo involucrado:

- a).- Espacios para aislar del fuego.
- b).- Barreras separadoras resistentes al fuego.
- c).- Sistemas automáticos extinguidores de incendio.
- d).- Confinamientos para contener el aceite en caso de ruptura del tanque del transformador.

Los confinamientos para el aceite deben consistir en diques, brocales, trincheras, depósitos resistentes al fuego para la captación del aceite, deben de estar llenas de bola (de 12 cm a 20 cm), cascajo, tezontle, piedra o materiales similares y estar dotadas de medios para drenar el aceite hacia fosas de captación. La cantidad de aceite debe de tratarse o eliminarse para cumplir con las leyes y normas de ecología.

NOTA - Para los transformadores instalados en postes, estructuras, azoteas, o bajo el nivel del piso o tierra, ver los apéndices B1 y B2.

450-28. Modificación de transformadores. Cuando se hacen modificaciones a un transformador en una instalación existente, la cual cambia el tipo de transformador con respecto a la Parte B de este Artículo, dicho transformador debe marcarse para mostrar el tipo de líquido aislante puesto y la instalación modificada del transformador debe cumplir con los requisitos aplicables para este tipo de transformador.

C. Bóvedas de Transformadores

450-41. Ubicación. Las bóvedas deben ubicarse donde puedan ser ventiladas al aire exterior sin el uso de tubos extractores o conductos, siempre que sea posible.

450-42. Paredes, techos y piso. Las paredes y el techo de las bóvedas deben construirse de materiales que tengan la resistencia estructural adecuada a las condiciones que puedan presentarse y una resistencia mínima al fuego de tres horas.

Los pisos de las bóvedas en contacto con la tierra deben ser de concreto de un espesor mínimo de 10 cm y cuando la bóveda se construya sobre un espacio libre o arriba de otros pisos, el piso debe tener la adecuada resistencia estructural para la carga soportada y una resistencia mínima al fuego de tres horas. Para los propósitos de esta Sección no se permiten construcciones atornilladas ni con paredes de paneles.

NOTA: Una construcción típica que posee una resistencia al fuego de tres horas es una construcción de concreto reforzado de 15 cm de espesor.

Excepción: Se permite la construcción de bóvedas para transformadores de resistencia al fuego de una hora, cuando los transformadores estén protegidos con rociadores automáticos, rociadores de agua, dióxido de carbono o gas halón o equivalente.

450-43. Entradas. Las entradas de las bóvedas deben estar protegidas como sigue:

a) Tipo de puerta. Cada espacio que conduzca a una bóveda desde el interior de un inmueble debe estar provisto de una puerta de cierre hermético, de un tipo que tenga una resistencia mínima al fuego de tres horas. Este tipo de puerta debe instalarse en una abertura de una pared exterior, cuando las condiciones lo justifiquen.

Excepción: Se permite la construcción de bóvedas para transformadores de resistencia al fuego de una hora cuando los transformadores estén protegidos con rociadores automáticos, rociadores de agua, dióxido de carbono, gas halón o equivalente.

b) Murete. Cada una de las puertas debe proveerse de un murete de altura suficiente para confinar dentro de la bóveda el aceite del transformador de mayor volumen y en ningún caso debe ser menor que 10 cm.

c) Cerraduras. Las puertas de entrada deben tener cerraduras y deben mantenerse cerradas. Permitiendo el acceso solamente a personal calificado. Las puertas para el personal deben abrir hacia afuera y estar equipadas con barras de pánico, placas de presión o cualquier medio que las mantenga cerradas, pero que puedan abrirse desde adentro bajo presión simple.

450-45. Abertura de ventilación. Donde lo exija la Sección 450-9, deben proveerse aberturas de ventilación de acuerdo con lo siguiente:

a) Ubicación. Las aberturas de ventilación deben ubicarse lo más lejos posible de puertas, ventanas, salidas de incendio y materiales combustibles.

b) Disposición. Una bóveda ventilada por circulación natural de aire puede tener la mitad, aproximadamente, del área total de aberturas necesarias para la ventilación en una o más aberturas cerca del suelo y el resto en una o más aberturas en el techo o en las paredes cerca del techo; toda el área que se requiera para la ventilación se permite en una o más aberturas en o cerca del techo.

c) Tamaño. En el caso de bóvedas con ventilación natural hacia el exterior, el área neta combinada de todas las aberturas de ventilación, después de restar áreas ocupadas por pantallas, rejas o celosías, no debe ser menor que 20 cm² por cada kVA de capacidad de los transformadores en servicio, excepto el caso de transformadores de capacidad menor que 50 kVA, donde el área neta no debe ser menor que 10 cm².

d) Cubiertas. Las aberturas de ventilación deben estar cubiertas con pantallas, rejas o celosías de tipo duradero, de acuerdo con las condiciones requeridas para evitar condiciones inseguras.

e) Compuertas. Todas las aberturas de ventilación que den hacia adentro deben estar provistas de compuertas de cierre automático, que sean accionadas al producirse un fuego dentro de la bóveda. Estas compuertas deben tener una resistencia al fuego no menor que 1,5 horas.

f) Conductos. Los conductos de ventilación deben ser de material resistente al fuego.

450-46. Drenaje. Cuando sea factible en las bóvedas que contengan más de 100 kVA de capacidad de transformadores, se debe construir un drenaje u otro medio que evacue hacia un depósito especial

de confinamiento cualquier acumulación de líquido aislante o agua, a menos que las condiciones del local lo impidan; en este caso, el piso debe tener una inclinación hacia dicho drenaje.

450-47. Tubería y accesorios de agua. Ningún sistema de tubería o conductos extraños a la instalación eléctrica debe entrar o atravesar una bóveda de transformadores. La tubería u otros medios previstos para la protección contra incendios de las bóvedas o para el enfriamiento de los transformadores, no se consideran extraños a la instalación eléctrica.

450-48. Almacenamiento dentro de las bóvedas. No deben almacenarse materiales dentro de las bóvedas de los transformadores.

ARTICULO 455 - CONVERTIDORES DE FASE

A. Disposiciones generales

455-1. Alcance. Este Artículo cubre la instalación y uso de convertidores de fase.

455-2. Definiciones

Convertidor de fase: Es un aparato eléctrico que convierte un sistema de suministro de energía eléctrica monofásico a otro trifásico. Los convertidores de fase pueden ser de dos tipos: estáticos y rotatorios.

NOTA: Los convertidores de fase tienen características que modifican el par de arranque y corriente eléctrica a rotor bloqueado de los motores a los que alimenta; por tanto, para cada carga específica, debe tenerse cuidado para seleccionar los convertidores de fase.

Convertidor estático de fase: Dispositivo formado por partes no rotatorias dimensionado para una carga trifásica determinada, operada desde una alimentación monofásica.

Convertidor rotatorio de fase: Dispositivo que consiste en un tablero formado de un transformador rotatorio y un(os) tablero(s) de capacitores, que permite la operación de cargas trifásicas a partir de una alimentación monofásica.

Fase fabricada: La fase derivada o fabricada se origina en el convertidor de fase y no está conectada sólidamente a los conductores de entrada monofásicos.

455-3. Otros Artículos. Todos los requisitos de la presente Norma se aplican a los convertidores de fase, excepto por las modificaciones de este Artículo.

455-4. Identificación. Cada convertidor de fase debe identificarse con una placa permanente que indique:

- (1) nombre del fabricante;
- (2) tensiones eléctricas de alimentación y salida;
- (3) frecuencia;
- (4) corriente monofásica nominal de entrada a plena carga ampere (A);
- (5) cargas monofásicas mínima y máxima nominales en kVA o C.P.,
- (6) cargas máxima total en kVA o C.P. y
- (7) La corriente eléctrica trifásica a plena carga, para un convertidor de fase rotatorio.

455-5. Conexiones de puesta a tierra del equipo. Debe proporcionarse un medio de conexión para la terminal de puesta a tierra de acuerdo con lo indicado en 250-113.

455-6. Capacidad de conducción de corriente del conductor. La capacidad de conducción de corriente en amperes de los conductores que alimentan el lado monofásico, no debe ser menor que 125% de la capacidad de conducción de corriente en amperes de plena carga de alimentación, indicada en la placa del convertidor de fase.

Excepción: Cuando el convertidor de fase suministra energía a una carga fija específica y cuando las tensiones eléctricas de entrada y salida del convertidor de fases son idénticas, los conductores de alimentación deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que 250% de la suma de las corrientes de carga plena trifásica de los motores y de otras cargas alimentadas.

Cuando las tensiones eléctricas de entrada y salida del convertidor de fase son diferentes, las corrientes se multiplican por la relación de tensión de salida a tensión de entrada.

NOTA: Los conductores monofásicos seleccionados para evitar una caída de tensión no mayor que 3% desde la fuente de alimentación hasta el convertidor de fase, pueden contribuir al mejor arranque y funcionamiento de las cargas de motores.

455-7. Protección contra sobrecorriente. El conductor monofásico y el convertidor de fase deben estar protegidos contra una sobrecorriente no mayor que 125% de la corriente eléctrica a plena carga monofásica de entrada indicada en la placa del convertidor.

Excepción 1: Cuando el convertidor de fase suministra energía a una carga fija específica y las tensiones eléctricas de entrada y salida del convertidor de fase son idénticas, la protección de sobrecorriente no debe ser mayor que 250% de la suma de las corrientes eléctricas de carga plena trifásica de los motores y de otras cargas alimentadas.

Cuando las tensiones eléctricas de entrada y salida del convertidor de fase son diferentes, las corrientes se multiplican por la relación de tensión de salida a la tensión de alimentación.

Excepción 2: Cuando el valor de protección del fusible o interruptor automático no corresponde a un valor normalizado, se permite el valor normalizado inmediato superior.

455-8. Medios de desconexión. Debe suministrarse un medio de desconexión simultánea de todos los conductores que no estén conectados a tierra del sistema monofásico de la alimentación del convertidor de fase.

a) Localización. El dispositivo de desconexión debe quedar fácilmente accesible y a la vista del convertidor de fase.

b) Tipo. El dispositivo de desconexión debe ser un interruptor o desconectador o un interruptor automático especificado en kW o en CP.

Excepción: Cuando las cargas que se alimenten no sean motores, puede usarse un desconectador especificado en amperes.

c) Capacidad. La capacidad en A de los medios de desconexión no debe ser menor que 115% de la carga máxima monofásica de plena carga.

Excepción 1: Cuando el convertidor de fases alimenta cargas específicas fijas y las tensiones eléctricas de alimentación y salida son idénticas, los medios de desconexión pueden ser interruptores automáticos con una capacidad en amperes no menor que 250% de la suma de lo siguiente:

a. Corriente eléctrica trifásica a carga plena de los motores.

b. Otras cargas alimentadas. Cuando las tensiones eléctricas de entrada y salida del convertidor de fase son diferentes, las corrientes se multiplican por la relación de tensión de salida a la tensión de alimentación.

Excepción 2: Cuando el convertidor de fase alimenta cargas específicas fijas y las tensiones eléctricas de alimentación son idénticas, los medios de desconexión puede ser un desconectador con capacidad en kW (CP) equivalente a 200% de la suma de lo siguiente:

a. Cargas que no sean motores.

b. La corriente eléctrica trifásica a rotor bloqueado del motor más grande, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 430-151A y 430-151B.

c. La corriente eléctrica de carga plena de todos los motores que operan al mismo tiempo. Cuando las tensiones eléctricas de entrada y salida del convertidor de fases son diferentes, las corrientes se multiplican por la relación de tensión eléctrica de salida a la tensión eléctrica de alimentación.

455-9. Conexión de cargas monofásicas. Cuando se conecten cargas monofásicas en el lado trifásico del convertidor de fase, éstas no deben conectarse a la fase derivada.

455-10. Caja de conexiones. En un convertidor de fase, debe proporcionarse una caja de conexiones, la cual debe estar de acuerdo con lo previsto en 430-12.

B. Especificaciones aplicables a diferentes tipos de convertidores de fase

455-20. Medios de desconexión. El desconectador monofásico de entrada de un convertidor de fase estático puede usarse como medio de desconexión para el convertidor de fase y para una carga, si la carga queda a la vista desde el desconectador.

455-21. Arranque. No debe conectarse ninguna carga al equipo de utilización en el lado trifásico con un convertidor de fase tipo rotatorio hasta que el convertidor haya arrancado.

455-22. Interrupciones de energía. El equipo de utilización alimentado por un convertidor de fase rotativo, deben controlarse de tal forma que al haber una interrupción de energía, el equipo se desconecte de la línea de suministro.

NOTA: Los arrancadores magnéticos de motores, contactores magnéticos y dispositivos similares con accionamiento manual con retardo de tiempo para la carga, deben proveer al equipo de un medio de restablecimiento en caso de una falla de energía.

455-23. Capacitores. Los capacitores que no son parte integral del sistema convertidor de fase rotatorio sino parte de la carga de motores, deben conectarse en el lado de línea de suministro del dispositivo de protección de sobrecarga del motor respectivo.

ARTICULO 460 – CAPACITORES

460-1. Alcance. Este Artículo se aplica a las instalaciones de capacitores en circuitos eléctricos.

Los capacitores supresores de pico u otros que sean partes componentes de otros aparatos que cumplan con su propia norma de producto, no requieren cumplir con estos requisitos.

Este Artículo cubre también la instalación de capacitores en áreas peligrosas (clasificadas), según lo indicado en los Artículos 501 a 503.

460-2. Gabinetes y resguardo

a) Capacitores que contienen más de 11 L de líquido inflamable. Los capacitores que contengan más de 11 L de líquido inflamable deben ser encerrados en bóvedas o protegidos por cercas o cubiertas en exteriores de acuerdo con lo indicado en el Artículo 710. Esta limitación se aplica a cualquier unidad individual en la instalación de capacitores.

b) Contacto accidental. Los capacitores deben encerrarse, colocarse o resguardarse de manera que ninguna persona pueda ponerse en contacto accidental con sus partes energizadas expuestas o con las barras o terminales anexos a ellos.

Excepción: No se requiere resguardo adicional en recintos accesibles solamente a personal calificado.

A. Tensión eléctrica nominal de 600 V y menos

460-6. Descarga de la carga acumulada. Los capacitores deben estar provistos de medios para descargar la carga acumulada.

a) Tiempo de descarga. La tensión eléctrica residual de un capacitor debe reducirse a 50 V, nominal o menos, durante el término de un minuto después de que el capacitor haya sido desconectado de la fuente de alimentación.

b) Medios de descarga. El circuito de descarga debe estar, ya sea permanentemente conectado a las terminales del capacitor o banco de capacitores o provisto de medios automáticos para conectarse a las terminales del banco de capacitores, cuando se retire la tensión eléctrica de la línea. No se debe utilizar medios de conmutación manuales para el circuito de descarga.

460-8. Conductores

a) Capacidad de conducción de corriente. La capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito de los capacitores no debe ser menor que 135% de la corriente eléctrica nominal del capacitor. La capacidad de conducción de corriente de los conductores que conectan un capacitor a las terminales de un motor o a los conductores de circuito del motor, no debe ser menor que 1/3 de la capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito del motor y nunca menor que 135% de la corriente eléctrica nominal del capacitor.

b) Protección contra sobrecorriente

1) En cada conductor de fase debe colocarse un dispositivo de protección contra sobrecorriente para cada banco de capacitores.

Excepción: Un capacitor conectado en el lado de la carga de un dispositivo contra sobrecarga de un motor no requiere otro dispositivo contra sobrecorriente.

2) La capacidad o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente debe ser tan bajo como sea factible.

c) Medios de desconexión

1) Cada conductor de fase debe estar provisto de un medio de desconexión para cada banco de capacitores.

Excepción: Cuando un capacitor está conectado del lado de la carga de un dispositivo de protección contra sobrecarga del motor.

2) El medio de desconexión abre simultáneamente todos los conductores de fase.

3) El medio de desconexión permite desconectar el capacitor de la línea como una maniobra normal.

4) La capacidad de corriente del medio de desconexión no debe ser menor que 135% de la corriente eléctrica nominal del capacitor.

460-9. Capacidad nominal o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecarga del motor.

Cuando la instalación de un motor incluye un capacitor conectado en el lado de la carga (del dispositivo de protección del motor), la capacidad nominal o de ajuste del dispositivo de sobrecarga del motor debe estar basada en el nuevo factor de potencia mejorado del circuito.

El efecto del capacitor debe ser omitido al determinar la capacidad de los conductores en el circuito del motor de acuerdo con lo indicado en 430-22.

460-10. Puesta a tierra. Los gabinetes metálicos de los capacitores deben ser puestos a tierra de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250.

Excepción: Cuando las unidades de capacitores están soportadas por una estructura destinada a funcionar a un potencial eléctrico distinto del de tierra.

460-12. Identificación. Cada capacitor debe llevar una placa de datos con el nombre del fabricante, tensión eléctrica nominal, frecuencia, kVAR o A, número de fases y si está lleno de líquido combustible, el volumen de líquido en litros. Cuando esté lleno de líquido no inflamable, la placa de características lo debe indicar. La placa debe indicar también si el capacitor tiene un dispositivo de descarga dentro del gabinete.

B. Tensión eléctrica nominal mayor que 600 V

460-24. Desconexión

a) **Corriente eléctrica de carga.** Deben utilizarse desconectores operados en grupo para la desconexión de capacitores y estos desconectores deben ser capaces de:

1) Conducir de manera continua no menos de 135% de la corriente eléctrica nominal de la instalación de capacitores.

2) Interrumpir la corriente eléctrica de carga continua máxima de cada capacitor, banco de capacitores o instalación de capacitores que deba desconectarse como unidad.

3) Soportar la corriente eléctrica repentina máxima incluyendo la adicional debida a instalaciones de capacitores adyacentes.

4) Transportar corrientes eléctricas producidas por fallas en el lado del capacitor del desconector.

b) Aislamiento

1) Deben instalarse medios para aislar de cualquier fuente de potencial eléctrico, a cada capacitor, banco de capacitores o instalación de capacitores, que deben ser puestos fuera de servicio como una unidad.

2) Los medios de aislamiento deben proveer una separación visible en el circuito eléctrico, adecuada para la tensión eléctrica de funcionamiento.

3) Los desconectores de seccionamiento o desconexión (sin corriente de interrupción) deben bloquearse con el dispositivo de interrupción de la carga o deben estar provistos de letreros de precaución visibles, de acuerdo con lo indicado en 710-22, para impedir la desconexión de la corriente eléctrica de carga.

c) **Requisitos adicionales para capacitores en serie.** Debe asegurarse la secuencia de desconexión correcta por el uso de los medios siguientes:

1) Secuencia mecánica del desconector de seccionamiento y de derivación.

2) Bloqueo.

3) Procedimientos de desconexión o conexión perfectamente indicados o visibles, en el lugar de desconexión.

460-25. Protección contra sobrecorriente

a) **Provisto para detectar e interrumpir corrientes eléctricas de falla.** Se debe proveer un medio para detectar e interrumpir corrientes de falla que pudieran provocar presiones peligrosas dentro de un capacitor individual.

b) **Dispositivos monofásicos o polifásicos.** Se permite instalar para este objetivo dispositivos monofásicos y polifásicos.

c) **Protegidos individualmente o en grupos.** Los capacitores pueden protegerse individualmente o en grupos.

d) Dispositivos de protección ajustados o calibrados. Los dispositivos de protección para capacitores o equipos de capacitores deben calibrarse o estar ajustados para funcionar dentro de los límites de la zona de seguridad para capacitores individuales.

460-26. Identificación. Cada capacitor debe llevar una placa de datos permanente, con el nombre del fabricante, tensión eléctrica nominal, frecuencia, kVAR, A, número de fases y la cantidad en L de líquido identificado y aprobado como inflamable, si fuese el caso.

460-27. Puesta a tierra. En el caso de que los gabinetes metálicos y neutros de los capacitores estén puestos a tierra, se debe cumplir con lo dispuesto en el Artículo 250.

Excepción: Cuando las unidades de capacitores estén soportadas por una estructura diseñada para funcionar a un potencial eléctrico distinto del de tierra.

460-28. Medios de descarga

a) Medios para reducir la tensión eléctrica residual. Debe proveerse un medio para disminuir la tensión eléctrica residual de un capacitor hasta 50 V o menos dentro de los cinco minutos posteriores a que el capacitor se haya desconectado de la fuente de alimentación.

b) Conexión a terminales. Un circuito de descarga debe estar ya sea permanentemente conectado a las terminales del capacitor, o provisto de un medio automático para conectarlo a las terminales del banco de capacitores después de que se ha interrumpido el suministro de energía. Los devanados de motores, transformadores o de otro equipo conectado directamente a los capacitores sin un dispositivo contra sobrecorriente intercalado, deben cumplir con los requisitos de (a) anterior.

ARTICULO 470 - RESISTENCIAS Y REACTORES

A. Tensión eléctrica nominal de 600 V y menos

470-1. Alcance. Este Artículo cubre la instalación de resistencias individuales y reactores en circuitos eléctricos.

Excepción: Cuando las resistencias y/o reactores forman parte de un aparato.

Este Artículo cubre también la instalación de resistencias y reactores en áreas peligrosas (clasificadas) como los descritos en los Artículos 501 al 504.

470-2. Localización. Las resistencias y los reactores no deben colocarse expuestos a daño físico.

470-3. Espacio de separación. Cuando el espacio entre las resistencias y los reactores o entre éstos y cualquier material combustible es menor que 30 cm, debe usarse una barrera térmica.

470-4. Aislamiento del conductor. Los conductores aislados que se usan para conexiones entre resistencias y controles deben estar aprobados para una temperatura de operación no menor que 90 °C.

Excepción: Se permite usar otros aislamientos para servicio de arranque de motores.

B. Tensión eléctrica nominal mayor que 600 V

470-18. General

a) Protegidos contra daño físico. Las resistencias y los reactores deben protegerse contra daño físico.

b) Aisladas en envolventes o en alto. Las resistencias y los reactores deben aislarse por medio de una envolvente o poniéndolas en alto para proteger el personal contra contacto accidental con partes vivas.

c) Materiales combustibles. Las resistencias y los reactores no deben instalarse cerca de materiales combustibles que constituyan un peligro de incendio y en ningún caso a una distancia menor que 305 mm del material combustible.

d) Distancias. Las distancias entre las resistencias y reactores puestos a tierra deben ser las que le correspondan al nivel de tensión eléctrica utilizada.

NOTA: Véase el Artículo 710.

e) Elevación de temperatura por las corrientes eléctricas circulantes inducidas. Los gabinetes metálicos de los reactores y las partes metálicas adyacentes deben instalarse de modo que la elevación de temperatura por corrientes eléctricas circulantes inducidas no sea un peligro para el personal o constituya un peligro de incendio.

470-19. Puesta a tierra. Los gabinetes metálicos o cajas de las resistencias o reactores deben estar puestos a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250.

470-20. Reactores en aceite. En la instalación de reactores en aceite debe observarse además de lo anterior, que se cumpla con los requerimientos aplicables del Artículo 450.

ARTICULO 480-BATERIAS DE ACUMULADORES

480-1. Alcance. Las disposiciones de este artículo se aplican a todas las instalaciones estacionarias de baterías de acumuladores.

La tensión eléctrica nominal del acumulador se determina, sin considerar las celdas de emergencia o de reserva que se conectan al circuito únicamente para mantener la tensión eléctrica durante la descarga.

480-2. Definiciones

Batería de acumuladores. Batería formada por una o más celdas recargables de plomo-ácido, níquel-cadmio o de otro tipo electro-químico recargable.

Batería o celda sellada. Una batería o celda sellada es aquella que no tiene previsión para la adición de agua o electrolito, o medición externa de la gravedad específica del electrolito. Se permite que las celdas individuales tengan un arreglo de ventilación como el que se describe en la Sección 480-9(b).

Tensión eléctrica nominal de la batería. Tensión eléctrica calculada con base en 2 V por celda para el tipo plomo-ácido y 1,2 V por celda para las alcalinas.

480-3. Alambrado y equipo alimentado por baterías. El cableado y equipo alimentado por baterías está sujeto a los requisitos de esta norma, aplicables a cableado y equipo que operen a la misma tensión eléctrica.

480-4. Puesta a tierra. Debe aplicarse las disposiciones del artículo 250.

480-5. Aislamiento de baterías a no más de 250 V. Esta Sección debe aplicarse a baterías de acumuladores que tengan celdas conectadas de tal manera que operen a una tensión eléctrica nominal de la batería no mayor que 250 V.

a) Baterías ventiladas de tipo plomo-ácido. Las celdas y las baterías de varios compartimentos con tapas selladas a contenedores de material no conductor, resistente al calor no requieren un soporte aislante adicional.

b) Baterías ventiladas del tipo alcalino. Las celdas con tapas selladas en recipientes de materiales no conductivos resistentes al calor no requieren un soporte aislante adicional. Las celdas en recipientes de material conductor deben instalarse en bandejas de material no conductor con no más de 20 celdas (24 V nominales) en el circuito en serie en cualquier bandeja.

c) Recipientes de hule. Las celdas en contenedores de hule o compuestos sintéticos no necesitan un soporte aislante adicional, si la tensión eléctrica nominal de todas las celdas en serie no es mayor que 150 V. Cuando la tensión eléctrica total es mayor que 150 V, las baterías deben dividirse en grupos de 150 V o menos y cada grupo debe tener las celdas individuales instaladas en bandejas o bastidores.

d) Celdas o baterías selladas. Las celdas selladas y baterías de varios compartimentos construidas de material no conductor resistente al calor, no requieren soporte aislante adicional. Las baterías construidas con recipientes de material conductor deben tener un soporte aislante si existe tensión eléctrica entre el recipiente y tierra.

480-6. Aislamiento de baterías de tensión eléctrica mayor que 250 V. Las disposiciones de la Sección 480-5 deben aplicarse a los acumuladores que tengan las celdas conectadas de tal manera que operen a tensión eléctrica nominal mayor que 250 V y, además, debe aplicarse a dichas baterías las disposiciones de esta Sección. Las celdas deben instalarse en grupos que tengan una tensión eléctrica nominal total no mayor que 250 V. Debe proveerse aislante que puede ser el aire entre los estantes y debe tener una separación mínima entre partes vivas de la batería con polaridad opuesta de 5 cm para tensiones que no excedan 600 V.

480-7. Bastidores y bandejas. Los bastidores y las bandejas deben cumplir con (a) y (b) siguientes:

a) Bastidores. Los bastidores, que se requieren en este artículo, son estructuras rígidas diseñadas para soportar celdas o bandejas. Para zonas sísmicas debe contar con travesaños o tensores triangulados para soportar oscilaciones. Deben ser de construcción sólida, firmemente anclados y estar hechos de:

1) Metal tratado para que sea resistente a la acción deteriorante del electrolito y provisto de elementos no conductores que soporten directamente las celdas o de material aislante continuo que no sea pintura, sobre los elementos conductores.

2) De otro material como fibra de vidrio u otro material adecuado que no sea conductor.

b) Bandejas. Las bandejas son estructuras tales como huacales o cajas de poca profundidad, generalmente de madera u otro material no conductor y construidas o tratadas de modo que sean resistentes a la acción deteriorante del electrolito.

480-8. Locales para baterías. Los locales deben cumplir con lo indicado con lo siguiente:

a) Ventilación. Deben tomarse las medidas necesarias para una suficiente ventilación y difusión de los gases de las baterías, a fin de impedir la acumulación de una mezcla explosiva en el local. Cuando se utilice ventilación forzada, las fallas en el sistema de ventilación deben operar una señal preventiva.

b) Partes vivas. Los resguardos de las partes vivas deben cumplir con lo indicado en 110-17.

c) Local independiente. Las baterías deben instalarse en un local independiente.

Dentro de los locales debe dejarse un espacio suficiente y seguro alrededor de las baterías para la inspección, el mantenimiento, las pruebas y reemplazo de celdas.

d) Conductores y canalizaciones. No deben instalarse conductores desnudos para conexión de baterías en lugares de tránsito de personas, a menos que se coloquen en partes altas para quedar protegidos. Para instalar los conductores aislados puede usarse canalización metálica con tapa siempre que estén debidamente protegidos contra la acción deteriorante del electrolito.

e) Terminales. Si en el local de las baterías se usan canalizaciones u otra cubierta metálica, los extremos de los conductores que se conecten a las terminales de las baterías deben estar fuera de la canalización, por lo menos a una distancia de 30 cm de las terminales, y resguardarse por medio de una boquilla aislante.

El extremo de la canalización debe cerrarse herméticamente para no permitir la entrada del electrolito.

f) Pisos. Los pisos de los locales donde se encuentren baterías y donde sea probable que el ácido se derrame y acumule, deben ser de material resistente al ácido o estar protegidos con pintura resistente al mismo. Debe existir un recolector para contener los derrames de electrolito.

g) Equipos de calefacción. No deben instalarse equipos de calefacción de llama abierta o resistencias incandescentes expuestas en el local de las baterías.

h) Iluminación. Los locales de las baterías deben tener una iluminación natural adecuada durante el día. En los locales para baterías, se deben usar luminarios con portalámparas a prueba de vapor y gas protegidos de daño físico por barreras o aislamientos. Los receptáculos e interruptores deben localizarse fuera del local.

480-9. Métodos de ventilación

a) Celdas ventiladas. Las celdas y baterías selladas deben equiparse con una ventila de alivio de presión para prevenir la acumulación excesiva de gases, o deben diseñarse para prevenir que las partes de las celdas se esparzan en el caso de la explosión de una celda.

b) Celdas selladas. Las celdas selladas de baterías deben estar equipadas con válvulas de sobrepresión para evitar una acumulación excesiva de gases, o bien, la celda de una batería sellada debe ser diseñada para prevenir la dispersión de partes de celdas en el caso de una explosión.

480-10. Equipos y avisos preventivos

a) Equipos de protección. Los locales para alojamiento de baterías deben tener equipo de protección que consista en:

1) Anteojos o careta.

2) Guantes resistentes al ácido.

3) Delantal protector y protector de zapatos.

4) Agua entubada o garrafón portátil con agua o agentes neutralizadores de ácido para enjuague de ojos y piel.

b) Avisos de precaución. Debe haber avisos de precaución dentro y fuera de los locales de baterías indicando la prohibición de fumar, no usar herramientas que produzcan chispas, no usar llamas abiertas, no usar fuentes de ignición, utilizar el equipo de seguridad. Asimismo debe colocarse un aviso de riesgo existente al contacto del electrolito de las baterías con la piel, ropa o por inhalación.

c) Protección de partes vivas en las baterías. Las conexiones de las celdas para tensión eléctrica mayor que 150 V deben estar resguardadas. Para tal efecto, debe tomarse en cuenta lo indicado en 110-17.

4.5 AMBIENTES ESPECIALES**CAPITULO 5****ARTICULO 500 - AREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS), CLASES I, II Y III, DIVISIONES 1 y 2.**

500-1. Alcance. Artículos 500 a 504. Los artículos 500 a 504 cubren los requisitos para equipo eléctrico, electrónico y alambrado, para todas las tensiones eléctricas, en áreas Clase 1, Divisiones 1 y 2; Clase II, Divisiones 1 y 2 y Clase III, Divisiones 1 y 2, en donde pueda existir peligro de incendio o explosión debido a gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras o partículas combustibles o de fácil ignición dispersas en el aire.

NOTA: Véase el artículo 505 para los requisitos de los equipos eléctricos y electrónicos y para el alambrado a todas las tensiones eléctricas en áreas peligrosas (clasificadas) de Clase I, Zona 0, Zona 1 y Zona 2 en donde pueden existir riesgos de incendio o explosión debidos a gases, vapores o líquidos inflamables.

500-2. Otros Artículos. Excepto como se modifica en los artículos 500 hasta 504, todas las demás reglas aplicables contenidas en esta Norma deben aplicarse al equipo eléctrico y al alambrado instalado en áreas peligrosas (clasificadas).

500-3. Generalidades.

(a) Clasificación de áreas. Las áreas se clasifican dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables, o de polvos o fibras combustibles o de fácil ignición que puedan estar presentes, así como la posibilidad de que se encuentren en cantidades o concentraciones inflamables o combustibles. Cuando los materiales pirofóricos son los únicos usados o manipulados, estas áreas no deben ser clasificadas.

Cada cuarto, sección o área debe ser considerada individualmente al determinar su clasificación.

NOTA 1: Los materiales pirofóricos son aquellos que se inflaman espontáneamente en el aire.

NOTA 2: Ejerciendo un juicio apropiado durante el diseño de las instalaciones eléctricas para áreas peligrosas (clasificadas), frecuentemente es posible situar la mayoría del equipo en áreas menos peligrosas y, por tanto, reducir la cantidad de equipo especial requerido.

(b) Documentación. Todas las áreas designadas como áreas peligrosas (clasificadas) deben estar documentadas por el usuario. Esta documentación debe estar disponible para quienes están autorizados para diseñar, instalar, inspeccionar, mantener u operar el equipo eléctrico en el lugar.

(c) Referencias.

NOTA 1: Para la evaluación de la conformidad de esta norma de Instalaciones Eléctricas las unidades de verificación deben estar familiarizadas con la experiencia de la industria y de la clasificación de las distintas áreas, la ventilación adecuada y la protección contra riesgos producidos por la electricidad estática y las descargas atmosféricas. Para la clasificación de áreas peligrosas debe realizarse un análisis de cada local, área o sección individualmente, atendiendo a la concentración de los gases, vapores y polvos y a sus características de explosividad. Este análisis debe realizarse bajo supervisión de ingeniería y de expertos en la materia, debidamente calificados. Es responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones que la clasificación de las áreas sea realizada con la mayor precisión.

NOTA 2: Para información adicional sobre la clasificación de áreas peligrosas; clasificación de materiales inflamables; requisitos de instalaciones que por su naturaleza son áreas peligrosas (clasificadas); protección contra riesgos producidos por la electricidad estática y las descargas atmosféricas en áreas peligrosas (clasificadas); ventilación en áreas peligrosas (clasificadas); sistemas eléctricos para áreas peligrosas (clasificadas) en plataformas marinas petroleras y de gas; véase el apéndice B2.

d) Tubo (conduit) roscado. Todo tubo (conduit) roscado, a los que refiere la presente norma, deben llevar rosca cónica NPT hecha con una máquina de roscar que proporcione una rosca con una conicidad de 1 a 16 (0,625 mm por cada centímetro). El tubo (conduit) debe apretarse con llave, de modo que se evite la producción de chispas en caso de que una corriente eléctrica de falla fluya por el sistema de canalización y, donde sea aplicable, asegurar la integridad del sistema de canalización en caso de explosión o de ignición de polvo.

Para los equipos provistos con rosca métrica, tal entrada debe identificarse como métrica o utilizar adaptadores compatibles aprobados para permitir la conexión con tubo (conduit) con roscado NPT.

NOTA 1: Para información adicional respecto a las especificaciones de entradas con rosca métrica, véase en el apéndice B2.

(e) Conjuntos de cable de fibra óptica. Cuando un conjunto de cable de fibra óptica contenga conductores capaces de conducir corriente, dicho conjunto debe instalarse de acuerdo con los requisitos de los artículos 500, 501, 502 o 503, según sean aplicables.

500-4 Técnicas de protección. En los siguientes incisos se indican las técnicas de protección aceptables para equipo eléctrico y electrónico en áreas clasificadas como peligrosas.

a) Aparatos a prueba de explosión. Esta técnica de protección se permite para equipos instalados en áreas Clase I, División 1 y 2 para las cuales estén aprobados.

NOTA 1: Los aparatos a prueba de explosión se definen en el artículo 100.

NOTA 2: Para información adicional respecto a los aparatos a prueba de explosión, véase en el apéndice B2.

b) Equipo a prueba de ignición de polvo. Esta técnica de protección se permite en áreas Clase II, División 1 y 2 para las cuales estos equipos estén aprobados.

NOTA 1: Los aparatos a prueba de ignición de polvo se definen en el artículo 502-1.

NOTA 2: Para información adicional respecto a los aparatos a prueba de ignición, véase el apéndice B2.

c) Hermético al polvo. Se permite aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en áreas Clase II, División 2 y Clase III para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: Los envoltentes herméticos al polvo se construyen de manera que el polvo no entre en las carcasas del envoltente bajo condiciones específicas de prueba.

NOTA 2: Para información adicional respecto a equipo no incendiario para uso en áreas Clase II, División 2 y Clase III, Divisiones 1 y 2, así como equipo para uso en áreas Clase I y II, División 2 y Clase III, véase el apéndice B2.

NOTA 3: Para información adicional sobre condiciones de prueba para equipos diferentes de los rotatorios, véase el apéndice B2.

d) Purgado y presurizado. Esta técnica de protección se permite para equipo en cualquier área peligrosa (clasificada) para la cual esté aprobado.

NOTA 1: En algunos casos pueden reducirse los riesgos o limitar e incluso eliminar las áreas clasificadas peligrosas, por medio de un adecuado sistema de ventilación forzada (presión positiva) desde una fuente de aire limpio, conjuntamente con un dispositivo eficiente para evitar fallas en la ventilación.

NOTA 2: Para información adicional sobre equipo eléctrico y envoltentes presurizadas, véase el apéndice B2.

e) Sistemas intrínsecamente seguros. El equipo y alambrados intrínsecamente seguros se permiten en cualquier área clasificada como peligrosa para la cual han sido aprobados. Las disposiciones de los artículos 501 al 503, 505 y del 510 al 516 no deben ser considerados aplicables a estas instalaciones, excepto lo exigido en el artículo 504. La instalación de equipo y alambrados intrínsecamente seguros deben cumplir con los requerimientos del artículo 504.

NOTA: Para información adicional sobre aparatos intrínsecamente seguros y aparatos asociados para uso en Clase I, II y III, División 1, véase el apéndice B2.

f) No incendiario. Técnica de protección en la cual, bajo condiciones normales de operación, ningún arco o efecto térmico tiene capacidad para encender la mezcla inflamable de aire con gas, vapor o polvo. Esta técnica de protección se permite en áreas Clase I, División 2, Clase II, División 2 y Clase III para las cuales el equipo esté aprobado.

(1) Circuito no incendiario. Circuito en el cual cualquier arco o efecto térmico producido, bajo condiciones de operación previstas del equipo o debido a la apertura, cortocircuito o puesta a tierra del alambrado in situ, no tiene capacidad, bajo las condiciones de prueba especificadas, para encender gas, vapor o mezcla de polvo-aire, inflamables.

NOTA 1: Para información adicional de las condiciones de prueba para equipo eléctrico para uso en áreas Clase I y II, División 2 y Clase III, División 1 y 2, véase el apéndice B2.

NOTA 2: Circuito no incendiario se define en el artículo 100.

(2) Equipo no incendiario. Equipo que tiene circuitos eléctricos/electrónicos y que, bajo condiciones normales de operación, no tiene capacidad para causar la ignición de un gas, vapor o mezcla de polvo-aire especificados inflamables, debido a arcos o medios térmicos.

NOTA: Para información adicional para equipo eléctrico para uso en áreas Clase I y II, División 2 y Clase III, División 1 y 2, véase el apéndice B2.

a. Componente no incendiario. Componente que tiene contactos para abrir o cerrar un circuito incendiario. El mecanismo de contacto debe estar construido de modo que el componente no tenga capacidad para encender una mezcla inflamable específica de aire con gas o vapor. La carcasa de un componente no incendiario no está prevista para que evite la entrada de la atmósfera inflamable, o para que contenga una explosión.

Se permite aplicar esta técnica de protección a los contactos de interrupción de corriente en áreas Clase I, División 2, para los cuales el componente esté aprobado.

NOTA: Para información adicional sobre equipo para uso en áreas Clase I y II, División 2 y áreas Clase III, véase el apéndice B2.

g) Inmersión en aceite. Esta técnica de protección se permite para contactos de interrupción de corriente eléctrica en áreas Clase I, División 2 como se describe en 501-6(b)(1)(b).

NOTA 1: Véase las Secciones 501-3(b)(1), excepción (a); 501-5(a)(1), excepción (b); 501-6(b)(1); 501-14(b)(1), excepción (a); 502-14(a)(2), excepción; y 502-14(a)(3), Excepción.

NOTA 2: Para información adicional sobre equipo de control en áreas peligrosas (clasificadas), véase el apéndice B2.

h) Sellado herméticamente. Un dispositivo sellado herméticamente debe impedir la entrada de cualquier atmósfera externa y el sello debe ser por fusión, es decir, por soldadura, cobresoldadura, soldadura eléctrica o por la fusión de vidrio a metal.

Esta técnica de protección se permite para contactos de interrupción de corriente eléctrica en áreas Clase I División 2.

NOTA: Véase 501-3(b)(1) Excepción b; 501-5(a)(1) Excepción a; 501-6(b)(1)(a); y 501-14(b)(1) Excepción b.

500-5. Precauciones especiales. Los artículos 500 al 504 requieren que la construcción del equipo y de la instalación garantice un funcionamiento seguro bajo condiciones de uso y mantenimiento adecuados.

NOTA 1: Es importante que los usuarios ejerzan un cuidado mayor que el ordinario con respecto a este tipo de instalaciones y su mantenimiento.

NOTA 2: Las condiciones de bajas temperaturas ambientales requieren una consideración especial. El equipo a prueba de explosión o a prueba de ignición de polvo puede no ser apropiado para usarse en temperaturas menores de -25 °C, a menos que esté aprobado para servicio en bajas temperaturas. Sin embargo, a bajas temperaturas ambientales, pueden no existir concentraciones inflamables de vapores en áreas clasificadas Clase I, División 1, a temperatura ambiente normal.

Excepción: Equipo aprobado para un gas, vapor o polvo específico.

NOTA 1: Esta agrupación está basada en las características de los materiales. El equipo que ha sido aprobado, está disponible para usarse en los diversos grupos de atmósfera.

Clasificación por grupos: Con el propósito de prueba, aprobación y clasificación de un área, se han clasificado mezclas con aire (no enriquecidas con oxígeno) las cuales deberán ser agrupadas de acuerdo con lo indicado en 500-5(a) y 500-5(b).

a) Clasificación por grupos Clase I. Los grupos Clase I deben ser los siguientes:

1) Grupo A: Acetileno.

2) Grupo B: Gas inflamable, líquido que produzca vapor, o líquido combustible que produzca vapor mezclado con aire que pueda incrementarse o explotar, que tiene un valor de espacio máximo experimental seguro entre juntas menor o igual que 0,45 mm, o una relación de corriente mínima de ignición menor o igual que 0,40.

NOTA: Un material típico de áreas Clase I, Grupo B, es el hidrógeno.

Excepción 1: Se permite usar equipos del Grupo D en atmósferas con butadieno si todos los tubos (conduit) que llegan hasta el equipo a prueba de explosión están equipados con sellos a prueba de explosión instalados a una distancia no mayor que 450 mm del envoltente.

Excepción 2: Se permite usar equipos del Grupo C en atmósferas que contengan Alil glicidilo éter, n-butilo glicidilo éter, óxido de etileno, óxido de propileno y acroleína, si todos los tubos (conduit) que llegan hasta el equipo a prueba de explosión están equipados con sellos a prueba de explosión instalados a una distancia no mayor que 450 mm del envoltente.

3) Grupo C: Gas inflamable, líquido inflamable que produzca vapor, o líquido combustible que produzca vapor mezclado con aire que pueda incendiarse o explotar, que tiene un valor de espacio máximo experimental seguro entre juntas mayor que 0,45 mm y menor o igual que 0,75 mm o una relación de corriente mínima de ignición mayor que 0,40 y menor o igual que 0,80.

NOTA: Un material típico de áreas Clase I, Grupo C, es el etileno.

4) Grupo D: Gas inflamable, líquido inflamable que produzca vapor, o líquido combustible que produzca vapor mezclado con aire que pueda incendiarse o explotar que tiene un valor de espacio máximo experimental seguro entre juntas mayor que 0,75 mm o una relación de corriente mínima de ignición mayor que 0,80.

NOTA: Un material típico de áreas Clase I, Grupo D es el propano.

Excepción: Para atmósferas que contengan amoníaco, se permite reclasificar el área a una menos peligrosa o a una absolutamente no peligrosa.

NOTA 1: Para información adicional sobre las propiedades y clasificación por grupos de los materiales de Clase I, véase el apéndice B2.

NOTA 2: Las características de explosión de la mezcla de aire con gases o vapores, varían de acuerdo con el tipo de material involucrado. Para áreas Clase I, Grupos A, B, C y D, la clasificación involucra determinar la máxima presión de explosión y la máxima distancia de seguridad entre las juntas de unión de la envolvente. Entonces, es necesario que el equipo esté aprobado no sólo para esta clase, sino también para un grupo específico de gas o vapor que pueda estar presente.

NOTA 3: Algunas atmósferas químicas pueden tener características que requieren salvaguardas mayores, que aquéllas requeridas por cualquiera de los grupos antes mencionados. El bisulfuro de carbono es uno de estos productos químicos, debido a su baja temperatura de ignición (100 °C) y al pequeño intersticio de la junta permitido para detener su flama.

NOTA 4: Para información adicional de la clasificación de áreas con atmósfera de amoníaco, véase el apéndice B2.

b) Clasificación por grupos Clase II. Los grupos Clase II deben ser los siguientes:

1) Grupo E: Atmósferas que contengan polvos metálicos combustibles, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros polvos combustibles, donde el número de partículas, su abrasividad y conductividad, presenten peligro similar en la utilización del equipo eléctrico.

NOTA: Ciertos polvos metálicos pueden tener características que requieren salvaguardas mayores, a aquellas para atmósferas que contienen polvos de aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales. Por ejemplo, los polvos de circonio, torio y uranio tienen temperaturas de ignición extremadamente bajas (tan bajas como 20 °C) y energías de ignición mínimas menores que cualquier otro material clasificado en cualquiera de los grupos de Clase I o de Clase II.

2) Grupo F: Atmósferas que contengan polvos carbonosos, combustibles con más del 8% del total de partículas volátiles atrapadas o que han sido sensibilizados por otros materiales, de tal manera que presenten peligro de explosión.

NOTA 1: Ejemplos de polvos carbonosos, son los polvos de carbón negro de humo, carbón vegetal y coque.

NOTA 2: Para información adicional para el método de prueba para materiales volátiles en el análisis de muestras para carbón vegetal y coque, véase el apéndice B2.

3) Grupo G: Atmósferas que contengan polvos combustibles tales como harina, granos, madera, plástico y químicos, no incluidos en los grupos E o F.

NOTA 1: Para información adicional sobre la clasificación por grupos de los materiales de Clase II, véase el apéndice B2.

NOTA 2: Las características de explosión de las mezclas de aire con polvo, varían de acuerdo con los materiales involucrados. Para áreas Clase II, grupos E, F y G, la clasificación involucra ajuste, apriete o estrechez de las uniones o juntas de ensamble y el intersticio de la flecha para prevenir la entrada de polvos en envolventes a prueba de ignición de polvo, el efecto de acumulación de las capas de polvo sobre el equipo, que puede causar sobrecalentamiento y la temperatura de ignición del polvo. Entonces, es necesario que el equipo sea aprobado no sólo para esta clase, sino también para el grupo específico del polvo que esté presente.

NOTA 3: Ciertos polvos pueden requerir precauciones adicionales debido a fenómenos químicos que pueden resultar en la generación de gases combustibles.

NOTA 4: Para información adicional de las áreas de manejo de carbón, véase el apéndice B2.

c) Aprobación para Clases y propiedades. Independientemente de la clasificación del área en donde estén instalados, los equipos que dependen de un solo sello de compresión, diafragma, o tubería para prevenir la entrada de fluidos combustibles o inflamables al equipo, deben ser aprobados para áreas Clase I, División 2.

Excepción: El equipo instalado en áreas Clase I, División 1 debe estar aprobado para áreas División 1.

NOTA 1: Para requerimientos adicionales véase 501-5(f)(3).

El equipo debe estar aprobado no sólo para la clase del área, sino también para las propiedades explosivas, combustibles o de ignición del gas, vapor, polvo, fibra o partículas volátiles, específicos que estén presentes. Además, el equipo Clase I no debe tener ninguna superficie expuesta que opere a una temperatura que exceda de la temperatura de ignición del gas o vapor específico.

El equipo Clase II no debe tener una temperatura externa más alta que la especificada en 500-5(f).

El equipo Clase III no debe exceder las temperaturas máximas superficiales especificadas en 503-1.

El equipo aprobado para un área clasificada como División 1 puede ser instalado en un área clasificada como División 2 de la misma clase y grupo.

El equipo de uso general, o equipo instalado en envoltentes de uso general permitidos en los artículos 501 al 503, se puede instalar en áreas División 2, si el equipo, bajo condiciones normales de operación, no constituye una fuente de ignición.

A menos que se especifique otra cosa, se debe asumir que las condiciones normales de operación para motores son las de funcionamiento constante a plena carga.

Cuando haya o pueda haber presentes, al mismo tiempo, gases inflamables y polvos combustibles, se debe considerar la presencia simultánea de ambos elementos para establecer la temperatura de operación segura del equipo eléctrico.

NOTA 2: Las características de las distintas mezclas atmosféricas de gases, vapores y polvos dependen del material específico involucrado.

d) Marcado. El equipo aprobado debe marcarse para indicar la clase, el grupo y la temperatura de operación o intervalo de temperatura con referencia a una temperatura ambiente de 40 °C.

Excepción 1: No se requiere que lleven marcada la temperatura o intervalo de temperatura de funcionamiento los equipos que no generen calor, como las cajas de empalme, tubo (conduit) y herrajes, y los que produzcan calor con una temperatura máxima no mayor que 100 °C.

Excepción 2: No se requiere que los luminarios fijos marcados exclusivamente para lugares Clase I, División 2 o Clase II, División 2, lleven marcado el grupo.

Excepción 3: No se requiere que los equipos fijos de propósito general en lugares Clase I, que no sean luminarios fijos, que sean aceptables para utilizarse en lugares Clase I, División 2, lleven marcada la clase, grupo, división o temperatura de funcionamiento.

Excepción 4: No se requiere que los equipos fijos herméticos al polvo distintos de los luminarios fijos, que son aceptables para su uso en lugares Clase II, División 2 y Clase III lleven marcada la clase, grupo, división o temperatura de funcionamiento.

Excepción 5: Los equipos eléctricos adecuados para funcionar a temperatura ambiente superiores a 40 °C deben ir marcados con la temperatura ambiente máxima y además con la temperatura o intervalo de temperatura de funcionamiento a esa temperatura ambiente.

NOTA 1: El equipo que no esté marcado para indicar una división específica, o marcado "División 1" o "Div. 1", se considera adecuado para áreas División 1 y 2. El equipo marcado "División 2" o "Div. 2" se considera adecuado únicamente para áreas División 2.

Cuando en el marcado se proporciona la temperatura de operación o intervalo de temperatura, ésta debe indicarse por medio de los números de identificación, mostrados en la Tabla 500-5(d).

Los números de identificación marcados sobre las placas de datos de equipo, deben estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 500-5(d).

TABLA 500-5(d).- Números de identificación

Temperatura máxima °C	Número de identificación
450	T1
300	T2
280	T2A
260	T2B
230	T2C
215	T2D
200	T3
180	T3A
165	T3B
160	T3C
135	T4
120	T4A
100	T5
85	T6

Los equipos aprobados para Clase I y Clase II deben estar marcados con la temperatura máxima segura de operación, que se determina por medio de la exposición simultánea a las combinaciones de las condiciones Clase I y Clase II.

NOTA 2: Debido a que no existe una relación directa y consistente entre las propiedades de explosión y la temperatura de ignición, ambas propiedades se consideran requisitos independientes.

e) Temperatura Clase I: La temperatura marcada, según lo especificado en (d) anterior, no debe exceder la temperatura de ignición del gas o vapor específico que se pueda encontrar en el área.

NOTA: Para información adicional sobre las temperaturas de ignición de gases y vapores, así como en áreas de procesos químicos, véase el apéndice B2.

f) Temperatura Clase II. La temperatura marcada, según lo especificado en (d) anterior, debe ser menor que la temperatura de ignición del polvo específico que pueda encontrarse. Para los polvos orgánicos que se puedan deshidratar o carbonizar, la temperatura de marcado no debe exceder de la temperatura de ignición o 165 °C.

NOTA: Para información adicional sobre las temperaturas de ignición mínimas de polvos específicos, véase el apéndice B2.

La temperatura de ignición para la cual estaban anteriormente aprobados los equipos para este requisito, es como se indica en la Tabla 500-5(f).

TABLA 500-5(f).- Temperatura de ignición

Equipo que no está sujeto a sobrecarga		Equipo que puede sobrecargarse, tal como motores o transformadores	
Clase II Grupo	°C	Operación normal °C	Operación anormal °C
E	200	200	200
F	200	150	200
G	165	120	165

500-6. Locales específicos. Los artículos 510 al 517 cubren requisitos para los siguientes locales: garajes, estacionamientos comerciales, talleres de servicio y reparación para vehículos automotores; hangares de aviación; gasolineras y estaciones de servicio; plantas de almacenamiento a granel; procesos de aplicación por rociado, por inmersión y recubrimiento y centros para el cuidado de la salud.

500-7. Áreas Clase I. Las áreas Clase I son aquellas en las cuales están o pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables. Las áreas Clase I, deben incluir aquellas especificadas en los incisos (a) y (b) descritos a continuación.

a) Clase I, División 1. Un área Clase I División 1 es aquella:

(1) en donde, bajo condiciones normales de operación, puede haber concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, o

(2) en donde frecuentemente, debido a labores de reparación, mantenimiento o, a fugas, puede haber concentraciones inflamables de tales gases o vapores, o

(3) en donde debido a fallas o mal funcionamiento de equipos o procesos, pueden liberarse concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, y pueden también causar simultáneamente una falla en el equipo eléctrico, que provoque que éste se comporte como una fuente de ignición.

NOTA 1: Esta clasificación generalmente incluye las áreas siguientes:

(1) las áreas donde se transfieren, de un recipiente a otros, líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables;

(2) los interiores de las cabinas pulverizadoras de pintura y áreas cercanas a donde se realizan operaciones de pintura y rociado con uso de disolventes volátiles inflamables;

(3) las áreas que contienen tanques abiertos o tanques de líquidos volátiles inflamables;

(4) los locales para el secado o los compartimentos para la evaporación de disolventes inflamables;

(5) los locales que contienen equipo para la extracción de grasas y aceites que usan disolventes volátiles inflamables;

(6) las secciones de las plantas de limpieza y teñido donde se utilizan líquidos inflamables;

(7) los cuartos de los generadores a gas y otras secciones de las plantas manufactureras de gas donde puede haber fugas de gases inflamables;

(8) los cuartos de bombas de gases inflamables o líquidos volátiles inflamables que estén inadecuadamente ventilados;

(9) el interior de los refrigeradores y congeladores que almacenen materiales volátiles inflamables en recipientes abiertos, ligeramente tapados o que se puedan romper fácilmente; y

(10) todas las demás áreas donde puedan ocurrir, concentraciones combustibles de vapores o de gases inflamables, durante el transcurso de su operación normal.

NOTA 2: En algunas áreas de División 1 se pueden presentar concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, continuamente o por largos periodos de tiempo. Algunos ejemplos incluyen:

(1) el interior de envoltentes con respiraderos inadecuados que contienen instrumentos, que normalmente descargan gases inflamables o vapores al interior del envoltente;

(2) el interior de tanques con respiraderos (venteos) que contengan líquidos volátiles inflamables;

(3) el área entre el interior y el exterior de secciones del techo de un tanque de techo flotante que contenga fluidos volátiles inflamables;

(4) áreas inadecuadamente ventiladas dentro de procesos de rociado y recubrimiento que utilizan fluidos volátiles inflamables;

(5) interiores de ductos de extracción utilizados para ventilar concentraciones de gases o vapores inflamables.

La experiencia ha demostrado que es prudente evitar la instalación de instrumentos u otro equipo eléctrico en la totalidad de estas áreas particulares. Cuando esto no pueda evitarse, debido a que es esencial para el proceso y donde no sea factible hacer la instalación en otras áreas (véase 500-3 NOTA), debe utilizarse equipo eléctrico o de instrumentación aprobados para la aplicación específica o que sean sistemas intrínsecamente seguros como se describe en el artículo 504.

b) Clase I, División 2. Un área Clase I, División 2, es aquella:

(1) en donde se manejen, procesan o se usan líquidos volátiles inflamables o gases inflamables, pero en donde normalmente los líquidos, vapores, o gases, están confinados dentro de recipientes cerrados o sistemas cerrados de donde ellos pueden escapar sólo en el caso de una ruptura accidental o avería de los recipientes o sistemas, o en el caso de una operación anormal del equipo; o

(2) en donde concentraciones combustibles de gases o vapores son normalmente evitados por medio de una ventilación mecánica forzada (positiva). Estos pueden convertirse en peligrosa por la falla o por la operación anormal del equipo de ventilación; o

(3) que el área se encuentre adyacente a un área Clase I División 1, hacia donde pueden llegar ocasionalmente concentraciones combustibles de gases o vapores, a menos que la vía de comunicación se evite por medio de un adecuado sistema de ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio y se disponga de dispositivos adecuados para evitar las fallas del sistema de ventilación.

NOTA 1: Esta clasificación generalmente incluye áreas donde se usen líquidos volátiles inflamables o gases o vapores inflamables, pero que pueden volverse peligrosos solamente en caso de accidente o de alguna condición de operación inadecuada. Los factores que merecen consideración al determinar la clasificación y la extensión de cada área, son la cantidad de material inflamable que puede escaparse, en caso de accidente, la suficiencia del equipo de ventilación, el área total involucrada y el historial de la industria o empresa con respecto a explosiones o incendios.

NOTA 2: No se considera que la tubería sin válvulas, los puntos de inspección, los medidores y dispositivos similares, pueden generalmente causar condiciones de peligro, aun al usarse líquidos o gases inflamables. Las áreas utilizadas para el almacenamiento de líquidos inflamables o gases licuados o comprimidos dentro de recipientes sellados, no se consideran normalmente peligrosas, a menos que estén sujetas también a otras condiciones peligrosas.

NOTA 3: Para información adicional sobre líquidos combustibles y flamables, así como gas licuado, véase el apéndice B2.

500-8. Areas Clase II. Las áreas Clase II, son aquellas peligrosas debido a la presencia de polvos combustibles. Las áreas Clase II deben incluir aquellas especificadas en (a) y (b) que se enuncian a continuación:

a) Clase II, División 1. Un área Clase II, División I es un lugar:

1) En el cual bajo condiciones normales de operación hay polvo combustible en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o fácil ignición; o

2) En el cual una falla mecánica o un funcionamiento anormal de una maquinaria o equipo puede causar explosión o producir mezclas explosivas o fácil ignición, y puede haber una fuente de ignición debido a una falla simultánea del equipo eléctrico, la operación de dispositivos de protección, o por otras causas; o

3) En donde pueden estar presentes polvos combustibles eléctricamente conductores en cantidades peligrosas.

NOTA: Los polvos combustibles eléctricamente no conductores incluyendo los polvos producidos en el manejo de granos y productos de los granos, azúcar pulverizada y cacao, huevo seco y leche en polvo, pastas, especias pulverizadas, almidones y pastas, papas y harinas, harinas producidas de frijoles y semillas, heno seco, aserrín u otros materiales orgánicos que pueden producir polvos combustibles durante su procesamiento o manejo. Solamente los polvos del grupo E son considerados eléctricamente conductores para el propósito de la clasificación. Los polvos que contienen magnesio o aluminio son particularmente peligrosos, y deben manejarse con extrema precaución para evitar su ignición y explosión.

b) Clase II, División 2. Un área Clase II, División 2, es aquella donde:

(1) En el que normalmente no hay polvo combustible en el aire en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o fácil ignición y en el que la acumulación de polvo normalmente es insuficiente para interferir con la operación normal del equipo eléctrico u otros aparatos, pero puede haber polvo combustible en suspensión en el aire como resultado de un inusual mal funcionamiento de los equipos de manejo o de proceso y

(2) En que las acumulaciones de polvo combustible sobre, dentro o en la proximidad del equipo eléctrico, pueden ser suficientes para interferir con la disipación segura de calor del equipo eléctrico, o pueden ser combustibles por la operación anormal o falla del equipo eléctrico.

NOTA 1: Los factores que deben considerarse para establecer la clasificación de un área y que puedan dar como resultado un área no clasificada, son entre otros, la cantidad de polvo combustible que puede estar presente y los sistemas adecuados para remover el polvo.

NOTA 2: Cuando productos tales como semillas se manejan de modo que produzcan bajas cantidades de polvo, pero la cantidad depositada de éste, puede justificar su clasificación.

500-9. Areas Clase III. Las áreas Clase III son aquellas peligrosas debido a la presencia de fibras o partículas volátiles de fácil ignición, pero en las cuales es poco probable que dichas partículas permanezcan

en suspensión en suficientes cantidades para producir mezclas de fácil ignición. Las áreas Clase III deben incluir aquellas especificadas en (a) y (b), descritas a continuación.

a) Clase III, División 1. Un área Clase III División 1 es aquella donde se manejan, manufacturan o utilizan fibras de fácil ignición o materiales que producen partículas volátiles combustibles.

NOTA 1: Estas áreas generalmente incluyen algunos sitios que utilizan rayón, algodón y otros textiles; en las plantas manufactureras y procesadoras de fibras que son combustibles; desmotadoras de algodón y plantas trituradoras de semillas de algodón, plantas procesadoras de lino; plantas manufactureras de ropa, plantas de madera y establecimientos e industrias involucradas en procesos o condiciones peligrosas similares.

NOTA 2: Entre las fibras de fácil ignición y partículas volátiles se encuentran las de rayón, algodón (incluyendo las fibras de residuo de algodón desmotado y desperdicios de algodón), henequén, ixtle, yute, cáñamo, fibra de coco, estopa, desperdicio de lana, de ceiba, musgo español, virutas de maderas y otros materiales de similar naturaleza.

b) Clase III, División 2. Un área Clase III, División 2, es aquella donde se almacenan o manejan fibras de fácil ignición, en procesos diferentes de los de manufactura.

ARTICULO 501 - AREAS CLASE I

501-1. Disposiciones generales. Las reglas generales de esta norma se deben aplicar a las instalaciones de alambrado y equipo eléctrico en las áreas clasificadas como Clase I en 500- 7.

Se permite que los equipos marcados y aprobados de acuerdo con la sección 505-10 para uso en lugares Clase I, Zona 0, 1 o 2, estén en lugares Clase I división 2 para el mismo gas y con una temperatura nominal adecuada

Excepción: Lo que está modificado en este artículo.

501-2. Transformadores y capacitores

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, los transformadores y capacitores deben cumplir con lo siguiente:

1) Cuando contengan líquido inflamable. Los transformadores y capacitores que contengan líquido combustible se deben instalar únicamente en bóvedas aprobadas que cumplan con las Secciones 450-41 a 450-48 y además:

- (a) no debe haber puertas ni otra abertura de comunicación entre la bóveda y el área División 1; y
- (b) debe haber ventilación suficiente para expulsar continuamente los gases o vapores inflamables; y
- (c) las aberturas o ductos de ventilación deben conducir a un lugar seguro fuera de la construcción, y
- (d) los ductos y aberturas de ventilación deben ser de una sección suficiente para disminuir las presiones de explosión dentro de la bóveda; y todas las partes de los ductos de ventilación dentro de la edificación deben ser de concreto reforzado.

2) Cuando no contengan líquido inflamable. Los transformadores y capacitores que no contengan líquido inflamable deben instalarse en bóvedas de acuerdo con lo indicado en los requisitos de la Sección 501-2(a)(1) anterior o estar aprobados para áreas Clase I,

b) Clase I, División 2. En las áreas Clase I, División 2, los transformadores y capacitores deben cumplir con las Secciones 450-21 a 450-27.

501-3. Medidores, instrumentos y relevadores

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, los medidores, instrumentos y relevadores, incluyendo kilowattórímetros, transformadores de instrumento, resistencias, rectificadores y válvulas termoiónicas, deben estar en envoltentes aprobados para áreas Clase I División 1.

Los envoltentes aprobados para áreas Clase I, División 1, incluyen envoltentes a prueba de explosión, y envoltentes purgados y presurizados.

b) Clase I, División 2. En las áreas Clase I, División 2, los medidores, aparatos de medición y relevadores deben cumplir con lo siguiente:

1) Contactos. Los desconectores, interruptores automáticos, así como los contactos de cierre y apertura de los pulsadores, relevadores, sirenas, y campanas de alarma, deben tener envoltentes aprobados para áreas Clase I, División 1, de acuerdo con la Sección 501-3(a) anterior.

Excepción: Se permiten envoltentes de uso general si los contactos de interrupción de corriente eléctrica, están:

- a. Sumergidos en aceite.
- b. Encerrados en una cámara herméticamente sellada contra la entrada de gases o vapores.
- c. En circuitos no incendiarios; o
- d. Son parte de un componente no incendiario aprobado.

2) Resistencias y equipo similar. Las resistencias, dispositivos con resistencias, válvulas termoiónicas, rectificadores y equipo similar, usados en conexión o dentro de aparatos de medición, instrumentos y relevadores, deben cumplir con Sección 501-3(a) anterior.

Excepción: Se permiten envoltentes de uso general, si estos equipos no tienen contactos de cierre y apertura o deslizantes, que no sean los previstos, en la Sección 501-3(b)(1) anterior y si la temperatura máxima de operación de cualquier superficie expuesta no excede de 80% de la temperatura de ignición (°C), del gas o vapor involucrado, o se pruebe y se encuentre incapaz de provocar la ignición de dicho gas o vapor. Esta excepción no aplica a tubos termoiónicos.

3) Sin contactos de cierre o apertura. Los devanados de los transformadores, las bobinas de impedancia, los solenoides y otros devanados que no lleven contactos deslizantes o de cierre y apertura, pueden estar en envoltentes de uso general.

4) Ensamblados de uso general. Cuando un ensamble está formado por componentes para los cuales son aceptables las envoltentes de uso general, según las Secciones 501-3(b)(1), 501-3(b)(2) y 501-3(b)(3) anteriores, se puede aceptar una envoltente única de uso general para todos ellos, si dicho ensamble comprende algunos de los equipos descritos en la Sección 501-3(b)(2) anterior, debe indicarse clara y visiblemente en la parte externa del envoltente, la temperatura máxima a que puede llegar cualquiera de los componentes. Como alternativa se permite marcar el equipo aprobado para indicar la temperatura máxima para la cual está aprobado, usando los números de identificación de la Tabla 500-5(d).

5) Fusibles. Donde se permitan envoltentes o cajas de uso general, según las Secciones 501-3(b)(1), 501-3(b)(2), 501-3(b)(3) y 501-3(b)(4) anteriores, los fusibles para protección contra sobrecorriente de los circuitos de instrumentos, no sujetos a sobrecarga bajo uso normal, pueden montarse en envoltentes de uso general, si cada fusible es precedido por un desconector que cumpla con la Sección 501-3(b)(1) anterior.

6) Conexiones. Para facilitar el reemplazo, los instrumentos de control de procesos pueden conectarse por medio de cordones flexibles, clavijas y receptáculos si se cumplen todas las condiciones que siguen:

(1) se tenga un desconector que cumpla con lo previsto en la Sección 501-3(b)(1) anterior, para que la interrupción no se haga en la clavija; y

(2) la corriente eléctrica no es mayor que 3 A en 120 V o 127 V nominal; y

(3) el cordón de alimentación no debe ser mayor que 90 cm, si es de un tipo aprobado para uso extrarrudo o, para uso rudo si está protegido por su ubicación, y se alimenta a través de una clavija y receptáculo de tipo de retención mecánica con conexión de puesta a tierra; y

(4) solamente se instalan los receptáculos necesarios; y

(5) cada receptáculo lleva un letrero que indique "no desconectar bajo carga".

501-4. Métodos de alambrado. Los métodos de alambrado deben cumplir con lo indicado en los incisos (a) y (b) que se enuncian a continuación:

a) Clase I, División 1

(1) Alambrado fijo. Las áreas Clase I, División 1, se deben alambra en tubo (conduit) metálico tipo pesado; semipesado o cables tipo MI con accesorios terminales aprobados para esos lugares. Todas las cajas, accesorios y uniones deben tener conexiones roscadas para la unión del tubo (conduit) o terminales de cables y deben ser a prueba de explosión. Las uniones roscadas deben entrar por lo menos con cinco roscas completamente introducidas. Los cables tipo MI se deben instalar y apoyar de modo que se eviten esfuerzos de tensión en los accesorios terminales.

Excepción 1: Se permite usar tubo(conduit) rígido no metálico que cumpla con lo indicado en el artículo 347, cuando esté encofrado en concreto con espesor de 50 mm, y con una cobertura mínima de 600 mm medida desde la parte superior del tubo (conduit) hasta el nivel del suelo. Se permite omitir el encoframiento

de concreto cuando esté sujeto a las disposiciones de la sección 511-4 excepción; 514-8 excepción y sección 515-5(a).

Cuando se utilice tubo (conduit) rígido no metálico, se debe usar tubo (conduit) pesado o tubo (conduit) semipesado roscado de acero para los últimos 600 mm del tramo subterráneo hasta que salga de la tierra o hasta el punto de conexión con la canalización que vaya sobre el terreno. Se debe incluir un conductor de puesta a tierra de los equipos para dar continuidad eléctrica al sistema de canalizaciones y para poner a tierra las partes metálicas no portadoras de corriente.

Excepción 2: En establecimientos industriales con acceso restringido al público, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que únicamente personal calificado realiza el servicio de instalación, se permite el uso de cable tipo MC, aprobado para áreas Clase I, División 1, con cubierta continua de aluminio corrugado hermético al gas y vapor, con cubierta exterior de material polimérico adecuado, conductores de puesta a tierra separados, de acuerdo con lo indicado en 250-95, y suministrado con accesorios terminales aprobados para la aplicación específica.

NOTA: Véase 334-3 y 334-4 para restricciones en el uso del cable tipo MC.

Excepción 3: En establecimientos industriales con acceso restringido al público, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que solamente personal calificado atenderá las instalaciones, se permite el uso de cable tipo ITC aprobado para uso en lugares Clase I, División 1, con una cubierta continua de aluminio corrugado hermética al gas y al vapor, cubierta exterior adecuada de material polimérico y suministrado con accesorios terminales aprobados para la aplicación específica.

(2) Conexiones flexibles. Cuando sea necesario emplear conexiones flexibles, como en terminales de motor, se deben usar accesorios flexibles aprobados para áreas Clase I.

Excepción: Se permite cordón flexible instalado como se indica en 501-11.

b) Clase I, División 2. En las áreas Clase I División 2, el método de alambrado empleado debe ser en tubo (conduit) pesado o semipesado roscado, tubo (conduit) intermedio de acero roscado, electroductos sellados, ductos metálicos sellados, o cables tipo PLTC, de acuerdo con lo indicado en el artículo 725, o con cable tipo ITC en soporte tipo charola para cables, en sistemas de canalizaciones sostenidas por un cable mensajero, o directamente enterrado cuando el cable esté aprobado para este uso, cables tipos MI, MC, MV o TC usando accesorios terminales aprobados. Se permite instalar cables tipo ITC, PLTC, MI, MC, MV o TC en soportes para cables tipo de charola, y de tal manera que se eviten los esfuerzos de tensión mecánica en los accesorios terminales. Las cajas, accesorios y uniones no necesitan ser a prueba de explosión, salvo lo requerido en 501-3(b)(1), 501-6(b)(1) y 501-14(b)(1). Cuando se requiera flexibilidad limitada, como en las terminales de motores se deben usar accesorios metálicos flexibles, tubo (conduit) metálico flexible con accesorios aprobados, tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos con accesorios adecuados, tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos con accesorios aprobados, cordón flexible aprobado para uso extra rudo y provisto de accesorios aprobados. El cordón flexible debe tener un conductor adicional para puesta a tierra.

NOTA: Véase 501-16 (b), requerimientos para puesta a tierra cuando se usa tubo (conduit) flexible.

Excepción: Se permite el alambrado en circuitos no incendiarios usando cualquiera de los métodos de instalación para áreas normales.

501-5. Sellado y drenado. Los sellos en tubo (conduit) y en sistemas de cables deben cumplir con los requisitos dados a continuación desde (a) a (f). El compuesto sellador debe ser del tipo aprobado para las condiciones y uso. Se debe aplicar compuesto sellador a los accesorios terminales de los cables tipo MI para excluir humedad o algún otro fluido en el aislamiento del cable.

NOTA 1: Se deben proveer sellos en tubo (conduit) y en cables para minimizar el paso de gases y vapores e impedir el paso de llamas de una parte de la instalación eléctrica a otra a través del tubo (conduit). El paso de vapores a través del cable tipo MI se evita en forma inherente gracias a su construcción. A menos que estén específicamente diseñados y probados para tal propósito, los sellos de tubo (conduit) y cables no están diseñados para impedir el paso de líquidos, gases o vapores bajo una presión diferencial continua a través del sello. Aunque haya diferencias de presión a través del sello equivalente a algunos kPa, puede existir un paso lento de gas o vapor a través del sello y a través de los conductores que atraviesan el sello; véase 501-5(e)(2). Las temperaturas extremas y los líquidos y vapores, altamente corrosivos pueden afectar la eficacia de los sellos para cumplir la función asignada; véase 501-5(c)(2).

NOTA 2: Las fugas de gas o vapor y la propagación de llamas pueden ocurrir a través de los intersticios entre los hilos de los conductores trenzados de tamaño nominal no-mayores a 33,6 mm² (2 AWG). Los conductores de construcciones especiales, por ejemplo, de hilos compactados o el sellado individual de los hilos, es el medio para reducir las fugas y evitar la propagación de la flama.

a) Sellos en tubo (conduit), áreas Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, se deben localizar los sellos como sigue:

(1) En cada tramo de tubo (conduit) que entra en una envolvente a prueba de explosión en donde: **(a)** dicha envolvente contenga aparatos tales como desconectador, interruptores automáticos, fusibles, relevadores o resistencias que puedan producir arcos eléctricos, chispas o altas temperaturas que se consideren como una fuente de ignición en condiciones normales de funcionamiento; o **(b)** la entrada tenga un tamaño de 50 mm o más y el envolvente contenga terminales, empalmes o derivaciones. Para los propósitos de esta Sección, debe considerarse como alta temperatura cualquiera que exceda el 80% de la temperatura de autoignición en grados Celsius, del gas o vapor presente.

Excepción de (a)(1)(a). El tubo (conduit) que entra en un envolvente en donde los desconectadores, interruptores automáticos, fusibles, relevadores o las resistencias están:

- a. Encerrados dentro de una cámara sellada herméticamente contra la entrada de gases o vapores; o
- b. Sumergidos en aceite, de acuerdo con lo especificado en 501-6(b)(1)(b); o
- c. Encerrados en una cámara a prueba de explosión sellada de fábrica en una envolvente aprobado para el área, y marcado como "sellado de fábrica" o su equivalente.

No debe considerarse que los envoltentes sellados en fábrica sirven como sello para otro envolvente adyacente a prueba de explosión que debe tener un sello de tubo (conduit).

Los sellos de tubo (conduit) deben instalarse a una distancia máxima de 450 mm del envolvente. Entre el accesorio de sellado y el envolvente a prueba de explosión sólo se permite uniones a prueba de explosión, coples, reductores, codos, codos con casquillo y cajas de paso similares a los tipos en L, en T y en cruz que no sean más grandes que el tamaño comercial del tubo (conduit).

(2) En cada entrada de tubo (conduit) en un envolvente presurizado, en donde el tubo (conduit) no está presurizado como parte del sistema de protección. Los sellos de tubo (conduit) deben instalarse a una distancia no mayor que 450 mm del envolvente presurizado.

NOTA 1: La instalación del sello lo más cerca posible del envolvente reduce problemas con el purgado del espacio de aire muerto en el tubo (conduit) presurizado.

NOTA 2: Para información adicional sobre aplicaciones de presurización, véase el apéndice B2.

3) Cuando en dos o más envoltentes a prueba de explosión, se requieren sellos tubo (conduit) de acuerdo con lo indicado en (a)(1) estando unidos por niples o por tramos de tubo (conduit) a una longitud no mayor que 900 mm, es suficiente colocar un solo sello en cada niple o tramo de tubo (conduit), si tal sello no dista más de 450 mm de cada envolvente.

(4) En cada tramo de tubo (conduit) que sale de un área peligrosa Clase I, División 1, se permite colocar el sello en cualquier lado del límite de dicha área, a no más de 3 m del límite, pero debe estar diseñado e instalado de tal forma que minimice la cantidad gas o vapor que pueda entrar al tubo (conduit) dentro del área División 1, y se comunique por el tubo (conduit) más allá del sello. En el tramo comprendido entre el sello del tubo (conduit) y el punto en el que el tubo (conduit) sale de la área peligrosa Clase I, División 1, no debe haber uniones, coples, caja o accesorio en el tubo (conduit), excepto las reducciones aprobadas a prueba de explosión en el sello del tubo (conduit).

Excepción: El tubo (conduit) metálico que pase a través de un área Clase I, División 1, sin uniones, acoplamientos, cajas o accesorios, sin accesorios a menos de 300 mm de cada límite, no necesita estar sellado, siempre que los puntos de terminación del tubo (conduit) continuo estén en áreas no clasificadas.

b) Sellos en tubo (conduit), áreas Clase I, División 2. En las áreas Clase I, División 2, los sellos en tubo (conduit) se deben localizar como sigue:

1) En las conexiones con envoltentes que deben ser a prueba de explosión, debe colocarse un sello de tubo (conduit), de acuerdo con las Secciones 501-5(a)(1)(a) y 501-5(a)(3) anteriores. Todos los tramos de tubo (conduit) o tubos cortos (niples) comprendidos entre el sello y la envolvente deben cumplir con el artículo 501-4 (a).

2) En cada tramo de tubo (conduit) que pase de un área peligrosa Clase I, División 2, a una no peligrosa, el sello puede colocarse en cualquiera de los lados del límite entre las dos áreas a una distancia no mayor que 3 m de dicho límite, y debe diseñarse e instalarse de tal forma que minimice la cantidad de gas o vapor que pueda entrar al tubo (conduit) dentro del área División 2, y se comunique por el tubo (conduit) más allá del sello. Se debe usar tubo (conduit) metálico rígido o tubo (conduit) metálico semipesado de acero roscado entre el sello y el punto en que el tubo (conduit) sale del área División 2, y debe usarse una conexión roscada en el sello. No debe haber unión, caja o accesorio en el tubo (conduit) a excepción de las reducciones aprobadas a prueba de explosión en el sello, entre el sello y el punto en que el tubo (conduit) sale del área clasificada División 2.

Excepción 1: Tubo (conduit) metálico continuo que pase a través de un área Clase I, División 2, sin uniones, acoplamientos, cajas o accesorios, sin accesorios a menos de 300 mm de cada límite, no necesita estar sellado, siempre que los puntos de terminación del tubo (conduit) estén en áreas no clasificadas.

Excepción 2: Tubo (conduit) que termine en un área no-clasificada, en donde se utilizó un método de alambrado de transición como se hace en soporte tipo charola para cables, electroductos, canalizaciones prealambradas, ducto ventilado, cable tipo MI o alambrado al descubierto, no requiere sello cuando pasa de un área Clase I, División 2, a una no-clasificada. Las áreas no clasificadas deben ser áreas exteriores, o se permite en interiores si el sistema de tubo (conduit) se encuentra en un solo cuarto. El tubo (conduit) no debe terminar en una envolvente que contenga una fuente de ignición bajo condiciones normales de operación.

Excepción 3: Un tubo (conduit) que pase a través de un envolvente o cuarto que no es clasificado como resultado de la aplicación de presurización hacia una área Clase I, División 2, no requiere un sello en el límite del área.

NOTA: Para información adicional sobre aplicaciones de presurización, véase el apéndice B2.

Excepción 4: Los segmentos de tubo (conduit) expuestos, no requieren ser sellados cuando pasen a través de un área Clase I, División 2 a una no-clasificada si se reúnen las siguientes condiciones:

a. Ninguna parte del segmento del tubo (conduit) que pase a través del área Clase I, División 1 contiene uniones, cajas o accesorios dentro de 300 mm del área Clase I, División 1; y

b. El segmento del tubo (conduit) está localizado por completo en áreas exteriores; y

c. El segmento del tubo (conduit) no está directamente conectado a bombas provistas de diafragma, conexiones de proceso o servicio para medidas de análisis de presión o caudal, etc., que dependan de un solo sello de compresión, diafragma o tubo para evitar la entrada de fluidos inflamables o combustibles al sistema de conduit;

d. El segmento del tubo (conduit) contiene únicamente tubo (conduit) metálico roscado, uniones, reducciones, cajas de paso y accesorios en las áreas no-clasificadas.

e. El segmento del tubo (conduit) está sellado a la entrada de cada terminal de las envolventes o alojamiento de los accesorios, empalmes o derivaciones en áreas Clase I, División 2.

c) Clase I, Divisiones 1 y 2. Donde se requieran sellos en áreas Clase I, Divisiones 1 y 2, éstos deben cumplir con lo siguiente:

1) Accesorios. Las envolventes para conexiones o para equipo deben estar provistas de medios integrales aprobados para sellar, o se deben utilizar accesorios de sellos aprobados para áreas Clase I. Los accesorios de los sellos deben ser accesibles.

2) Compuesto sellador. El compuesto sellador debe estar aprobado para ese uso y debe proveer un sellado hermético contra el paso de gases o vapores. El compuesto no debe alterarse por la atmósfera o por los líquidos que lo rodean y no debe tener un punto de fusión menor que 90 °C.

3) Espesor del compuesto. El espesor del compuesto sellador en un sello terminado no debe ser menor que el diámetro del accesorio sellador y, en ningún caso, menor que 16 mm.

Excepción: Los accesorios aprobados para el sello de cables no requieren tener un espesor mínimo igual que el diámetro del accesorio sellador.

4) Empalmes y derivaciones. No se permiten empalmes o derivaciones en los accesorios destinados sólo a sellar con compuesto sellador, ni se debe poner compuesto sellador en ningún accesorio en el cual se hagan empalmes o derivaciones.

5) Ensamblajes. En un ensamble donde algún equipo que pueda producir arcos, chispas, o altas temperaturas, esté localizado en un compartimento separado de otro donde haya empalmes y derivaciones, y un sello integral es provisto donde los conductores pasan de un compartimento a otro, el ensamble completo debe estar aprobado para áreas Clase I. En áreas Clase I, División 1, deben proveerse sellos en las entradas de tubo (conduit) a compartimentos que tengan empalmes o derivaciones, cuando sea requerido por la Sección 501-3(a)(1)(b) anterior.

6) Por ciento de ocupación de cables. El área de la sección transversal de los conductores permitidos en un sello, no debe exceder del 25% del área de la sección transversal interior del tubo (conduit) del mismo tamaño nominal a menos que sea específicamente aprobado para porcentajes de ocupación mayores.

d) Sellado de cables en áreas Clase I, División 1. En áreas Clase I, División 1, el sellado de cables debe ser localizado como se indica a continuación:

1) El cable debe ser sellado en todas sus terminales. El sello debe cumplir con (c) anterior. Los cables multiconductores tipo MC con cubierta continua de aluminio corrugado hermético a gas y a vapor y cubierta exterior de material polimérico adecuado, deben ser sellados con un accesorio aprobado después de ser removida la cubierta y cualquier otro recubrimiento, a fin de que el compuesto sellador rodee cada conductor individualmente aislado, de tal manera que minimice el paso de gases y vapores.

Excepción: No se requiere remover el material de la pantalla de los cables con pantalla, ni la separación de los pares en cables con pares torcidos, siempre y cuando la terminación esté hecha por medios aprobados para reducir al mínimo la entrada de gases o vapores y evitar la propagación de la llama dentro del núcleo del cable.

2) Los cables con cubierta hermética a gas y a vapor, capaz de transmitir gases o vapores a través del núcleo del cable, se deben sellar en el área peligrosa División 1, después de retirar la cubierta y cualquier otro recubrimiento de manera que el compuesto sellador cubra a cada conductor individual, así como a la cubierta exterior del conjunto.

Excepción: Los cables multiconductores con cubierta continua hermética a gas y vapor capaces de transmitir gases o vapores a través del núcleo del cable pueden permitirse y considerarse como un solo conductor por el sello del cable en la tubería dentro de 45 cm de la caja y de la terminación del cable con la caja, por los medios aprobados para minimizar la entrada de gases o vapores y evitar la propagación de la flama dentro del núcleo del cable o por otros métodos aprobados. Para cables con pantalla y cables con pares torcidos, no se requiere remover el material de la pantalla o separar los pares del cable.

3) Cada cable multiconductor en tubo (conduit) debe ser considerado como un conductor sencillo si el cable es incapaz de transmitir gases o vapores a través del núcleo del cable. Estos cables deben sellarse de acuerdo con lo indicado en el inciso (a) anterior.

e) Sellado de cables en áreas Clase I, División 2. En áreas Clase I, División 2, los sellos de cables se deben colocar como sigue:

1) Los cables que entran en envolventes que requieran ser aprobadas para áreas Clase I, deben sellarse en el punto de entrada. El sello debe cumplir con (b)(1) anterior. Los cables multiconductores con una cubierta continua hermética a gas y a vapor, capaces de transmitir gases o vapores a través del núcleo deben sellarse con un accesorio aprobado para área División 2 después de quitar la cubierta y cualquier otro recubrimiento, de manera que el compuesto sellador rodee cada conductor individual y que reduzca el paso de gases y vapores. Los cables multiconductores en tubo (conduit) deben sellarse como se indica en (d) anterior.

Excepción 1: No se exige sello en el límite para los cables que pasen desde una envolvente o cuarto no clasificados como resultado de una presurización tipo Z, hasta un lugar de Clase I, División 2.

Excepción 2: En cables blindados y cables de pares trenzados no se exige remover el material de blindaje de los cables blindados o el separador de los pares trenzados, siempre que la terminación este hecha por medios aprobados para reducir al mínimo la entrada de gases o vapores y evitar la propagación de llama dentro del núcleo del cable.

2) Los cables con cubierta continua hermética a gas y a vapor y que no transmitan gases o vapores a través del núcleo, en exceso de la cantidad permitida para los dispositivos de sellado, no requieren sellarse, excepto por lo indicado en (1) anterior; la longitud mínima de ese tramo de cable no debe ser menor que la longitud que limita el flujo de gas o vapor a través del núcleo del cable a una relación permitida para los dispositivos de sellado de $200 \text{ cm}^3/\text{h}$ de aire a una presión de 1,5 kPa.

NOTA 1: El núcleo del cable no incluye los intersticios entre los hilos del conductor.

NOTA 2: Para información adicional sobre accesorios y cajas de salidas para uso áreas peligrosas (clasificadas), véase el apéndice B2.

3) Los cables con una cubierta continua hermética a gas y a vapor, capaz de transmitir gas o vapores a través del núcleo del cable, no se requiere que sean sellados excepto como se indica en (e)(1) anterior, a menos que el cable esté unido a dispositivos o equipo de proceso que puedan causar un exceso de presión de 1,5 kPa que se ejerza en la terminal del cable, en cuyo caso se debe proveer un sello, barrera, u otro medio para impedir la propagación de flama dentro de un área sin clasificar.

Excepción: Los cables con cubiertas que no se rompan, herméticas al gas y al vapor y que pasen de manera continua de un área Clase I, División 2, podrán instalarse sin sellos.

4) Los cables que no tengan una cubierta continua hermética a gas y a vapor, se deben sellar en los límites de la División 2 y las áreas clasificadas no-peligrosas, de tal manera que minimice el paso de gases y vapores al área no-peligrosa.

NOTA: La protección mencionada en las Secciones 501-5(d) y 501-5(e) anteriores puede ser de material metálico o no metálico.

f) Drenado

1) **Equipo de control.** Donde exista la posibilidad de que líquidos u otros vapores condensados puedan ser atrapados dentro de envoltentes para el equipo de control, o en cualquier punto del sistema de canalización, deben proveerse medios apropiados para evitar la acumulación o para permitir un drenaje periódico de tales líquidos o vapores condensados.

2) **Motores y generadores.** Donde se juzgue que existe la posibilidad de que se produzcan acumulaciones de líquidos u otros vapores condensados dentro de motores o generadores, deben disponerse las uniones y tubo (conduit) de manera que se reduzca al mínimo la entrada de líquido en ellos. Cuando se juzgue necesario, los medios para evitar la acumulación o para permitir un drenaje periódico, éstos deben venir incorporados de fábrica y se consideran como parte integral de la máquina.

3) **Conexiones para bombas selladas, para procesos, o servicio y similares.** En las bombas selladas, conexiones para procesos para flujo, presión o análisis de medida y similares, que tienen un solo sello de compresión, diafragma o tubo para evitar que los fluidos combustibles o inflamables entren a la canalización eléctrica o sistemas de cables de la instalación eléctrica, capaces de transmitir fluidos, debe instalarse un sello o una barrera u otro medio adicional aprobado para evitar que los fluidos combustibles o inflamables entren a la canalización eléctrica, o sistemas de cables, más allá de los dispositivos o medios adicionales, si falla el sello primario.

El sello adicional aprobado o la barrera y la envoltente de conexión deben reunir las condiciones de temperatura y presión a las cuales están sujetas en caso de falla del sello primario, a menos que se proporcionen otros medios aprobados para cumplir el propósito anterior.

Deben proveerse los drenes, respiraderos u otros medios, de manera que las fugas del sello primario sean evidentes.

NOTA: Véanse notas en 501-5.

501-6. Desconectadores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles

a) **Clase I, División 1.** En las áreas Clase I, División 1, los desconectadores, interruptores automáticos, controladores de motores y los fusibles, incluyendo las estaciones de botones, relevadores y dispositivos similares deben estar en envoltentes y, en cada caso el conjunto de la envoltente y los aparatos encerrados, deben estar aprobados como un ensamble completo para uso en áreas Clase I.

b) **Clase I, División 2.** Los desconectadores, interruptores automáticos, controladores de motores y los fusibles instalados en áreas Clase I, División 2, deben cumplir con 501-6(b)(1) hasta 501-6(b)(4):

1) **Tipo requerido.** Los medios de desconexión, controladores de motores e interruptores automáticos, destinados para interrumpir la corriente eléctrica durante su funcionamiento normal, deben estar contenidos en envoltentes aprobados para áreas Clase I, División 1, de acuerdo con lo indicado en 501-3 (a), a menos que se instalen en envoltentes de uso general y aplique cualquiera de las siguientes condiciones:

(a) La interrupción de la corriente eléctrica ocurra dentro de la cámara herméticamente sellada que evite la entrada de gases y vapores.

(b) Los contactos de cierre o apertura sean de uso general y estén sumergidos en aceite por lo menos 5 cm, para los de potencia, y 2,5 cm para los de control.

(c) La interrupción de corriente eléctrica ocurra dentro de una cámara a prueba de explosión sellada de fábrica, aprobada para esa área.

(d) El dispositivo sea de estado sólido y el control de interrupción no tenga contactos, donde la temperatura superficial no exceda 80% la temperatura de ignición (°C) del gas o vapor involucrado.

2) **Desconectadores, separadores (de aislamiento).** Pueden instalarse en envoltentes de uso general, los desconectadores con o sin fusibles y los fusibles y los desconectadores separadores para transformadores o para bancos de capacitores que no estén destinados para interrumpir la corriente eléctrica durante el funcionamiento normal para el cual han sido instalados.

3) Fusibles. Los fusibles de cartucho o de tapón para la protección de motores, aparatos, lámparas y otros dispositivos como los que se indican en (b)(4) siguiente, pueden utilizarse si se colocan en envoltentes aprobados para el área donde se instalen. También pueden utilizarse fusibles de uso general, si están aprobados para el uso y son del tipo en el cual el elemento de operación se encuentra sumergido en aceite u otro líquido aprobado, o si el elemento de operación está encerrado en una cámara herméticamente sellada contra la entrada de gases y vapores o el fusible es del tipo limitador de corriente eléctrica, con filamento inmerso en arena y sin indicador.

4) Fusibles internos para luminarios. Se permiten los fusibles de cartucho aprobados, como protección suplementaria dentro de los luminarios.

501-7. Transformadores de control y resistencias. Los transformadores, bobinas de impedancia y resistencias utilizados como, o en conjunto con equipos de control para motores, generadores y aparatos, deben cumplir con (a) y (b) siguientes:

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, los transformadores, bobinas de impedancia y resistencias, así como cualquier mecanismo de desconexión asociado con ellos, deben estar contenidos en envoltentes aprobadas para áreas Clase I, División 1, de acuerdo con lo indicado en 501-3(a).

b) Clase I, División 2. En las áreas Clase I, División 2, los transformadores y las resistencias de control deben cumplir con lo siguiente:

1) Mecanismo de desconexión. Los mecanismos de desconexión usados con transformadores, bobinas de impedancia y resistencias, deben cumplir con 501-6(b).

2) Bobinas y devanados. Se permite el uso de envoltentes de uso general para devanados de transformadores, solenoides y bobinas de impedancia.

3) Resistencias. Las resistencias deben suministrarse en envoltentes y el conjunto debe estar aprobado para áreas Clase I, a menos que las resistencias no sean variables y que la máxima temperatura de operación no exceda 80% de la temperatura de ignición del gas o vapor involucrado en grados Celsius (°C), o que hayan sido probadas y encontradas incapaces de incendiar al gas o al vapor.

501-8. Motores y generadores

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, los motores, generadores y demás maquinarias eléctricas rotatorias deben cumplir con cualquiera de las siguientes condiciones:

(1) Aprobados para áreas Clase I, División 1.

(2) De tipo completamente cerrado y con ventilación de presión positiva desde una fuente de aire limpio y con descarga a un área segura, dispuesta para impedir que la máquina se energice hasta que la ventilación haya sido estabilizada y la envoltente haya sido purgada con aire limpio por al menos diez veces el volumen del aire y con un dispositivo que desenergice el equipo automáticamente en caso de falla del sistema de ventilación.

(3) De tipo totalmente cerrado lleno de gas inerte con una fuente adecuada y segura de gas inerte para presurizar la envoltente, suministrada con dispositivos para asegurar una presión positiva en la envoltente y con un dispositivo que desconecte el equipo automáticamente si falla la alimentación del gas.

(4) De un tipo diseñado para estar inmerso en un líquido que sólo es inflamable en caso de estar vaporizado y mezclado con el aire, o en un gas o vapor a una presión mayor que la atmosférica y el cual sólo es inflamable cuando se mezcla con aire; la máquina debe estar dispuesta para impedir que se energice mientras no haya sido purgada con el líquido o gas para sacar el aire y se desenergice automáticamente el equipo, en caso de falla de suministro del líquido, gas o vapor y cuando la presión de éstos se reduzca hasta la atmosférica.

Los motores totalmente cerrados de los tipos (2) y (3) no deben tener ninguna superficie externa a una temperatura de operación mayor que 80% la temperatura de ignición en grados Celsius (°C), del gas o vapor involucrado. Deben proporcionarse dispositivos apropiados para detectar cualquier incremento de temperatura del motor más allá del límite de diseño y que desenergicen automáticamente al motor o hagan operar una alarma adecuada. El equipo auxiliar debe ser del tipo aprobado para el área en la cual es instalado.

NOTA: Para información adicional sobre el procedimiento de prueba de motores, ver el apéndice B2.

b) Clase I, División 2. En las áreas Clase I, División 2, los motores, generadores y demás maquinarias eléctricas rotatorias en las que se utilicen contactos deslizantes, o mecanismos de desconexión centrífuga o de otro tipo de mecanismos de desconexión (incluyendo los dispositivos de sobrecorriente, sobrecarga y

sobrecalentamiento del motor), o dispositivos resistores integrados al motor, ya sea durante el arranque o en marcha, deben estar aprobados para áreas Clase I, División 1, a menos que tales contactos deslizantes, mecanismos de conexión y desconexión y dispositivos resistores, estén en envolventes aprobadas para áreas Clase I, División 2, de acuerdo con lo indicado en 501-3(b). La superficie expuesta de calentadores de ambiente, utilizados para evitar la condensación de humedad durante periodos de falla, no debe exceder 80% la temperatura de ignición en grados Celsius (°C) del gas o del vapor involucrado cuando operen a tensión eléctrica nominal, y la máxima temperatura superficial (basada en temperatura ambiente de 40 °C) debe marcarse de forma permanente en una placa visible sobre el motor. De lo contrario, los calentadores deben estar aprobados para áreas Clase I, División 2.

En áreas Clase I, División 2, se permite el empleo de motores abiertos o cerrados que no sean a prueba de explosión, tales como motores de inducción de jaula de ardilla, siempre y cuando no tengan escobillas, mecanismos de conexión y desconexión, u otros dispositivos similares que produzcan arcos eléctricos; aunque no estén identificados para Clase I, División 2.

NOTA 1: Es importante considerar la temperatura de superficies internas y externas que puedan estar expuestas a atmósferas inflamables.

NOTA 2: Es importante considerar el riesgo de ignición debido a las corrientes de arqueo eléctrico a través de discontinuidades y de sobrecalentamiento de las partes en envolventes de sección múltiple de los motores y generadores de gran capacidad. Tales motores y generadores pueden requerir puentes de unión equipotenciales entre las uniones de la envolvente y de la envolvente a tierra. Cuando la presencia de gases o vapores incendiables estén en suspensión, puede ser necesario purgar con aire limpio antes y durante los periodos de arranque.

501-9. Luminarios. Los luminarios deben cumplir con (a) o (b) siguientes:

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, los luminarios deben cumplir con lo siguiente:

1) Luminarios aprobados. Cada luminario debe estar aprobado como un ensamble completo para áreas Clase I, División 1, y tener claramente marcada la potencia máxima de las lámparas, en watts, para las cuales están aprobadas. Los luminarios portátiles deben aprobarse específicamente como un ensamble completo para este uso.

2) Daño físico. Cada luminario debe protegerse contra daño físico por medio de una guarda adecuada o por su propia ubicación.

3) Luminarios colgantes. Los luminarios colgantes deben suspenderse y alimentarse por medio de tramos de tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado y las uniones roscadas deben llevar tornillos de fijación (prisioneros) u otros medios efectivos para impedir que se aflojen. Los tubos de longitud mayor que 30 cm deben fijarse de manera efectiva y permanente para impedir desplazamientos laterales con medios efectivos a no más de 30 cm por arriba del extremo inferior del tramo del tubo, o bien se les debe dar la flexibilidad necesaria por medio de un accesorio o conector flexible aprobado para áreas Clase I, División 1, colocado a no más de 30 cm del punto de sujeción a la caja o al accesorio de soporte.

4) Soportes. Las cajas, ensambles de cajas o accesorios utilizados para el soporte de luminarios deben estar aprobados para áreas Clase I.

b) Clase I, División 2. En las áreas Clase I, División 2, los luminarios deben cumplir con lo siguiente:

1) Equipo portátil de iluminación. Los equipos portátiles de iluminación deben cumplir con lo previsto en el inciso anterior (a)(1).

Excepción: Se permite un equipo de iluminación portátil montado sobre soportes móviles y conectado por medio de cordones flexibles como se especifica en 501-11, y que además cumplan con 501-9(b)(2) siguiente.

2) Luminarios fijos. Los luminarios para alumbrado fijo deben protegerse contra daño físico por medio de guardas apropiadas o por su propia ubicación. Cuando haya peligro de chispas o de metal caliente provenientes de las lámparas o luminarios que puedan provocar la ignición de concentraciones localizadas de gases o vapores inflamables, es preciso proveer envolventes adecuadas u otros medios efectivos de protección. Cuando las lámparas son del tipo o tamaño que en condiciones normales de operación, puedan alcanzar temperaturas superficiales que excedan 80% de la temperatura de ignición en grados Celsius (°C), del gas o vapor involucrados, los luminarios deben cumplir con (a)(1) anterior, o ser de un tipo que haya sido probado para determinar el marcado de la temperatura de operación o Clase de temperatura.

3) Luminarios colgantes. Los luminarios colgantes deben suspenderse y alimentarse por medio de tramos de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o por otros dispositivos aprobados. Los tubos de longitud mayor que 30 cm deben fijarse de manera efectiva y permanente para impedir desplazamientos

laterales, con medios adecuados a no más de 30 cm por arriba del extremo inferior del tramo del tubo, o bien se les debe dar la flexibilidad necesaria por medio de un accesorio o conector flexible aprobado y colocado a no más de 30 cm del punto de sujeción a la caja o al accesorio de soporte.

4) Desconectores. Los desconectores que formen parte de un luminario ensamblado o de un portalámparas individual deben cumplir con lo indicado en 501-6 (b)(1).

5) Equipo de arranque. El equipo de arranque y control de las lámparas de descarga debe cumplir con lo indicado en 501-7(b).

Excepción: Los protectores térmicos incorporados en los balastos para lámparas fluorescentes protegidos térmicamente si el luminario está aprobado para áreas de esta Clase y División.

501-10. Equipo de utilización

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, todo equipo de utilización debe estar aprobado para uso en áreas Clase I, División 1.

b) Clase I, División 2. En las áreas Clase I, División 2, todo equipo de utilización debe cumplir con lo siguiente:

1) Calentadores. El equipo de utilización calentado eléctricamente debe cumplir con cualquiera de las condiciones siguientes:

a. El calentador no debe exceder 80% de la temperatura de ignición (°C) del gas o del vapor involucrado, en cualquier superficie que esté expuesta al gas o al vapor cuando el equipo está continuamente energizado a la máxima temperatura ambiente. Si no se provee un controlador de temperatura, estas condiciones se deben aplicar cuando el calentador es operado a 120% de su tensión eléctrica nominal.

Excepción 1: Para los calentadores de ambiente contra la condensación con motor montado, véase la Sección 501-8(b).

Excepción 2: Se utiliza un dispositivo limitador de corriente eléctrica en el circuito del calentador para limitar su corriente a valores menores que los requeridos para elevar la temperatura superficial del calentador al 80% de la temperatura de ignición.

b. El calentador debe estar aprobado para áreas Clase I, División 1.

Excepción: La resistencia eléctrica del calentador se ha aprobado para áreas Clase I, División 2.

2) Motores. Los motores de accionamiento de equipo de utilización deben cumplir con lo indicado en 501-8(b).

3) Desconectores, interruptores automáticos y fusibles. Los desconectores, interruptores automáticos y fusibles deben cumplir con lo indicado en 501-6(b).

501-11. Cordones flexibles Clase I, Divisiones 1 y 2. Se permite el uso de cordones flexibles para hacer conexiones entre luminarios portátiles y otros equipos portátiles de utilización a la parte fija de su circuito de alimentación. Se permite el uso de cordones flexibles en aquella sección del circuito donde los métodos fijos de instalación indicados en 501-4(a) no pueden proporcionar el grado de movimiento necesario para equipo eléctrico de utilización fijo y móvil, en un establecimiento industrial donde las condiciones de mantenimiento y servicio de ingeniería aseguren que únicamente personal calificado instala y da servicio a las instalaciones, y el cordón flexible es protegido por su ubicación o por guardas para evitar daño. El cordón flexible debe ser continuo. Cuando se use el cordón flexible, debe:

(1) ser de un tipo aprobado para uso extra rudo;

(2) contener adicionalmente a los conductores del circuito, un conductor de puesta a tierra que cumpla con la Sección 400-23;

(3) estar conectado a las terminales o a los conductores de alimentación de manera apropiada;

(4) estar soportado por abrazaderas u otros medios adecuados, de manera que no se ejerza tensión mecánica sobre las terminales de conexión;

(5) estar provisto de sellos adecuados donde el cordón flexible entra a la caja, accesorio o envoltorio del tipo a prueba de explosión.

Excepción: Lo previsto en 501-3(b)(6) y 501-4(b).

Las bombas eléctricas sumergibles que tienen medios de extracción, sin entrar al foso húmedo, deben considerarse equipo de utilización portátil. Se permite la extensión del cordón flexible dentro de una canalización adecuada entre el foso húmedo y la fuente de alimentación.

Los mezcladores eléctricos diseñados para entrar y salir de tanques de mezclado de tipo abierto o tinas, deben ser considerados equipo portátil de utilización.

NOTA: Véase la Sección 501-13 para cordones flexibles expuestos a líquidos que tengan un efecto deteriorante sobre el aislamiento del conductor.

501-12. Receptáculos y clavijas, Clase I, Divisiones 1 y 2. Los receptáculos y clavijas deben ser de un tipo que provean la conexión al conductor de puesta a tierra de un cordón flexible y debe estar aprobado para el área.

Excepción: Como es previsto en la Sección 501-3(b)(6).

501-13. Aislamiento de los conductores, Clase I, Divisiones 1 y 2. Cuando los vapores o líquidos condensados puedan depositarse sobre el aislamiento de los conductores, o entren en contacto con él, dicho aislamiento debe ser del tipo aprobado para dichas condiciones, o estar protegido por una cubierta de plomo u otro medio aprobado. El aislamiento de los conductores debe ser aprobado como resistente a la gasolina y al aceite.

501-14. Sistemas de señalización, alarmas, control remoto y comunicaciones

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, todos los aparatos y equipos de los sistemas de señalización, alarmas, control remoto y comunicaciones, cualquiera que sea su tensión, deben estar aprobados para áreas Clase I, División 1 y todo el alambrado debe cumplir con lo indicado en las Secciones 501-4(a) y 501-5(a) y 501-5(c).

b) Clase I, División 2. En las áreas Clase I, División 2, los sistemas de señalización, alarmas, control remoto y comunicaciones deben cumplir con lo siguiente:

1) Contactos. Los desconectores, interruptores automáticos, y contactos de cierre y apertura de estaciones de botones, relevadores, campanas y sirenas, deben estar en envolventes aprobadas para áreas Clase I, División 1, de acuerdo con lo indicado en 501-3(a).

Excepción: Se permiten envolventes de uso general si los contactos de interrupción de corriente eléctrica son alguno de los siguientes:

- a. Sumergidos en aceite; o
- b. Encerrados en cámaras herméticamente selladas contra la entrada de gases o vapores; o
- c. En circuitos no incendiarios; o
- d. Parte de un componente no incendiario aprobado.

2) Resistencias y equipo similar. Las resistencias, dispositivos resistores, tubos termoiónicos, rectificadores y equipo similar, deben cumplir con 501-3(b)(2).

3) Protecciones. Se deben proveer envolventes para los dispositivos de protección contra descargas por rayos. Se permite que tales envolventes sean del tipo de uso general.

4) Alambrado y sellado. Todo el alambrado debe cumplir con las Secciones 501-4(b) y 501-5(b) y 501-5(c).

501-15. Partes vivas, Clase I, Divisiones 1 y 2. No debe haber partes eléctricamente vivas al descubierto.

501-16. Puesta a tierra, Clase I, Divisiones 1 y 2. El alambrado y equipo para áreas Clase I, Divisiones 1 y 2, deben ponerse a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250 y con los incisos siguientes:

a) Unión. Para propósitos de unión no se debe depender de contactos con conector, tuerca y contratuerca, sino que se deben usar puentes de unión con accesorios adecuados u otros medios de unión aprobados. Tales medios de unión se deben aplicar a todas las canalizaciones, accesorios, cajas, envolventes y similares que intervengan entre las áreas Clase I y el punto de puesta a tierra para el equipo de acometida o el punto de puesta a tierra de un sistema derivado separadamente.

Excepción: Los medios específicos de unión solamente se requieren en el punto de puesta a tierra del medio de desconexión del edificio, tal como se indica en las Secciones 250-24(a), 250-24(b) y 250-24(c), considerando que la protección de los circuitos derivados está localizada en el lado de los medios de desconexión de la carga.

NOTA 1: Véase 250-78 para requerimientos adicionales de unión en áreas clasificadas como peligrosas.

NOTA 2: Para un sistema de puesta a tierra, el punto de puesta a tierra mencionado en la excepción es el punto donde el conductor del circuito de puesta a tierra es conectado al electrodo del conductor de puesta a tierra.

b) Tipos de conductores para puesta a tierra de equipo. Cuando se utilice tubo (conduit) metálico flexible o metálico flexible hermético a los líquidos como se permite en 501-4(b), y se dependa de ellos para completar una trayectoria exclusiva para puesta a tierra de equipo, deben ser instalados con puentes de unión internos o externos en paralelo con cada tubo (conduit) y cumplir con lo indicado en 250-79.

Excepción: En las áreas Clase I, División 2, el puente de unión se puede suprimir cuando se cumplen las condiciones siguientes:

a. Cuando se use tubo (conduit) metálico flexible hermético a líquidos aprobado, de una longitud de 1,80 m o menos, con accesorios aprobados para puesta a tierra.

b. La protección contra sobrecorriente en el circuito se limite a 10 A o menos.

c. La carga no sea carga de potencia (fuerza).

501-17. Apartarrayos

a) Clase I, División 1. Los apartarrayos incluyendo su instalación y conexión deben cumplir con el Artículo 280. Los apartarrayos y capacitores deben instalarse en envolventes aprobadas para áreas Clase I, División 1. Los capacitores para protección de picos deben ser del tipo diseñado para el servicio específico.

b) Clase I, División 2. Los apartarrayos no deben provocar arcos, tales como el varistor de óxido metálico (VOM) tipo sellado, y los capacitores para protección de picos deben ser del tipo diseñado para ese uso específico. Su instalación y conexión deben cumplir con el Artículo 280. Otros tipos de protección contra sobretensión eléctrica diferentes a los descritos anteriormente, deben instalarse en envolventes aprobadas para áreas Clase I, División 1.

501-18. Circuitos derivados multiconductores. No se permiten en áreas Clase I, División 1, circuitos derivados multiconductores.

Excepción: Cuando el dispositivo de desconexión para el circuito, abre todos los conductores de fase del circuito multiconductor simultáneamente.

ARTICULO 502 - AREAS CLASE II

502-1. Disposiciones generales. Las reglas generales de esta norma se aplican al alambrado y equipo eléctrico en las áreas clasificadas como Clase II en 500-8.

Excepción: Como se modifique en este Artículo.

"A prueba de ignición de polvo" significa en este Artículo: Encerrado de tal manera que no permita la penetración de polvo y que cuando la instalación y su protección estén hechas de acuerdo con lo indicado en esta norma, no permitan tampoco que arcos, chispas o calor generado o liberado dentro de la envolvente cause la ignición de las acumulaciones externas o suspensiones atmosféricas de un polvo específico sobre o en las cercanías de la envolvente.

NOTAS: Para información adicional sobre envolventes a prueba de encendido de polvos, véase apéndice B2.

El equipo instalado en áreas Clase II debe ser capaz de funcionar a su capacidad plena sin desarrollar temperaturas superficiales lo bastante altas para provocar una deshidratación excesiva o una carbonización gradual de cualquier depósito de polvos orgánicos que pueda ocurrir allí.

NOTA: El polvo que es carbonizado o secado en forma excesiva es altamente susceptible a la ignición espontánea.

El equipo y el alambrado del tipo definido en el Artículo 100 como a prueba de explosión, no debe ser requerido y no debe ser aceptado en áreas Clase II, a menos que esté aprobado para esas áreas.

Cuando existan polvos del Grupo E, en áreas Clase II en cantidades peligrosas, se definirán solamente como áreas División 1.

502-2. Transformadores y capacitores

a) Areas Clase II, División 1. En las áreas Clase II, División 1, los transformadores y capacitores deben cumplir con lo siguiente:

1) Cuando contienen líquido que pueda quemarse. Los transformadores y capacitores que contengan líquido combustible deben instalarse solamente en bóvedas aprobadas que cumplan con lo indicado en 450-41 a 450-48 y además cualquiera de los siguientes que puedan aplicarse:

(a) Las puertas u otras comunicaciones abiertas con el área División 1, deben tener puertas contra fuego que se cierren automáticamente a ambos lados de la pared, ajustadas cuidadosamente y dotadas de sellos adecuados (tales como bandas contra la intemperie) para reducir al mínimo la entrada de polvo a la bóveda.

(b) Las aberturas y ductos de ventilación se deben comunicar sólo con el aire exterior, y

(c) Disponer de válvulas adecuadas de descarga de sobrepresión en comunicación con el aire exterior.

2) Cuando no contienen líquido que pueda quemarse. Los transformadores y los capacitores que no contengan líquido combustible deben:

(1) instalarse en bóvedas que cumplan con lo indicado en 450-41 a 450-48, o

(2) ser de un tipo aprobado para áreas Clase II como un ensamble completo, incluyendo sus terminales de conexión para áreas Clase II.

3) Polvos metálicos. Ningún transformador o capacitor deben instalarse en donde puedan estar presentes polvos de magnesio, aluminio, partículas de bronce-aluminio, u otros metales de características peligrosas similares.

b) Clase II, División 2. En las áreas Clase II, División 2, los transformadores y capacitores deben cumplir con lo siguiente:

1) Cuando contienen líquido combustible. Los transformadores y capacitores que contengan un líquido combustible, deben instalarse en bóvedas que cumplan con lo indicado en 450-41 a 450-48.

2) Cuando contienen askarel. Véase 450-25.

3) Transformadores de tipo seco. Los transformadores de tipo seco se deben instalar en bóvedas, o deben tener sus devanados y terminales de conexión encerrados en cajas metálicas herméticas sin ventilación o alguna otra abertura y operar a tensiones eléctricas nominales que no excedan de 600 V.

502-4. Métodos de alambrado. Los métodos de alambrado deben cumplir con lo siguiente:

a) Clase II, División 1. En las áreas Clase II, División I, la instalación debe hacerse con un tubo (conduit) metálico roscado tipo pesado o semipesado o con cable Tipo MI y accesorios terminales aprobados para estas áreas. El cable Tipo MI debe ser instalado y soportado de manera que se eviten esfuerzos en los accesorios.

Excepción: En establecimientos industriales con acceso restringido al público se permite, donde las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que únicamente personal calificado da servicio a las instalaciones, cable tipo MC, aprobado para su uso en áreas Clase II, División 1, con cubierta continua de aluminio corrugado hermético al gas y al vapor, con cubierta exterior de material polimérico adecuada, con conductores para puesta a tierra separados de acuerdo con lo indicado en 250-95, y provisto con accesorios terminales para la aplicación específica.

1) Accesorios y cajas. Los accesorios y cajas deben estar provistos con entradas roscadas para la conexión al tubo (conduit) o a las terminales del cable. Deben tener tapas estrechamente ajustadas, sin aberturas (tales como huecos para tornillos de fijación) a través de las cuales pueda entrar polvo o escapar chispas o material en combustión. Los accesorios y cajas en los que se hacen derivaciones, uniones o conexiones terminales o que se usan en áreas donde haya polvo combustible eléctricamente conductor, deben ser del tipo aprobado para áreas Clase II.

2) Conexiones flexibles. Donde sea necesario emplear conexiones flexibles, se deben usar conectores flexibles herméticos al polvo, tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos, con accesorios aprobados o cordón flexible aprobado para uso extra rudo y con accesorios.

Cuando se utilicen cordones flexibles, deben cumplir con lo indicado 502-12. Donde las conexiones flexibles están expuestas a condiciones corrosivas o al aceite, el aislamiento de los cables debe ser de un tipo aprobado para ello, o estar protegido por una cubierta adecuada.

NOTA: Véase 502-16 (b) para requerimientos de puesta a tierra cuando se use tubo (conduit) flexible.

b) Clase II, División 2. En las áreas Clase II, División 2, debe utilizarse tubo (conduit) metálico roscado tipo pesado o semipesado, canalizaciones herméticas al polvo, cable tipo MC o MI con accesorios terminales aprobados o cables tipo PLTC, ITC, en soportes tipo charola para cable, o cables MC, MI o TC en soportes

tipo charola, escalera o canal ventilado, en una sola capa con un espacio entre dos cables adyacentes no menor que el diámetro del cable de mayor diámetro.

Excepción 1: en la instalación de circuitos no incendiarios se permite usar cualquiera de los métodos de alambrado para áreas no clasificadas.

Excepción 2: En áreas Clase II División 1, se permite la instalación de cable aprobado Tipo MC sin los requerimientos de espacio arriba mencionados.

1) Canalizaciones, accesorios y cajas. Las canalizaciones metálicas con tapa y los accesorios y cajas en las cuales se realicen derivaciones, uniones o conexiones terminales se deben diseñar para reducir al mínimo la entrada de polvo, y además:

(1) estar provistos de tapas telescópicas o bien ajustadas o de otro medio efectivo para impedir el escape de chispas o material en combustión, y

(2) no tener aberturas (tales como huecos para tornillos de fijación); a través de las cuales puedan escapar chispas o material en combustión después de instalados, o se pueda provocar la ignición de materiales combustibles cercanos.

2) Conexiones flexibles. Cuando sea necesario hacer conexiones flexibles deben aplicarse los requisitos de la Sección 502-4(a)(2) anterior.

502-5. Sellado Clase II, Divisiones 1 y 2. Cuando una canalización comunica a una envolvente que sea a prueba de ignición de polvo con otro que no lo sea, deben tomarse medios adecuados para impedir el paso del polvo a través de la canalización al interior de la envolvente a prueba de ignición de polvo. Uno de los siguientes medios debe emplearse:

(1) la colocación de un sello permanente y efectivo;

(2) un tramo horizontal de la canalización de longitud no menor que 3 m, o

(3) una canalización de longitud no menor que 1,5 m y que baje verticalmente de la envolvente a prueba de ignición de polvo.

Cuando una canalización comunica entre una envolvente que debe ser a prueba de ignición de polvo y una de un área no clasificada, no se requiere de sellos.

Los accesorios del sellado deben ser accesibles.

Los sellos no requieren ser a prueba de explosión.

NOTA: La masilla para el sellado eléctrico es un método de sellado.

502-6 Desconectores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles

a) Clase II, División 1. En las áreas Clase II, División 1, los desconectores, interruptores automáticos, controladores de motores y los fusibles deben cumplir con lo siguiente:

1) Tipo requerido. Los desconectores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles, incluyendo los pulsadores, relevadores y dispositivos similares instalados para interrumpir el paso de la corriente eléctrica durante el funcionamiento normal y que se instalen donde pueda haber polvo combustible de naturaleza eléctricamente conductora, deben estar en envoltentes aprobados a prueba de ignición de polvo.

2) Desconectores separadores (de aislamiento). Los desconectores separadores y de desconexión que no tienen fusibles destinados a interrumpir la corriente eléctrica y que no estén instalados donde pueda haber polvos eléctricamente conductores, deben estar dentro de envoltentes metálicas herméticas, diseñadas para reducir al mínimo la entrada de polvo y además deben:

(1) estar equipados con tapas telescópicas o bien ajustadas, o con otros medios eficaces para impedir el escape de chispas de materiales en combustión, y

(2) no tener aberturas (tales como huecos para tornillos de fijación) a través de los cuales puedan escaparse después de la instalación chispas o materiales en combustión que puedan encender acumulaciones exteriores de polvo o de materiales combustibles contiguos.

3) Polvos metálicos. En áreas donde pueda haber polvos de magnesio, aluminio, partículas de bronce-aluminio, o de otros metales de características peligrosas similares, los fusibles, los desconectores, interruptores automáticos y controladores de motores deben estar contenidos en envoltentes aprobadas específicamente para tales áreas.

b) Clase II, División 2. En las áreas Clase II, División 2, los envolventes para fusibles, desconectores, interruptores automáticos y controladores de motores, incluyendo pulsadores, relevadores y otros dispositivos similares, deben ser herméticos al polvo.

502-7. Transformadores de control y resistencias

a) Clase II, División 1. En las áreas Clase II, División 1, los transformadores de control, solenoides, bobinas de impedancia y las resistencias, así como cualquier dispositivo de sobrecorriente o mecanismo de desconexión asociado con ellos, deben estar en envolventes a prueba de ignición de polvo aprobadas para áreas Clase II. No se debe instalar ningún transformador de control, bobina de impedancia o resistencia, en un área donde pueda haber polvo de magnesio, aluminio, partículas de bronce-aluminio o de otros metales de características peligrosas similares, a menos que estén en una envoltente específicamente aprobada para tales áreas.

b) Clase II, División 2. En las áreas Clase II, División 2, los transformadores y las resistencias, deben cumplir con lo siguiente:

1) Mecanismos de desconexión. Los mecanismos de desconexión (incluyendo los dispositivos de sobrecorriente) asociados con transformadores de control, solenoides, bobinas de impedancia y resistencias, deben estar en envolventes herméticos al polvo.

2) Bobinas y devanados. Los transformadores de control, solenoides y bobinas de impedancia que no estén encerrados en el mismo envoltente que los mecanismos de desconexión, deben estar en envolventes metálicos herméticos sin orificios de ventilación.

3) Resistencias. Las resistencias y dispositivos con resistencias deben estar en envolventes a prueba de ignición de polvo aprobados para áreas Clase II.

Excepción: Cuando la temperatura máxima normal de operación de la resistencia no exceda 120 °C, las resistencias no variables, o las resistencias que formen parte de una secuencia de arranque automáticamente programada, pueden tener envolventes que cumplan con los requisitos de (b)(2) anterior.

502-8. Motores y generadores

a) Clase II, División 1. En las áreas Clase II, División 1, los motores, generadores y demás maquinarias eléctricas rotatorias deben ser:

1) Aprobadas para áreas Clase II, División 1.

2) Totalmente cerrados, ventilados por tubería y cumplir con las limitaciones de temperatura estipuladas en 502-1.

b) Clase II, División 2. En las áreas Clase II, División 2, los motores, generadores y demás maquinarias eléctricas rotatorias deben ser: sin ventilación, totalmente encerrados, totalmente encerrados con tuberías de ventilación, totalmente encerrados enfriados por agua y aire, totalmente encerrados enfriados por ventilador o a prueba de ignición de polvo, para lo cual deben tener una temperatura externa máxima a plena carga de acuerdo con lo indicado en 500-5(f) para operación normal, cuando opere al aire libre (libre de polvo acumulado) y no deben tener aberturas externas.

Excepción: Si se considera que la acumulación de polvo no conductor ni abrasivo es pequeña, y si la maquinaria es de fácil acceso para su limpieza y mantenimiento de rutina, se pueden instalar:

a. Máquinas de tipo normalizado, abiertas, sin contactos deslizantes ni mecanismos centrífugos de desconexión o de otro tipo (incluyendo dispositivos de sobrecorriente, de sobrecarga y sobretemperatura) o dispositivos de resistencia integral.

b. Máquinas normalizadas de tipo abierto con contactos, de mecanismo de desconexión o dispositivos de resistencia encerrados dentro de alojamientos herméticos al polvo sin ventilación u otras aberturas.

c. Motores con autolimpieza para textileras, del tipo de jaula de ardilla.

502-9. Tubería de ventilación. La tubería de ventilación de motores, generadores u otras máquinas eléctricas rotatorias o de envolventes de equipo eléctrico, deben ser de lámina metálica de espesor no menor que 0,5 mm o de otro material igualmente no combustible y deben cumplir con lo siguiente:

(1) conducir directamente a una fuente de aire limpio fuera del local;

(2) tener rejillas en los extremos exteriores para impedir la entrada de animales pequeños, y

(3) estar protegidos contra daños materiales, contra la oxidación y demás influencias corrosivas.

La tubería de ventilación debe cumplir también con las siguientes condiciones (a) y (b):

a) Clase II, División 1. En las áreas Clase II, División 1, la tubería de ventilación y sus conexiones a los motores o a los envoltentes a prueba de ignición de polvo para otros equipos o aparatos, deben ser herméticos al polvo en toda su longitud. Para tubería metálica, las costuras y uniones deben cumplir con una de las condiciones siguientes:

- (1) estar remachadas y soldadas;
- (2) estar atornilladas y soldadas;
- (3) estar soldadas, o
- (4) ser herméticas al polvo por cualquier otro medio igualmente efectivo.

b) Clase II, División 2. En las áreas Clase II, División 2, la tubería de ventilación y sus conexiones deben ser lo suficientemente herméticos como para impedir la entrada de cantidades apreciables de polvo al interior del equipo ventilado o encerrado, así como impedir el escape de chispas, flamas o materiales en combustión que puedan encender las acumulaciones de polvo o materiales combustibles en las cercanías. En la tubería metálica pueden utilizarse costuras de cierre y uniones remachadas o soldadas, y donde se necesite cierta flexibilidad, como en las conexiones a los motores eléctricos, se deben usar uniones deslizantes herméticamente ajustadas.

502-10. Equipo de utilización

a) Clase II, División 1. En las áreas Clase II, División 1, el equipo de utilización debe estar aprobado como equipo para áreas Clase II. Donde pueda haber polvo de magnesio, aluminio, partículas de bronce-aluminio y de otros metales de características peligrosas similares, todo el equipo debe estar aprobado específicamente para tales áreas.

b) Clase II, División 2. En las áreas Clase II, División 2, todo equipo de utilización debe cumplir con lo siguiente:

1) Calefactores. El equipo de utilización calentado eléctricamente debe estar aprobado para las áreas Clase II.

Excepción: El equipo del tablero de calefacción radiante con envoltente metálica debe ser hermético al polvo y marcado de acuerdo con lo establecido en 500-5 (d).

2) Motores. Los motores de equipo de utilización deben cumplir con lo indicado en 502-8(b).

3) Desconectores, interruptores automáticos y fusibles. Las envoltentes para desconectores, interruptores automáticos y fusibles deben ser herméticas al polvo.

4) Transformadores, solenoides, bobinas de impedancia y resistencias. Los transformadores, solenoides, bobinas de impedancia y resistencias, deben cumplir con lo indicado en 502-7 (b).

502-11. Luminarios. Los luminarios deben cumplir con (a) y (b) siguientes:

a) Clase II, División 1. En las áreas Clase II, División 1, los luminarios fijos y portátiles deben cumplir con lo siguiente:

1) Luminarios aprobados. Cada luminario debe estar aprobado para áreas Clase II y tener claramente marcada la potencia máxima de la lámpara para la cual está aprobada, en watts. En las áreas en donde pueda haber polvo de magnesio y aluminio, partículas de bronce-aluminio o de otros metales de similares características peligrosas, los luminarios fijos o portátiles, y su equipo auxiliar deben estar aprobados para el área específica.

2) Daño físico. Cada luminario debe estar protegido contra daños físicos por medio de una guarda adecuada, o por su propia ubicación.

3) Luminarios colgantes. Los luminarios colgantes deben estar suspendidos por medio de un tramo de tubo (conduit) metálico roscado tipo pesado o semipesado, por cadenas con accesorios aprobados, o por otros dispositivos también aprobados. En tramos de tubo (conduit) de más de 30 cm de longitud, debe añadirse un sistema permanente y efectivo de fijación contra desplazamientos laterales, a un nivel no mayor que 30 cm sobre la parte inferior del tramo de tubo o debe darse la flexibilidad necesaria por medio de un accesorio o conector flexible aprobado para este uso y para el área de montaje, colocado a no más de 30 cm desde el de fijación hasta la caja del accesorio de soporte. Las uniones roscadas deben estar dotadas de tornillos de fijación u otros medios efectivos para evitar que se afloje. Cuando el alambrado ubicado entre la caja o accesorio de salida y el luminario colgante no vaya en un tubo, debe utilizarse cordón flexible aprobado para uso rudo, y colocar sellos adecuados donde el cordón entra en el luminario y en la caja de salida o en el accesorio. No debe utilizarse el cordón flexible como medio de soporte del luminario.

4) Soportes. Las cajas, ensambles de cajas o accesorios utilizados para soporte de los luminarios deben estar aprobados para áreas Clase II.

b) Clase II, División 2. En las áreas Clase II, División 2, los luminarios deben cumplir con lo siguiente:

1) Equipo portátil de alumbrado. El equipo portátil de alumbrado debe estar aprobado para áreas Clase II y debe estar marcado claramente indicando la potencia máxima de la lámpara, en watts, para la cual está aprobado.

2) Alumbrado fijo. Los luminarios para alumbrado fijo que no son de un tipo aprobado para áreas Clase II, deben estar provistas con envoltentes para lámparas y portalámparas, diseñadas para reducir al mínimo el depósito de polvo sobre ellas e impedir el escape de chispas, materiales en combustión o metales calientes. Todo luminario debe estar claramente marcado para indicar la potencia máxima en watts de la lámpara que puede utilizarse sin que se exceda la temperatura de la superficie expuesta según lo indicado en 500-5(f), bajo condiciones normales de operación.

3) Daño físico. Los luminarios para alumbrado fijo deben estar protegidos contra daño físico con guardas adecuadas o por su propia ubicación.

4) Luminarios colgantes. Los luminarios colgantes deben suspenderse por medio de tramos de tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado, por cadenas con accesorios aprobados, o por otros dispositivos también aprobados. En tramos de tubo (conduit) de más de 30 cm debe añadirse un sistema permanente y efectivo de fijación contra desplazamientos laterales, a un nivel no mayor que 30 cm sobre la parte inferior del tramo de tubo, o se les debe dar la flexibilidad necesaria por medio de un accesorio o conector flexible aprobado para este uso y para el área de montaje, debe colocarse a no más de 30 cm desde el punto de fijación a la caja o a los accesorios de soporte. Cuando el alumbrado entre la caja y los accesorios de salida y el luminario no vayan dentro de un tubo, debe utilizarse cordón flexible aprobado para uso rudo. No debe utilizarse el cordón flexible como medio de soporte del luminario.

5) Lámparas de descarga eléctrica. El equipo de arranque y control de las lámparas de descarga eléctrica debe cumplir con lo indicado en 502-7(b).

502-12. Cordones flexibles, Clase II, Divisiones 1 y 2. Los cordones flexibles utilizados en áreas Clase II deben cumplir con lo siguiente:

(1) ser de un tipo aprobado para uso extra rudo;

Excepción: Cordones flexibles aprobados para uso rudo, como se permite en 502-11(a)(3) y 502-11(b)(4).

(2) contener, además de los conductores de circuito, un conductor de puesta a tierra de acuerdo con lo indicado en 400-23;

(3) estar conectados a las terminales o a los conductores de alimentación de forma apropiada;

(4) estar soportados por abrazaderas u otros medios adecuados, de tal manera que no se ejerzan esfuerzos mecánicos en las terminales de conexión;

(5) estar dotados de los sellos adecuados para impedir la penetración de polvo por los puntos en donde el cordón flexible entra a las cajas o a los accesorios que se requiere que sean a prueba de ignición de polvo.

502-13. Receptáculos y clavijas

a) Clase II, División 1. En las áreas Clase II, División 1, los receptáculos y clavijas deben ser del tipo que provea una conexión para el conductor de puesta a tierra del cordón flexible y deben estar aprobados para áreas Clase II.

b) Clase II, División 2. En las áreas Clase II, División 2, los receptáculos y clavijas deben ser del tipo que provea una conexión para el conductor de puesta a tierra del cordón flexible y deben estar diseñados de tal modo que no puedan hacerse las maniobras de conexión o desconexión del circuito mientras haya partes vivas expuestas.

502-14. Sistemas de señalización, alarma, control remoto y comunicaciones, medidores, instrumentos y relevadores.

NOTA: Véase el Artículo 800 para los requisitos que rigen la instalación de circuitos de comunicaciones.

a) Clase II, División 1. En las áreas Clase II, División 1, los sistemas de señalización, alarma, control remoto y sistemas de comunicaciones, medidores, instrumentos y relevadores deben cumplir con las siguientes condiciones de 502-14(a)(1) hasta 502-14(a)(6):

1) Métodos de alambrado. Los métodos de alambrado deben cumplir con la Sección 502-4(a).

2) Contactos. Los desconectadores, interruptores automáticos, relevadores, contactores, fusibles y los contactos que interrumpen corriente eléctrica de campanas, altavoces y sirenas, así como los demás dispositivos en los cuales puedan producirse chispas o arcos, deben estar encerrados en envolventes aprobadas para áreas Clase II.

Excepción: Cuando los contactos de apertura estén sumergidos en aceite o cuando la interrupción de la corriente eléctrica se produce dentro de una cámara sellada contra la entrada de polvo, las envolventes pueden ser del tipo para uso general.

3) Resistencias y equipo similar. Las resistencias, transformadores, bobinas, rectificadores, válvulas termoiónicas y demás equipo o aparatos generadores de calor, deben estar encerrados en envolventes aprobadas para áreas Clase II.

Excepción: Cuando las resistencias o equipo similar estén sumergidos en aceite, o contenidos en una cámara sellada a prueba de entrada de polvo, las envolventes pueden ser del tipo de uso general.

4) Maquinarias rotatorias. Los motores, generadores y demás maquinarias rotatorias eléctricas deben cumplir con la Sección 502-8(a).

5) Polvos combustibles y eléctricamente conductores. Donde haya polvos combustibles y eléctricamente conductores, todo el alambrado y equipo debe estar aprobado para áreas Clase II.

6) Polvos metálicos. Donde pueda haber polvos de magnesio, aluminio, partículas de bronce- aluminio o de otros metales de características peligrosas similares, todos los aparatos y equipo deben estar aprobados para esas condiciones específicas.

b) Clase II, División 2. En las áreas Clase II, División 2, los sistemas de señalización, alarma, control remoto y sistemas de comunicaciones, medidores, instrumentos y relevadores deben cumplir con las siguientes condiciones de 502-14(b)(1) hasta 502-14(b)(5):

1) Contactos. Las envolventes deben cumplir con lo indicado en 502-14(a)(2) anterior, o los contactos deben estar dentro de envolventes metálicas herméticas diseñadas para reducir al mínimo la entrada de polvo y con tapas telescópicas, o bien tapas apretadas y sin aberturas a través de las cuales, después de instaladas, pudieran salir chispas o materiales encendidos.

Excepción: En los circuitos no inflamables se permite el uso de envolventes de uso general.

2) Transformadores y equipos similares. Los devanados y las terminales de conexión de los transformadores y bobinas deben estar dentro de envolventes metálicas herméticas sin aberturas de ventilación.

3) Resistencias y equipo similar. Las resistencias, dispositivos de resistencia, válvulas termoiónicas, los rectificadores y equipo similar deben cumplir con 502-14(a)(3) anterior.

Excepción: Las envolventes de las válvulas termoiónicas, las resistencias no variables, o rectificadores cuya temperatura máxima de operación no sea mayor que 120 °C, pueden ser del tipo de uso general.

4) Máquinas rotatorias. Los motores, generadores y demás maquinarias eléctricas rotatorias deben cumplir con lo indicado en 502-8(b).

5) Métodos de alambrado. Los métodos de alambrado deben cumplir con lo indicado en 502-4(b).

502-15. Partes vivas, Clase II, Divisiones 1 y 2. Las partes vivas no deben estar expuestas.

502-16. Puesta a tierra, Clase II, Divisiones 1 y 2. El alambrado y equipo deben ponerse a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250 y de acuerdo con las siguientes Secciones 502-16(a) y 502-16(b):

a) Unión. Para propósitos de continuidad no debe dependerse de contactos del tipo tuerca y contratuerca, sino que deben utilizarse puentes de unión con accesorios adecuados u otros medios de unión aprobados. Tales medios de unión se aplican a todas las canalizaciones, accesorios, cajas y envolventes que intervengan en las áreas Clase II desde el punto de puesta a tierra hasta el equipo de acometida, o hasta el punto de puesta a tierra de un sistema derivado separadamente.

Excepción: Los medios específicos de unión deben exigirse únicamente al punto más cercano donde el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra se conectan juntos del lado de línea del medio de desconexión del edificio como se especifica en 250-24(a), 250-24(b) y 250-24(c), siempre que la protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados se localice del lado de la carga de los medios de desconexión.

NOTA: Véase 250-78 para requerimientos adicionales de unión en áreas clasificadas peligrosas.

b) Tipo de conductores de puesta a tierra del equipo. Donde se utilice el tubo (conduit) flexible como se permite en 502-4, éste debe instalarse con puentes de unión internos o externos en forma paralela con cada tubo y cumpliendo con lo establecido en 250-79.

Excepción: En las áreas Clase II, División 2, el puente de unión se puede suprimir cuando se cumplen las siguientes condiciones:

a. Cuando se utilice tubo (conduit) metálico flexible hermético a líquidos aprobado, de 1,8 m o menos de longitud, con accesorios aprobados para puesta a tierra.

b. Cuando la protección contra sobrecorriente en el circuito esté limitada a 10 A o menos.

c. Que la carga no sea carga de potencia (fuerza).

502-17. Protección contra sobretensión, Clase II, Divisiones 1 y 2. Los apartarrayos, incluyendo su instalación y conexión, deben cumplir con el Artículo 280. Además, si están instalados en áreas Clase II, División 1, deben estar en envolventes apropiadas.

Los capacitores para protección contra sobretensión deben ser del tipo diseñado para su uso específico.

502-18. Circuitos derivados multiconductores. En áreas Clase II, División 1, no se permite el uso de circuitos derivados multiconductores.

Excepción: Cuando el dispositivo de desconexión para el circuito abra simultáneamente todos los conductores de fase de un circuito multiconductor.

ARTICULO 503 - AREAS CLASE III

503-1. Generalidades. Las disposiciones generales de esta norma se aplican al alambrado y equipo eléctrico en áreas clasificadas como Clase III en la Sección 500-9.

Excepción: Como lo modifique este Artículo.

El equipo instalado en áreas Clase III debe ser capaz de operar a plena carga sin desarrollar en su superficie una temperatura capaz de causar una deshidratación excesiva o carbonización gradual de fibras o pelusas acumuladas. Los materiales orgánicos carbonizados o excesivamente deshidratados tienen una alta probabilidad de combustión espontánea. La máxima temperatura en la superficie bajo condiciones de operación, no debe exceder de 165°C para equipo no sujeto a sobrecargas, y 120 °C para equipo (tales como motores y transformadores) que puedan sobrecargarse.

NOTA: Para información adicional para montacargas eléctrico, véase el Apéndice B2.

503-2. Transformadores y capacitores, Clase III, Divisiones 1 y 2. Los transformadores y capacitores deben cumplir con lo indicado en la Sección 502-2(b).

503-3. Métodos de alambrado. Los métodos de alambrado deben cumplir con lo indicado en 503-3(a) o 503-3(b) siguientes:

a) Clase III, División 1. En áreas Clase III, División 1, el método de alambrado debe ser tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado, tubo (conduit) metálico tipo ligero, ductos herméticos al polvo, o cable tipo MC o MI con accesorios terminales aprobados.

1) Cajas y accesorios. Todas las cajas y accesorios deben ser herméticas al polvo.

2) Conexiones flexibles. Donde es necesario emplear conexiones flexibles, deben utilizarse conectores flexibles herméticos al polvo, tubo (conduit) metálico flexible hermético a líquidos con accesorios aprobados, tubo (conduit) no metálico flexible hermético a líquidos con accesorios aprobados, o cordones flexibles conforme lo indicado en 503-10.

NOTA: Véase 503-16(b) para los requisitos de puesta a tierra cuando se utiliza tubo (conduit) flexible.

b) Clase III, División 2. En las áreas Clase III, División 2, el método de alambrado debe cumplir con 503-3(a) anterior.

Excepción: En las secciones, compartimentos, o áreas utilizadas solamente para almacenamiento y que no contengan maquinaria, puede utilizarse alambrado al descubierto sobre aisladores de acuerdo con lo indicado en el Artículo 320, pero solamente a condición de que exista una protección como la requerida en 320-14 cuando los conductores no recorran espacios en el techo y estén lejos de fuentes de daño físico.

503-4. Desconectadores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles Clase III, Divisiones 1 y 2. Los desconectadores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles, incluyendo estaciones de botones, relevadores, dispositivos similares, instalados en áreas Clase III, Divisiones 1 y 2, deben estar en envolventes herméticas al polvo.

503-5. Transformadores de control y resistencias, Clase III, Divisiones 1 y 2. Los transformadores, bobinas de impedancia y resistencias utilizadas como o en conjunto con equipos de control para motores, generadores y otros aparatos deben estar en envoltentes a herméticas al polvo conforme con las limitaciones de temperatura indicadas en 503-1.

503-6. Motores y generadores, clase III, Divisiones 1 y 2. En áreas Clase III, Divisiones 1 y 2, los motores, generadores y otras máquinas rotatorias deben ser totalmente encerradas no ventiladas, totalmente encerradas con tubería de ventilación, o totalmente encerradas enfriadas por ventilador.

Excepción: En áreas donde sólo se dé una moderada acumulación de pelusas sobre, dentro o en la vecindad de una máquina eléctrica rotatoria, y donde dicha máquina sea de fácil acceso para limpieza y mantenimiento de rutina, se permite cualquiera de los siguientes:

- a. Motores textiles auto-limpiantes del tipo jaula de ardilla.
- b. Motores normales del tipo abierto sin contactos deslizantes u otro tipo de mecanismo de conmutación, incluyendo dispositivos de sobrecarga para el motor.
- c. Motores normales del tipo abierto con contactos, tales como mecanismos de conmutación o dispositivos de resistencia encerrados dentro de envoltentes herméticas sin ventilación u otras aberturas.

503-7. Tubería de ventilación, Clase III, Divisiones 1 y 2. La tubería de ventilación para motores, generadores, u otras máquinas rotatorias, o para envoltentes de equipo eléctrico, deben ser de metal con espesor no menor que 0,5 mm o de un material no combustible substancialmente igual, y que cumpla con las condiciones siguientes:

- (1) conducir directamente a una fuente de aire limpio exterior fuera del local;
- (2) tener barreras en los extremos exteriores para impedir el paso de pequeños animales y aves, y
- (3) estar protegidos contra daño físico, oxidación u otras influencias corrosivas.

La tubería de ventilación debe ser suficientemente hermética, incluso sus conexiones, para impedir la entrada de cantidades apreciables de fibras o pelusas dentro de equipo o envoltentes ventilados, e impedir el escape de chispas, flamas o material encendido que pueda incendiar fibras o pelusas de material combustible en la vecindad. Para tubería metálica, se permiten costuras herméticas y uniones remachadas o soldadas; y pueden utilizarse juntas deslizantes ajustadas donde cierta flexibilidad es necesaria, como en las conexiones a los motores.

503-8. Equipo de utilización, Clase III, Divisiones 1 y 2

a) Calefactores. Los equipos de utilización calentados eléctricamente deben ser aprobados para áreas Clase III.

b) Motores. Los motores de accionamiento de los equipos de utilización deben cumplir con lo indicado en 503-6.

c) Desconectadores, interruptores automáticos, controladores de motor y fusibles. Los desconectadores, interruptores automáticos, controladores de motor y fusibles, deben cumplir con lo indicado en 503-4.

503-9. Luminarios Clase III, Divisiones 1 y 2

a) Alumbrado fijo. Los luminarios para alumbrado fijo que no son de un tipo aprobado para áreas Clase III, deben estar provistas con envoltentes para las lámparas y portalámparas, diseñadas para reducir al mínimo la entrada de fibras, pelusas y partículas volátiles, e impedir la salida de chispas, material en combustión o metal caliente. Todo luminario debe estar claramente marcada para indicar la potencia, en watts de las lámparas que pueden utilizarse sin que se exceda la temperatura de 165°C en las superficies expuestas bajo condiciones normales de operación.

b) Daño físico. Cada luminario debe estar protegido contra daños físicos por medio de una guarda adecuada.

c) Luminarios colgantes. Los luminarios colgantes deben estar suspendidos por medio de un tramo de tubo (conduit) metálico roscado tipo pesado o semipesado, o con cadenas con accesorios aprobados. Para tramos de tubo mayores que 30 cm, deben disponerse tirantes permanentes y efectivos para impedir desplazamientos laterales a un nivel no mayor que 30 cm sobre la parte inferior del tramo del tubo, o debe darse la flexibilidad necesaria mediante un accesorio aprobado o conector flexible aprobado para este uso y para el área de montaje, colocado a no más de 30 cm desde el punto de fijación hasta la caja o al accesorio de soporte.

d) Equipo portátil de alumbrado. El equipo portátil de alumbrado debe tener agarraderas y estar protegido con guardas adecuadas. Los portalámparas deben ser del tipo sin desconector, sin preparaciones para recibir clavijas. No deben tener partes metálicas portadoras de corriente eléctrica expuestas, y todas las partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica deben estar puestas a tierra. En todos los otros aspectos, el equipo portátil de alumbrado debe cumplir con 503-9(a) anterior.

503-10. Cordones flexibles Clase III, Divisiones 1 y 2. Los cordones flexibles deben cumplir con las condiciones siguientes:

- (1) ser del tipo aprobado para uso extra rudo;
- (2) tener, además de los conductores del circuito, un conductor de puesta a tierra conforme a lo indicado en 400-23;
- (3) estar conectados a terminales o conductores de alimentación de forma apropiada;
- (4) estar soportados por abrazaderas u otros medios adecuados, de tal manera que no se ejerzan esfuerzos mecánicos en las terminales de conexión, y
- (5) estar provistos de medios adecuados para impedir la entrada de fibras, pelusas o partículas volátiles, por los puntos en donde el cordón flexible entra a las cajas o accesorios.

503-11. Receptáculos y clavijas Clase III, Divisiones 1 y 2. Los receptáculos y clavijas deben ser del tipo con conexión de puesta a tierra y estar diseñadas para minimizar la acumulación o entrada de fibras, pelusas o partículas volátiles, e impedir el escape de chispas o partículas fundidas.

Excepción: En áreas donde solamente se dé una moderada acumulación de pelusa sobre, dentro o en la vecindad de un receptáculo, y donde tal receptáculo sea de fácil acceso para limpieza y mantenimiento de rutina, se permite utilizar receptáculos de uso general con conexión de puesta a tierra montados para minimizar la entrada de fibras, pelusas o partículas volátiles.

503-12. Sistemas de señalización, alarma, control remoto y altavoces de intercomunicación clase III, Divisiones 1 y 2. Los sistemas de señalización, alarma, control remoto y altavoces de intercomunicación, deben cumplir con los requisitos del Artículo 503 relativos a métodos de alambrado, desconectores, transformadores, resistencias, motores, luminarios y componentes relacionados.

503-13. Grúas, montacargas y equipo eléctrico similar Clase III, Divisiones 1 y 2. Cuando se instalen para operar sobre fibras combustibles o acumulaciones de las pelusas, las grúas viajeras y montacargas para el manejo de materiales, limpiadoras viajeras para máquinas textiles, y equipo similar, deben cumplir con 503-13(a) hasta 503-13(d) siguientes:

a) Alimentación. Los conductores de contacto de alimentación deben estar aislados de todos los otros sistemas y estar equipados con un detector para tierra aceptable que active una alarma y automáticamente desenergice a los conductores de contacto en caso de una falla a tierra, o que produzca una alarma visual y audible mientras los conductores de contacto estén energizados y la falla a tierra persista.

b) Conductores de contacto. Los conductores de contacto deben ubicarse o resguardarse para ser inaccesibles a personal no calificado y estar protegidos contra contactos accidentales con objetos extraños.

c) Escobillas o colectores de corriente eléctrica. Las escobillas de corriente deben acomodarse o resguardarse para confinar el chisporroteo normal e impedir el escape de chispas o partículas calientes. Para reducir el chisporroteo, deben colocarse dos o más superficies de contacto separadas en cada conductor de contacto. Deben tenerse medios confiables para mantener libres de la acumulación de pelusa o de partículas volátiles a los conductores de contacto y escobillas de corriente.

d) Equipo de control. El equipo de control debe cumplir con lo indicado en 503-4 y 503-5.

503-14. Banco y cargador de baterías Clase III, Divisiones 1 y 2. Los bancos y cargadores de baterías deben localizarse en cuartos separados, construidos o recubiertos con suficiente material no combustible, diseñados de tal forma que eviten la acumulación en cantidades combustibles de pelusa o partículas volátiles y deben estar adecuadamente ventilados.

503-15. Partes vivas Clase III, Divisiones 1 y 2. No debe haber partes vivas expuestas.

Excepción: Tal como se indica en 503-13.

503-16. Puesta a tierra Clase III, Divisiones 1 y 2. El alambrado y el equipo en las áreas Clase III, Divisiones 1 y 2 debe conectarse a tierra como se especifica en el Artículo 250 y en los requisitos siguientes:

a) Unión. Para propósitos de continuidad no debe dependerse de contactos del tipo tuerca y contratuerca, sino que deben utilizarse puentes de unión con accesorios adecuados u otros medios de unión aprobados.

Tales medios de unión se aplican a todas las canalizaciones, accesorios, cajas y envolventes que intervengan en las áreas Clase III desde el punto de puesta a tierra hasta el equipo de acometida, o hasta el punto de puesta a tierra de un sistema derivado separadamente.

Excepción: Los medios específicos de unión deben exigirse únicamente al punto más cercano donde el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra se conectan juntos del lado de línea del medio de desconexión del edificio como se especifica en 250-24 (a), (b) y (c), siempre que la protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados se localice del lado de la carga de los medios de desconexión.

NOTA 1: Véase 250-78 para requerimientos adicionales de puentado en áreas peligrosas (clasificadas).

b) Tipo de conductores de puesta a tierra de equipo. Donde se utilice el tubo (conduit) flexible como se permite en 503-3, éste debe instalarse con puentes de unión internos o externos en forma paralela con cada tubo y cumpliendo con lo establecido en 250-79.

Excepción: En las áreas Clase III, Divisiones 1 y 2, el puente de unión se puede suprimir cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- a. Cuando se utilice tubo (conduit) metálico flexible hermético a líquidos, aprobado, de 1,80 m o menos de longitud con accesorios aprobados para puesta a tierra.
- b. Cuando la protección contra sobrecorriente en el circuito esté limitada a 10 A o menos.
- c. Que la carga no sea carga de potencia (fuerza).

ARTICULO 504 - SISTEMAS INTRINSECAMENTE SEGUROS

504-1. Alcance. Este Artículo cubre la instalación de aparatos, alambrado y aparatos y sistemas intrínsecamente seguros (I.S.), para áreas Clase I, II y III.

NOTA: Para información adicional sobre prácticas de alambrado intrínsecamente seguro en áreas peligrosas (clasificadas), véase el apéndice B2.

504-2. Definiciones. Para propósito de este Artículo se presentan las siguientes definiciones:

Aparatos asociados. Aparatos en los que los circuitos en sí no son necesariamente intrínsecamente seguros, pero que afectan la energía en circuitos intrínsecamente seguros, y de los cuales se depende para mantener la seguridad intrínseca. Los aparatos asociados pueden ser:

- a) Aparatos eléctricos que tengan un tipo de protección alterna para uso en áreas peligrosas (clasificadas) apropiadas; o
- b) Aparatos eléctricos no protegidos así, los cuales no deben utilizarse dentro de un área peligrosa (clasificada).

NOTA 1: Los aparatos asociados tienen conexiones identificadas intrínsecamente seguras para aparatos intrínsecamente seguros, y también pueden tener conexiones para aparatos no intrínsecamente seguros.

NOTA 2: Un ejemplo de aparato asociado es una barrera intrínsecamente segura, la cual es una red diseñada para limitar la energía (corriente y tensión eléctricas), disponible para circuito protegido en áreas peligrosas (clasificadas), bajo condiciones especificadas de falla.

Aparato intrínsecamente seguro. Aparato en el cual todos los circuitos son intrínsecamente seguros.

Aparato simple. Un dispositivo que no genera ni almacena más de 1,2 V, 0,1 A, 25 mW o 20 μ J.

NOTA: Algunos ejemplos son: desconectores, termopares, diodos emisores de luz, conectores y dispositivos de control de temperatura por resistencia (RTD).

Circuito intrínsecamente seguro. Circuito en el cual cualquier chispa o efecto térmico es incapaz de causar la ignición de una mezcla de material combustible o inflamable en aire bajo condiciones prescritas de prueba.

NOTA: Para información adicional sobre métodos de prueba para aparatos intrínsecamente seguros y aparatos asociados para Clase I, II y III, División 1, véase apéndice B2.

Circuitos intrínsecamente seguros diferentes. Circuitos intrínsecamente seguros diferentes, son circuitos intrínsecamente seguros en los cuales las distintas conexiones posibles que tienen no han sido evaluadas y aprobadas como intrínsecamente seguras.

Diagrama de control. Es un diagrama o documento proporcionado por el fabricante del aparato intrínsecamente seguro o asociado, que detalla las conexiones permitidas entre los aparatos intrínsecamente seguros y los asociados.

Sistema intrínsecamente seguro. Son ensambles de conexión de aparatos intrínsecamente seguros interconectados, aparatos asociados y cables de conexión en los que aquellas partes del sistema que puedan ser utilizadas en un área peligrosa (clasificada), son circuitos intrínsecamente seguros.

NOTA: Un sistema intrínsecamente seguro puede incluir más de un circuito intrínsecamente seguro.

504-3. Aplicación de otros Artículos. A excepción de lo modificado por este Artículo, todos los Artículos aplicables de esta norma deben cumplirse.

504-4. Equipo aprobado. Todo aparato intrínsecamente seguro y aparatos asociados deben estar aprobados.

Excepción: Un aparato simple, como se describe en el diagrama de control, no requiere estar aprobado.

504-10. Instalación de equipo

a) Diagrama de control. Los aparatos intrínsecamente seguros, aparatos asociados y otros equipos, deben instalarse de acuerdo con lo indicado en los diagramas de control.

Excepción: Un aparato simple que no interconecta circuitos intrínsecamente seguros.

NOTA: La identificación del diagrama de control está marcada sobre el aparato.

b) Ubicación. Los aparatos intrínsecamente seguros y aparatos asociados pueden instalarse en cualquier área peligrosa (clasificada) para la cual han sido aprobados. Se permite el uso de envoltentes de usos generales para aparatos intrínsecamente seguros.

Debe permitirse la instalación de los aparatos asociados en áreas peligrosas (clasificadas) para las cuales se han identificado o si se protegen por otros medios permitidos en los Artículos 501 a 503 y 505.

504-20. Métodos de alambrado. Se permite instalar aparatos intrínsecamente seguros y su alambrado, utilizando cualquiera de los métodos de alambrado adecuados para áreas no clasificadas, incluyendo los Capítulos 7 y 8. La aplicación de sellos debe ser como se indica en 504-70, y la separación debe ser como la indicada en 504-30.

504-30. Separación de conductores intrínsecamente seguros

a) De conductores de circuitos no intrínsecamente seguros

1) Alambrado al descubierto. Los conductores y cables de circuitos intrínsecamente seguros que no estén en canalizaciones o en soportes tipo charola para cables, deben estar separados al menos 50 mm y asegurados de los conductores y cables de cualquier circuito no intrínsecamente seguro.

Excepción: Donde: (1) todos los conductores de circuitos intrínsecamente seguros sean del tipo MC o MI; o (2) todos los conductores del circuito no intrínsecamente seguros estén en canalizaciones o sean cables del tipo MC o MI, donde la cubierta metálica sea capaz de llevar la corriente eléctrica de falla a tierra.

2) En canalizaciones, soportes tipo charola para cables y cables. Los conductores de circuitos intrínsecamente seguros no deben colocarse en canalizaciones, soportes tipo charola o cables con conductores que sean de circuito no intrínsecamente seguros.

Excepción 1: Cuando los conductores de circuitos intrínsecamente seguros estén separados de los conductores de circuitos no intrínsecamente seguros por una distancia de al menos 50 mm y asegurados, o mediante una división metálica puesta a tierra o mediante una división de aislamiento adecuado.

NOTA: Divisiones de lámina metálica de 0,90 mm de espesor o mayores, se consideran normalmente aceptables.

Excepción 2: Cuando: (1) todos los conductores de circuitos intrínsecamente seguros o (2) todos los conductores de circuitos no intrínsecamente seguros estén en cables con cubierta o forro metálico puesta a tierra, donde esos elementos metálicos sean capaces de transportar la corriente eléctrica de falla a tierra.

NOTA: Los cables que cumplen con los requisitos indicados en los Artículos 330 y 334 son típicos de aquéllos considerados aceptables.

3) Dentro de envoltentes

a. Los conductores de circuitos intrínsecamente seguros deben separarse al menos 50 mm de los conductores de cualquier circuito no intrínsecamente seguro, o como se especifica en 504-30(a)(2).

b. Todos los conductores deben asegurarse de tal forma que cualquier conductor que pudiera aflojarse de una terminal no pueda entrar en contacto con otra terminal.

NOTA 1: El uso de compartimentos separados de alambrado para terminales intrínseca y no intrínsecamente seguras, es el método preferido para cumplir con este requisito.

NOTA 2: Las barreras físicas tales como divisiones metálicas puestas a tierra, o de divisiones de aislamiento adecuadas, o ductos de alambrado de acceso restringido, separados de otros ductos por al menos 19 mm, pueden ser utilizados para ayudar a asegurar la separación requerida del alambrado.

b) De conductores de circuitos intrínsecamente seguros diferentes. Los circuitos intrínsecamente seguros diferentes deben estar en cables separados, o deben estar separados entre sí por cualquiera de los siguientes medios:

- 1) Que los conductores de cada circuito estén dentro de una pantalla metálica puesta a tierra.
- 2) Que los conductores de cada circuito tengan un aislamiento con un espesor mínimo de 0,25 mm.

Excepción: A menos que cualquier otro medio sea aprobado.

504-50. Puesta a tierra

a) Aparatos intrínsecamente seguros, aparatos asociados y canalizaciones. Deben ponerse a tierra, los aparatos intrínsecamente seguros, aparatos asociados, pantallas metálicas, envolventes y canalizaciones, si son metálicos.

Nota: Puede ser necesaria una unión suplementaria al electrodo de puesta a tierra para algunos aparatos asociados, por ejemplo, diodos de barrera zener, si se especifica en el diagrama de control.

b) Conexión al electrodo de puesta a tierra. Cuando se requiera la conexión a un electrodo de puesta a tierra, este electrodo debe ajustarse a las especificaciones indicadas en 250-81(a), (b), (c), (d) y debe cumplir con lo indicado en 250-26(c). No se deben aplicar las especificaciones de la Sección 250-83 si están disponibles los electrodos especificados en la Sección 250-81.

c) Pantallas. Cuando se utilicen conductores o cables con pantallas, éstas deben estar puestas a tierra.

Excepción: Cuando la pantalla es parte de un circuito intrínsecamente seguro.

504-60. Unión.

a) Areas peligrosas. En áreas peligrosas (clasificadas), los aparatos intrínsecamente seguros deben estar conectadas a tierra en el área peligrosa (clasificada) de acuerdo con lo indicado en 250-78.

b) Areas no peligrosas. En áreas no peligrosas, donde se utilicen canalizaciones metálicas para alambrado de sistemas intrínsecamente seguros en áreas peligrosas, los aparatos asociados deben estar conectados a tierra de acuerdo con lo indicado en 501-16(a), 502-16(a), 503-16(a) o 505-25 según sea aplicable.

504-70. Sellado. Los cables y tubo (conduit) que deban sellarse de acuerdo con lo indicado en 501-5 y 502-5, deben sellarse para reducir al mínimo el paso de gases, vapores y polvos. Tales sellos no requieren ser a prueba de explosión o a prueba de flama.

Excepción: No se requieren sellos para envolventes que contengan únicamente aparatos intrínsecamente seguros, excepto por lo requerido en 501-5(f)(3).

504-80. Identificación. Las etiquetas requeridas por esta Sección deben ser adecuadas para el ambiente donde se instalen, considerando la exposición a productos químicos y a la luz solar.

a) Terminales. Los circuitos intrínsecamente seguros deben identificarse en las terminales y empalmes, de modo que se evite la interferencia no intencional con los circuitos durante las pruebas y mantenimiento.

b) Alambrado. Las canalizaciones, soportes tipo charola para cables, y el alambrado al descubierto para sistemas intrínsecamente seguros, deben identificarse con etiquetas permanentemente adheridas con la leyenda "Alambrado intrínsecamente seguro" o su equivalente. Las etiquetas deben estar ubicadas de modo que sean visibles después de la instalación y colocadas de tal manera que puedan ser fácilmente localizadas a todo lo largo de la instalación. El espaciamiento entre las etiquetas no debe ser mayor que 7,5 m.

Excepción: Se permite identificar los circuitos subterráneos, cuando estén accesibles tras emerger del suelo.

NOTA 1: Los métodos de alambrado permitidos en áreas no peligrosas pueden utilizarse para sistemas intrínsecamente seguros en áreas clasificadas como peligrosas. Sin etiquetas que identifiquen la aplicación del alambrado, no se puede determinar si la instalación cumple con esta norma.

NOTA 2: En áreas no peligrosas, la identificación es necesaria para evitar que en un futuro, el alambrado no intrínsecamente seguro, se adicione inadvertidamente a canalizaciones existentes.

c) Código de color. Se permite el uso de un código de color para identificar a los conductores intrínsecamente seguros cuando sean de color azul claro, siempre y cuando no se utilicen otros conductores con este mismo color. Asimismo, debe permitirse el código de color para identificar a las canalizaciones, soportes tipo charola para cables y cajas registro de empalme, cuando estén coloreados de color azul claro y contengan únicamente alambrado intrínsecamente seguro.

ARTICULO 505 - AREAS CLASE I, ZONAS 0, 1 Y 2

505-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos para el sistema de clasificación por zonas, como una alternativa al sistema de clasificación por divisiones tratado en el Artículo 500, para equipo eléctrico y electrónico y alambrado en todas las tensiones en áreas clasificadas como peligrosas de Clase I, Zona 0, Zona 1 y Zona 2, en donde puede existir riesgo de explosión debido a la presencia de gases, vapores o líquidos inflamables.

Nota: Véase los Artículos 500 a 504 para los requisitos de equipo eléctrico y electrónico y alambrado para todas las tensiones en áreas clasificadas como peligrosas de Clase I, Divisiones 1 o 2; Clase II, Divisiones 1 o 2; y Clase III, Divisiones 1 o 2, en donde puede existir riesgo de explosión debido a la presencia de gases, vapores o líquidos inflamables, polvos o fibras combustibles.

505-2. Otros Artículos. Todas las demás reglas aplicables contenidas en esta norma deben aplicarse al alambrado y equipo eléctrico instalados en áreas clasificadas como peligrosas.

Excepción. Lo modificado por este Artículo y por el Artículo 504.

(Continúa en la Quinta Sección)

QUINTA SECCION

SECRETARIA DE ENERGIA

(Viene de la Cuarta Sección)

505-3 Areas y requisitos generales.

(a) Clasificación de áreas. Las áreas deben clasificarse dependiendo de las propiedades de los vapores, gases o líquidos inflamables que pueden estar presentes y de la posibilidad de que esté presente una concentración o cantidad inflamable o combustible. Donde solamente se usan o manipulan materiales pirofóricos, estas áreas no deben ser clasificadas.

Cada cuarto, sección o superficie debe considerarse individualmente para determinar su clasificación.

NOTA 1: Véase la Sección 505-6 para las restricciones sobre clasificación de áreas.

NOTA 2: Aplicando el ingenio en el diseño de las instalaciones eléctricas de las áreas peligrosas (clasificadas), con frecuencia puede ubicarse la mayor parte de los aparatos en áreas menos peligrosas o no peligrosas, y así reducir el número de equipos especiales necesarios.

(b) Roscado. Todos los tubos (conduits) roscados de los que trata esta Sección deben tener rosca normalizada NPT hecha con dado de tarraja que produzca una conicidad de 1 a 16 (0,625 mm por cada centímetro). Estos tubos (conduits) deben apretarse firmemente con llave para evitar las chispas cuando a través del sistema de tubos (conduits) fluya una corriente de falla y asegurar la integridad a prueba de explosiones o llamas del sistema de tubo (conduit), donde sea aplicable. El equipo provisto de entradas roscadas para conexiones de alambrado en sitio se debe instalar de acuerdo con los siguientes (1) o (2):

(1) Equipo dotado con entradas roscadas para accesorios o tubo (conduit) con rosca NPT. Para equipos provistos con entradas roscadas para tubo (conduit) o accesorios con roscas tipo NPT se debe utilizar tubo (conduit), accesorios para tubo (conduit) o accesorios para cables, todos ellos aprobados.

(2) Equipo dotado con entradas roscadas para accesorios o tubo (conduit) con rosca métrica. Para estos equipos las entradas se deben identificar como métricas, o se deben suministrar con el equipo adaptadores aprobados para permitir la conexión a tubo (conduit) o accesorios con rosca NPT. Para la conexión a tubo (conduit) o accesorios con rosca NPT, se deben usar adaptadores. Se permitirá usar accesorios para cable aprobados que tengan rosca métrica.

NOTA: Para información adicional del roscado para las entradas de roscas métricas, véase el apéndice B2.

505-4 Técnicas de protección. A continuación se indican las técnicas de protección aceptables para los equipos eléctricos y electrónicos instalados en áreas peligrosas (clasificadas).

NOTA: Para información adicional sobre aparatos para uso en áreas Clase I, Zona 0, 1, véase el Apéndice B2.

(a) A prueba de flama "d". Se permitirá aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en áreas Clase I, Zona 1 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: A prueba de flama es un tipo de protección de equipo eléctrico en el cual la envolvente soportará sin sufrir daño y sin causar ignición, una explosión interna de una mezcla inflamable que ha penetrado a su interior a través de cualquier junta o abertura estructural en la envolvente, de una atmósfera explosiva externa compuesta de uno o más gases o vapores para los cuales se ha diseñado.

NOTA 2: Para información adicional para aparatos utilizados en áreas Clase I, Zona 1 y 2, véase el Apéndice B2.

(b) Purgado y presurizado. Se permite aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en áreas Clase I Zonas 1 o 2 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: En algunos casos los riesgos se pueden reducir, o las áreas (clasificadas) peligrosas se pueden limitar o eliminar, mediante una adecuada ventilación con presión positiva desde una fuente de aire limpio, junto con otros medios de seguridad eficaces en caso de que la ventilación falle.

NOTA 2: Para información adicional sobre aparatos con envolventes purgadas y presurizadas, tipo X, Y, Z, véase el Apéndice B2.

NOTA 3: El presurizado "p" es un tipo de protección de equipo eléctrico que utiliza la técnica de protección contra el ingreso de atmósferas externas, que pueden llegar a ser explosivas, dentro de un envolvente, manteniendo un gas de protección en su interior a una presión superior a la de la atmósfera externa.

(c) Seguridad intrínseca. Se permitirá aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en áreas Clase I Zonas 0 o 1 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: La Seguridad Intrínseca se designa como tipo de protección "ia " por la normativa internacional para uso en áreas de Zona 0. La Seguridad Intrínseca se designa como tipo de protección "ib " por la normativa internacional para uso en áreas de Zona 1.

NOTA 2: Para información adicional sobre aparatos intrínsecamente seguros "i" y aparatos asociados, véase el Apéndice B2.

NOTA 3: Un aparato asociado intrínsecamente seguro, designado como [ia] o [ib], se conecta a un equipo intrínsecamente seguro ("ia " o "ib" respectivamente), pero se ubica fuera del área (clasificada) peligrosa a menos que también esté protegido por otro tipo de protección (como por ejemplo a prueba de flama).

(d) Tipo de Protección "n." Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos instalados en áreas Clase I Zona 2 para los cuales aquéllos estén aprobados. El tipo de protección "n," también se subdivide en nA, nC y nR.

NOTA 1: Véase la Tabla 505-10(b)1 para la descripción de las subdivisiones del tipo de protección "n".

NOTA 2: El tipo de protección "n" es un tipo de protección aplicada a equipo eléctrico tal que, en operación normal, el equipo eléctrico no tenga capacidad para encender una atmósfera explosiva de gas circundante y no haya posibilidad de que ocurra una falla capaz de causar ignición.

NOTA 3: Para información adicional sobre aparatos para atmósferas con gases explosivos, tipo de protección "n", véase el Apéndice B2.

(e) Inmersión en aceite "o." Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos en áreas Clase I Zona 1 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: La inmersión en aceite es un tipo de protección en la cual el equipo eléctrico o partes de él, están sumergidos en un líquido de protección de manera tal que una atmósfera explosiva, que pueda estar sobre el líquido o fuera de la envolvente, no se pueda encender.

NOTA 2: Para información adicional sobre aparatos para uso en áreas Clase I, Zona 1, tipo de protección inmersión en aceite "o", véase el Apéndice B2.

(f) Seguridad aumentada "e." Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos en áreas Clase I Zona 1 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: La seguridad aumentada es un tipo de protección aplicada a equipo eléctrico que no produce arcos o chispas en servicio normal y bajo condiciones anormales específicas, en el cual se aplican medidas adicionales para incrementar la seguridad contra la posibilidad de temperaturas excesivas y de la ocurrencia de arcos y chispas.

NOTA 2: Para información adicional sobre aparatos para uso en áreas Clase I, Zona 1, tipo de protección seguridad aumentada "e", véase el Apéndice B2.

(g) Encapsulado "m." Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos en áreas Clase I Zona 1 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: El **encapsulado** es un tipo de protección en el cual las partes que podrían encender una atmósfera explosiva, tanto por chispa como por calentamiento, están encapsuladas en un compuesto, de modo tal que esta atmósfera explosiva no pueda ser encendida.

NOTA 2: Para información adicional sobre aparatos para uso en áreas Clase I, Zona 1, tipo de protección encapsulado "m", véase el Apéndice B2.

(h) Relleno con polvo "q." Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos en áreas Clase I Zona 1 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: El relleno con polvo es un tipo de protección en el cual las partes capaces de encender una atmósfera explosiva están fijadas en una posición y completamente rodeadas por un material de relleno (polvo de vidrio o cuarzo) para evitar el encendido de una atmósfera explosiva externa.

NOTA 2: Para información adicional sobre aparatos para uso en áreas Clase I, Zona 1, tipo de protección relleno con polvo "q", véase el Apéndice B2.

505-5 Referencias.

NOTA 1: Para la evaluación de la conformidad de esta norma los evaluadores deben estar familiarizados con la experiencia de la industria y con las normas aplicables a la clasificación de las distintas áreas, a la determinación de la ventilación adecuada y a la protección contra los riesgos producidos por la electricidad estática y los rayos.

NOTA 2: Para información adicional sobre la clasificación de áreas peligrosas, clasificación de materiales inflamables y requisitos de instalaciones que por su naturaleza son áreas peligrosas (clasificadas); véase el apéndice B2.

NOTA 3: Para información adicional sobre la clasificación protección contra riesgos producidos por la electricidad estática y las descargas atmosféricas en áreas peligrosas (clasificadas); véase el apéndice B2.

NOTA 4: Para información adicional sobre la clasificación ventilación en áreas peligrosas (clasificadas); véase el apéndice B2.

NOTA 5: Para información adicional sobre la clasificación sistemas eléctricos para áreas peligrosas (clasificadas) en plataformas marinas petroleras y de gas; véase el apéndice B2.

505-6 Precaución especial. El Artículo 505 exige una construcción e instalación de los equipos que garanticen un desempeño seguro bajo condiciones apropiadas de uso y mantenimiento.

Nota 1: Es importante que la unidad de verificación y los usuarios presten mayor atención de la usual con respecto a la instalación y mantenimiento del equipo eléctrico en áreas (clasificadas) peligrosas.

NOTA 2: Las bajas condiciones ambientales requieren consideración especial. El equipo eléctrico que depende de las técnicas de protección descritas en la Sección 505- 4(a), es posible que no sea adecuado para uso a temperaturas inferiores a -20°C, a menos que esté aprobado para uso a esas bajas temperaturas. No obstante, es posible que a bajas temperaturas del ambiente no se produzcan concentraciones inflamables de vapores en áreas Clase I Zonas 0, 1 o 2 a temperatura ambiente normal.

(a) Supervisión de trabajos. La clasificación de áreas, selección de equipos y métodos de alambrado deben estar bajo la supervisión de una persona calificada.

(b) Clasificación dual. En casos de áreas dentro de la misma instalación clasificada separadamente, se permite que las áreas Clase I Zona 2, lindan, pero no se traslapen, con áreas Clase I, División 2. Las áreas Clase I Zonas 0 o 1 no deben lindar con áreas Clase I Divisiones 1 o 2.

(c) Reclasificación permitida. Se permite que un área Clase I Divisiones 1 o 2 se reclasifique como área Clase I Zona 0, 1 o 2, siempre y cuando todo el espacio que está clasificado debido a la presencia de una fuente de un solo gas o vapor inflamable sea reclasificado bajo los requisitos de este Artículo.

505-7. Agrupación y clasificación. Para efectos de las pruebas, aprobación y clasificación por áreas, las distintas mezclas de aire (en atmósferas no enriquecidas con oxígeno) se deben agrupar como se indica en (a), (b) y (c) a continuación:

Nota 1: El Grupo I está destinado para uso en tipos de atmósferas que contienen grisú (una mezcla de gases, compuesta principalmente por metano, que se encuentra bajo tierra, usualmente en minas). Esta norma no se aplica a instalaciones subterráneas en minas. Véase 1. Objetivo y Campo de Aplicación de esta norma.

El Grupo II se debe subdividir en los subgrupos IIC, IIB y IIA, como se indica en los literales (a) (b) y (c), de acuerdo con la naturaleza del gas o vapor, para técnicas de protección "d,", "ia,", "ib,", "[ia],", e "[ib],", y, donde sea aplicable, "n" y "o".

Nota 2: La subdivisión de gas y vapor como se describe anteriormente se basa en la distancia segura experimental máxima, en la corriente de ignición mínima o en ambas.

Nota 3: Para información adicional sobre el equipo de pruebas para determinar la distancia segura experimental máxima; así como para la clasificación de gases o vapores de acuerdo con su distancia segura experimental máxima y corriente de ignición mínima; véase el Apéndice B2.

Nota 4: La verificación del equipo eléctrico que utiliza técnicas de protección "e,", "m,", "p," y "q,", debido a la técnica de diseño, no requiere ensayos que involucren la distancia segura experimental máxima, o la corriente de ignición mínima. Por tanto, no se requiere subdividir el Grupo II para estas técnicas de protección.

NOTA 5: Es necesario que los significados de los diferentes marcados de equipos y la clasificación del Grupo II se observen cuidadosamente para evitar confusión con la Clase I, Divisiones 1 y 2, Grupos A, B, C y D.

(a) Grupo IIC. Atmósferas que contienen acetileno, hidrógeno o gases inflamables o vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles mezclados con aire, que pueden arder o explotar, que tienen una distancia segura experimental máxima menor o igual que 0,50 mm, o una relación de corriente de ignición mínima menor o igual que 0,45.

Nota: Este grupo IIC equivale a una combinación de Clase I Grupo A y Clase I Grupo B, como se describió en las Secciones 500-5(a)(1) y (a)(2).

(b) Grupo IIB. Atmosferas que contienen acetaldehído, etileno o gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables, o vapores producidos por líquidos combustibles mezclados con aire, que pueden arder o explotar, que poseen una distancia segura experimental máxima mayor que 0,50 mm y menor o igual que 0,90 mm, o una relación de corriente de ignición mínima mayor que 0,45 y menor o igual que 0,80.

Nota: Este grupo IIB equivale al Grupo C de la Clase I, como se ha descrito en la Sección 500-5(a)(3).

(c) Grupo IIA. Atmosferas que contienen acetona, amoniaco, alcohol etílico, gasolina, metano, propano o gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables, o vapores producidos por líquidos combustibles mezclados con aire, que pueden arder o explotar, que tengan una distancia segura experimental máxima superior a 0,90 mm o una relación de corriente de ignición mínima mayor que 0,80.

Nota: Este grupo IIA equivale al Grupo D de la Clase I, como se ha descrito en la Sección 500-5(a)(4).

(d) Otros. Se permite que el equipo se apruebe para un gas o vapor específico, mezclas específicas de gases o vapores, o cualquier combinación específica de gases o vapores.

Nota: Un ejemplo común es el equipo marcado para "IIB + H₂".

505-8 Temperatura de Clase I. El marcado de temperatura especificado en la Sección 505-10(b) no debe exceder de la temperatura de ignición del gas o vapor específico que se pueda encontrar.

Nota: Para información adicional relacionada con las temperaturas de ignición de gases y vapores, véase el Apéndice B2.

505-9. Clasificación por zonas. La clasificación por zonas debe cumplir con lo siguiente:

(a) Clase I Zona 0. Un área Clase I Zona 0 es un área donde:

- (1) Están presentes continuamente concentraciones de gases o vapores inflamables; o
- (2) Están presentes durante largos periodos de tiempo concentraciones de gases o vapores inflamables.

NOTA 1: Para información adicional para obtener orientación para determinar cuándo hay presencia de gases o vapores inflamables, continuamente o por largos periodos de tiempo, véase el Apéndice B2.

NOTA 2: Esta clasificación incluye el interior de tanques o recipientes ventilados que contengan líquidos inflamables volátiles; el interior de cabinas para procesos de rociado o recubrimiento mal ventilados, en los que se utilicen disolventes volátiles inflamables; la parte entre el exterior y el interior del techo de un tanque de techo flotante que contenga líquidos volátiles inflamables; el interior de recipientes, fosas y tanques abiertos que contengan líquidos volátiles inflamables; el interior de un ducto de escape que se utiliza para ventilar concentraciones inflamables de gases o vapores; y el interior de cabinas mal ventiladas que contengan normalmente instrumentos de venteo para el uso o análisis de fluidos inflamables y ventilados al interior de cabinas.

NOTA 3: No se recomienda instalar equipos eléctricos en áreas de la Zona 0, excepto cuando el equipo sea esencial para el proceso o cuando no sean viables otras áreas [véase la Sección 505-3(a) NOTA 2]. Si fuera necesario instalar sistemas eléctricos en lugares de Zona 0, se recomienda instalar sistemas intrínsecamente seguros como los descritos en el Artículo 504.

(b) Clase I Zona 1. Un área de Clase I Zona 1 es un área:

- (1) En la que es probable que haya concentraciones de gases o vapores inflamables en condiciones normales de operación, o
- (2) En la que frecuentemente puede haber concentraciones de gases o vapores inflamables debido a operaciones de reparación o mantenimiento, o por fugas, o
- (3) En la que se opera equipo o se llevan a cabo procesos de tal naturaleza que la avería u operación defectuosa del equipo podría producir la liberación de concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables y causar además la falla simultánea de los equipos eléctricos, que pueden hacer que el equipo eléctrico se convierta en fuente de ignición, o
- (4) Que es adyacente a un área Clase I, Zona 0, desde la que podrían trasladarse concentraciones inflamables de vapores, excepto si ese traslado se evita mediante una ventilación forzada (de presión positiva) adecuada desde una fuente de aire limpio y se suministran medios eficaces de protección contra fallas de la ventilación.

NOTA 1: Se consideran como operaciones normales las situaciones en que el equipo de planta opera dentro de sus parámetros de diseño. Las fugas menores de materiales inflamables pueden ser parte de operaciones normales. Las fugas menores incluyen aquellas provenientes de los empaques o sellos mecánicos de las bombas. No se consideran como operaciones normales las fallas que involucran reparación o parada total (como las rupturas de los asientos de las bombas y empaques de las bridas y los derrames producidos por accidentes).

NOTA 2: Esta clasificación incluye normalmente las áreas en las que se traspasan líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables de un recipiente a otro. Las áreas cercanas a las operaciones de aplicación por rociado y pintura, en las que se utilizan disolventes inflamables; los compartimientos o salas de secado adecuadamente ventilados en los que se evaporan disolventes inflamables; los lugares adecuadamente ventilados que contengan equipo de extracción de grasas y aceites que utilicen disolventes volátiles inflamables; las áreas de las plantas de limpieza y tintado que utilizan líquidos inflamables volátiles; los cuartos de generadores a gas ventilados adecuadamente, y otras áreas de las plantas de producción de gas en las que se puedan producir fugas de gases inflamables; los cuartos de bombas de gases inflamables o líquidos volátiles inflamables que estén inadecuadamente ventilados; el interior de refrigeradores y congeladores en los que se guardan materiales inflamables volátiles en recipientes abiertos, ligeramente tapados o que se puedan romper fácilmente; y todos los demás lugares donde exista la probabilidad de que se produzcan concentraciones combustibles de vapores o gases inflamables durante su operación normal, pero no clasificados como Zona 0.

(c) Clase I Zona 2. Un área de Clase I Zona 2 es un área:

(1) En la que no es probable que haya concentraciones de gases o vapores inflamables en condiciones de operación normales y, si las hay, será durante un corto período de tiempo, o

(2) En la que se manipulan, procesan o utilizan líquidos inflamables volátiles, gases inflamables o vapores inflamables, pero en el cual los líquidos, gases o vapores están normalmente guardados dentro de recipientes cerrados de sistemas cerrados de los que sólo pueden escapar como resultado de una rotura o avería accidental del recipiente o sistema, o como consecuencia de la operación anormal del equipo con el cual los líquidos o gases se manipulan, procesan o utilizan, o

(3) En la que normalmente las concentraciones de gases o vapores inflamables se evitan mediante ventilación mecánica forzada pero que pueden resultar peligrosas como consecuencia de la falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación, o

(4) Que está adyacente a un área Clase I, Zona 1 desde el que podrían trasladarse concentraciones de gases o vapores inflamables, a menos que ese traslado se evite mediante una ventilación forzada de presión positiva adecuada desde una fuente de aire limpio y dotada de medios de protección eficaces contra fallas de la ventilación.

NOTA: La clasificación de la Zona 2 incluye normalmente las áreas donde se utilizan líquidos volátiles inflamables, gases o vapores inflamables pero que resultarían peligrosos sólo en caso de accidente o de alguna condición de operación inusual.

505-10. Aprobado, marcado y documentación.

(a) Aprobado. Se permite utilizar un equipo aprobado para la Zona 0 en la Zona 1 o Zona 2 para el mismo gas o vapor. Se permite que el equipo que esté aprobado para uso en un área de Zona 1 se utilice en un área de Zona 2 para el mismo gas o vapor.

(b) Marcado. Los equipos se deben marcar como se indica en (1) y (2) a continuación:

(1) Equipo por división. Se permite que el equipo aprobado para Clase I, División 1 o Clase I, División 2, además de estar marcado de acuerdo con la Sección 500-5(d), esté marcado con la siguiente información:

(a) Clase I, Zona 1 o Clase I, Zona 2 (según sea aplicable), y

(b) Grupo(s) de clasificación de gas aplicable, de acuerdo con la Tabla 505-10(b)(2), y

(c) Clasificación de temperatura de acuerdo con la Sección 505-10(b)(3).

TABLA 505-10(b)(1).- Designación de tipos de protección

Designación	Técnica	Zona*
d	Envoltorio a prueba de flama	1
e	Seguridad incrementada	1
ia	Seguridad intrínseca	0
ib	Seguridad intrínseca	1
[ia]	Aparatos asociados intrínsecamente seguros	No peligrosa
[ib]	Aparatos asociados intrínsecamente seguros	No peligrosa
m	Encapsulado	1
nA	Equipos que no producen chispas	2

nC	Equipos que producen chispa en los cuales los contactos están protegidos adecuadamente, diferentes de los envoltentes con respiración restringida	2
nR	Envoltentes con respiración restringida	2
o	Inmersión en aceite	1
p	Purgado y presurizado	1 o 2
q	Relleno con polvo	1
* No se usa una designación cuando se utiliza una combinación de técnicas		

(2) Equipo por zona. El equipo que cumple una o más de las técnicas de protección descritas en la Sección 505-4 se debe marcar con la siguiente información, en el orden presentado:

- (a) Clase.
- (b) Zona.
- (c) Símbolo "AEx".
- (d) Técnica(s) de protección, de acuerdo con la Tabla 505-10 (b)(1).
- (e) Grupo(s) de clasificación de gas aplicable de acuerdo con la Tabla 505-10(b)(2).
- (f) Clasificación de temperatura de acuerdo con la sección 505-10(b)(3).

Excepción: Se exige que los aparatos asociados intrínsecamente seguros sólo estén marcados con (c), (d) y (e) anteriores.

NOTA 1: Un ejemplo de ese marcado exigido es "Clase I, Zona 0, AEx ia IIC T6."

El equipo eléctrico con tipo de protección "e," "m," "p," o "q," se debe marcar como Grupo II. El equipo eléctrico con tipo de protección "d," "ia," "ib," [ia], o [ib] se debe marcar como Grupo IIA, o IIB, o IIC, o para un gas vapor específico. El equipo eléctrico con tipo de protección "n" se debe marcar como Grupo II a menos que contenga dispositivos de corte encerrados, componentes no incendiarios o equipos o circuitos de energía limitada, en cuyo caso se debe marcar como Grupo IIA, IIB o IIC o para un gas o vapor específico. Los equipos eléctricos con otros tipos de protección se deben marcar como Grupo II, a menos que el tipo de protección utilizado por el equipo requiera que se deba marcar como Grupo IIA, IIB o IIC o para un gas o vapor específico.

NOTA 2: A continuación se presenta una explicación del marcado que se requiere.

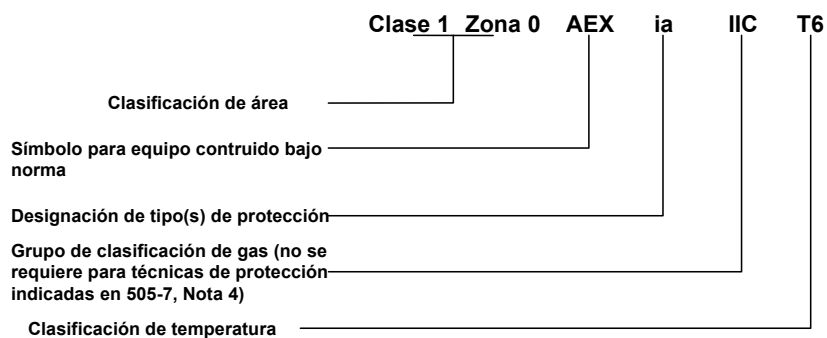


FIGURA 505-10 (b)(1)

TABLA 505-10(b)(2).- Grupos de clasificación de gas

Grupo de gas	Comentario
IIC	Véase la Sección 505-7(a)
IIB	Véase la Sección 505-7(b)
IIA	Véase la Sección 505-7(c)

(3) Clasificación por temperatura. El equipo aprobado debe estar marcado indicando la temperatura o intervalo de temperatura de operación con referencia a un ambiente de 40°C. Si se da el intervalo de temperatura, se debe indicar con los códigos de identificación que se incluyen en la Tabla 505-10(b)(3).

TABLA 505-10(b)(3).- Clasificación de la temperatura máxima superficial para equipos eléctricos del Grupo II

Clase de temperatura	Temperatura máxima superficial °C
T1	≤ 450
T2	≤ 300
T3	≤ 200
T4	≤ 135
T5	≤ 100
T6	≤ 85

El equipo eléctrico diseñado para uso en un intervalo de temperatura ambiente entre -20°C y +40°C no necesita marcado adicional de temperatura.

El equipo eléctrico diseñado para uso en un intervalo de temperatura ambiente diferente de 20°C y +40°C se considera que es especial y entonces su intervalo de temperatura ambiente se debe marcar en el equipo, incluyendo el símbolo "Ta" o "Tamb", junto con el intervalo especial de temperatura ambiente. El marcado podría ser, por ejemplo: "-30°C ≤ Ta ≤ + 40°C".

El equipo eléctrico adecuado para temperaturas ambiente superiores a 40°C debe estar marcado tanto con la temperatura ambiente máxima, como con la temperatura de operación o intervalo de temperatura a esa temperatura ambiente.

Excepción 1: No se requiere que los equipos del tipo no generador de calor, como por ejemplo los accesorios de tubo (conduit), y los equipos de tipo generador de calor que tengan una temperatura máxima no mayor que 100°C, lleven marcada la temperatura de operación o el intervalo de temperatura.

Excepción 2: Se permite que los equipos aprobados para áreas Clase I Divisiones 1 o 2 de acuerdo con las Secciones 505-20(b) y (c) estén marcados de acuerdo con la Sección 500-5(d) y la Tabla 500-5(d).

(c) Documentación para inmuebles industriales. Todas las áreas en inmuebles industriales designadas como (clasificadas) peligrosas, deben estar documentadas apropiadamente. Esta documentación debe estar disponible para quienes están autorizados para diseñar, instalar, inspeccionar, dar mantenimiento u operar el equipo eléctrico en el área.

NOTA: Para información adicional y ejemplos de planos de clasificación de áreas, véase el Apéndice B2.

505-15. Métodos de alambrado.

(a) Zona 0. En áreas Clase I Zona 0, únicamente se permiten los siguientes métodos de alambrado:

(1) Alambrado intrínsecamente seguro, de acuerdo con lo indicado en el Artículo 504.

NOTA: El Artículo 504 solamente incluye la técnica de protección "ia".

(2) Se deben proporcionar sellos a una distancia no mayor que 3 m del sitio por donde el tubo (conduit) sale de un área de Zona 0. No debe haber uniones, acoplamientos, cajas o accesorios, excepto reductores en el sello, en el tramo de tubo (conduit) entre el sello y el punto por el cual el tubo (conduit) sale del área.

Excepción: No se requiere que esté sellado un tubo (conduit) rígido continuo que pase completamente a través del área de Zona 0 sin accesorios a menos de 3 m más allá de cada límite, si los puntos de terminación en el tubo (conduit) continuo están en áreas no clasificadas.

(3) Se deben proporcionar sellos en los cables en el primer punto de terminación después de entrar en el área de Zona 0.

(4) No se exige que los sellos sean a prueba de explosión o a prueba de flama.

(b) Zona 1. En áreas Clase I Zona 1 se permiten todos los métodos de alambrado permitidos para áreas Clase I, División 1.

Cuando se utilicen métodos de alambrado para áreas Clase I, División 1, se debe proporcionar sellado y drenaje de acuerdo con la Sección 501-5(a), (c), (d) y (f), excepto que cuando se utilice el término "División 1", se debe sustituir por "Zona 1".

Se debe colocar un sello a prueba de explosión, construido de acuerdo con la Sección 501-5(c), a cada tubo (conduit) que entra en una envolvente con un tipo de protección "e" o "d", excepto cuando la envolvente con tipo de protección "d" esté marcada para indicar que no requiere sello.

Los métodos de alambrado deben mantener la integridad de las técnicas de protección.

NOTA 1: Por ejemplo, el equipo con protección tipo "e" requiere que los sellos del tubo (conduit) o los accesorios del cable incluyan métodos adecuados para mantener el "grado de protección contra el ingreso" (mínimo IP54) de la envolvente; y para el tubo (conduit), sirve para mantener la integridad a prueba de explosión del sistema de tubo (conduit).

NOTA 2: Envolventes eléctricos diferentes proporcionan diferentes grados de "protección contra el ingreso". Las medidas aplicadas a las envolventes de los aparatos eléctricos incluyen:

(1) La protección de las personas contra el contacto o aproximación a partes energizadas y contra el contacto con partes móviles dentro de la envolvente (diferentes de los ejes rotatorios lisos y similares).

(2) La protección de los aparatos dentro de la envolvente contra el ingreso de cuerpos sólidos extraños, y

(3) La protección de los aparatos dentro de la envolvente contra el ingreso dañino de agua.

(c) **Zona 2.** En áreas Clase I, Zona 2 se permiten todos los métodos de alambrado permitidos para áreas Clase I, División 2. Se debe proporcionar sellado y drenaje de acuerdo con la Sección 501-5(b), (c), (e) y (f), excepto que cuando se utilice el término "División 2", se debe sustituir por "Zona 2", y cuando se utilice "División 1", se debe sustituir por "Zona 1".

Los métodos de alambrado deben mantener la integridad de la técnica de protección.

(d) **Obstáculos sólidos.** El equipo a prueba de flama con juntas bridadas no se debe instalar de manera que las aberturas bridadas estén más cerca que las distancias mostradas en la Tabla 505-15, de cualquier obstáculo sólido que no sea parte del equipo (como objetos de acero, paredes, protectores contra la intemperie, abrazaderas de montaje, tubería u otro equipo eléctrico), a menos que el equipo esté aprobado para una distancia de separación menor.

TABLA 505-15.- Distancia mínima de los obstáculos desde aberturas bridadas a prueba de flama "d"

Grupo de gases	Distancia mínima mm
IIC	40
IIB	30
IIA	10

505-20. Equipos

(a) **Zona 0.** En áreas Clase I, Zona 0 se permiten únicamente equipos específicamente aprobados y marcados como adecuados para uso en esas áreas.

Excepción: Se permite utilizar equipos intrínsecamente seguros aprobados para uso en áreas Clase I, División 1 para el mismo gas, o como se permite en la Sección 505-7(d) y con una apropiada temperatura nominal.

(b) **Zona 1.** En áreas Clase I Zona 1 se permiten únicamente equipos específicamente aprobados y marcados como adecuados para uso en esas áreas.

Excepción: Se permite utilizar equipos aprobados para uso en áreas Clase I, División 1 o aprobados para uso en áreas Clase I, Zona 0 para el mismo gas, o como se permite en la Sección 505-7(d) y con una apropiada temperatura nominal.

(c) **Zona 2.** En áreas Clase I, Zona 2 se permiten únicamente equipos específicamente aprobados y marcados como adecuados para uso en esas áreas.

Excepción 1: Se permite utilizar equipos aprobados para uso en áreas Clase I Zona 0 o Zona 1 para el mismo gas, o como se permite en la Sección 505-7(d) y con una apropiada temperatura nominal.

Excepción 2: Se permite utilizar equipos aprobados para su uso en áreas Clase I, División 1 o División 2 para el mismo gas, o como se permite en la Sección 505-7(d) y con una apropiada temperatura nominal.

Excepción 3: En áreas Clase I Zona 2 se permite la instalación de motores abiertos o motores cerrados que no son a prueba de explosión ni a prueba de flama, como los motores de inducción de jaula de ardilla sin escobillas, los mecanismos de conmutación o dispositivos similares que producen arcos eléctricos, no identificados para uso en un área Clase 1 Zona 2.

NOTA 1: Es importante considerar la temperatura de las superficies interna y externa que pueden estar expuestas a la atmósfera inflamable.

NOTA 2: Es importante considerar el riesgo de ignición debido a las corrientes que producen arcos a través de discontinuidades y de sobrecalentamiento de partes en envolventes de múltiples secciones de motores y generadores de gran tamaño. Estos motores y generadores pueden necesitar puentes de conexión equipotencial a través de las juntas en la envolvente y de la envolvente a tierra. Si se sospecha la presencia de gases o vapores inflamables, se puede necesitar una purga con aire limpio inmediatamente antes de los periodos de arranque y durante ellos.

(d) Instrucciones del fabricante. El equipo eléctrico instalado en áreas peligrosas (clasificadas) se debe instalar de acuerdo con las instrucciones dadas por el fabricante (si existen).

505-21 Motores y generadores de seguridad incrementada "e". En áreas Clase I, Zona 1, los motores y generadores de seguridad incrementada "e", de todas las capacidades nominales de tensión, se deben aprobar para áreas Clase I, Zona 1 y deben cumplir con lo siguiente:

(1) Los motores se deben marcar con la relación de corriente, I_A/I_N y un tiempo t_E .

(2) Los motores deben tener los controladores identificados con el número de modelo o de identificación, potencia nominal de salida en kW (CP), corriente de plena carga en amperes, relación de corriente de arranque (I_A / I_N) y tiempo (t_E) de los motores que van a proteger; el marcado del controlador también debe incluir el tipo específico de protección contra sobrecarga (y ajuste, si es aplicable) que está aprobado con el motor o generador.

(3) Las conexiones se deben hacer con las terminales específicas aprobadas con el motor o generador.

(4) Se permite que las cajas de las terminales sean de un material sólido, no metálico y no combustible, y que estén equipadas con medios internos para puesta a tierra entre la carcasa del motor y la conexión de puesta a tierra del equipo, incorporados dentro de la caja.

(5) Las disposiciones de la parte C del Artículo 430 se deben aplicar independientemente de la capacidad nominal de tensión del motor.

(6) Los motores se deben proteger contra sobrecarga por un dispositivo separado que sea sensible a la corriente del motor. Este dispositivo se debe seleccionar para que dispare, o debe tener una capacidad nominal de acuerdo con la aprobación del motor y su protección contra sobrecarga.

(7) Las Secciones 430-34 y 430-44 no se deben aplicar a estos motores, y

(8) La protección contra sobrecarga del motor no se debe bloquear o quitar durante el período de arranque.

505-25. Puesta a tierra y unión. La puesta a tierra y las uniones deben cumplir lo establecido en el Artículo 250 y en la Sección 501-16.

ARTICULO 510-AREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS)-ESPECIFICAS

510-1. Alcance. Los Artículos 511 al 517 establecen requisitos para locales o partes de locales que son o que pueden ser peligrosos debido a la concentración atmosférica de líquidos, gases o vapores inflamables, o debido a la acumulación o depósitos de materiales que pueden ser de fácil ignición.

510-2. Generalidades. Las disposiciones generales de esta norma y lo especificado en los Artículos 500 al 504 se aplican al alambrado eléctrico y equipo en locales dentro del alcance de los Artículos 511 al 517, excepto aquellas reglas modificadas en esos Artículos. Cuando en un lugar específico existan condiciones inusuales, una persona calificada debe decidir sobre la aplicación de las reglas específicas.

ARTICULO 511-ESTACIONAMIENTOS COMERCIALES, TALLERES DE SERVICIO Y DE REPARACION PARA VEHICULOS AUTOMOTORES

511-1. Alcance. Estos lugares incluyen los locales empleados para trabajos de servicio y reparación de vehículos automotores (incluyendo automóviles, autobuses, camiones, tractores, etc.) en los cuales los líquidos volátiles inflamables son utilizados como combustible o fuente de energía.

511-2. Areas. Las áreas donde el combustible inflamable es transferido a los tanques de combustible de los vehículos deben cumplir con el Artículo 514. Los talleres de servicio, estacionamientos, áreas de almacenamiento, y lugares donde no se hagan trabajos de reparación, sino sólo se intercambien partes y se dé mantenimiento de rutina que no requiera el uso de equipo eléctrico, flama expuesta, soldadura o el uso de líquidos volátiles inflamables, no son áreas clasificadas.

NOTA: Para información adicional sobre estructuras para estacionamientos, así como para talleres de reparación, véase el Apéndice B2.

511-3. Areas Clase I. Clasificadas según el Artículo 500.

a) Hasta un nivel de 45 cm sobre el nivel del piso. Para cualquier piso, el área completa hasta un nivel de 45 cm por arriba del piso, debe ser considerada como área Clase I, División 2.

Excepción: Cuando se determine que existe ventilación mecánica que provee un mínimo de cuatro cambios de aire por hora.

b) Cualquier fosa o depresión por debajo del nivel del piso. Cualquier fosa o depresión por debajo del nivel del piso debe considerarse como área Clase I, División 1 hasta el nivel del piso, excepto cuando en ellas haya seis cambios de aire por hora y el aire sea expelido hasta el nivel del piso, en cuyo caso puede declararse Clase I, División 2.

Excepción: Los locales de servicio y lubricación sin surtidores (dispensarios), deben clasificarse de acuerdo con lo indicado en la Tabla 514-2.

c) Superficies adyacentes a áreas definidas o con ventilación de presión positiva. No deben ser consideradas peligrosas (clasificadas) las superficies adyacentes a áreas definidas en las cuales no es probable que se desprendan vapores inflamables, tales como cuartos de almacenamiento, cuartos de tableros de distribución y otros lugares similares, cuando tengan ventilación mecánica a razón de cuatro o más cambios de aire por hora o estén separados efectivamente por paredes o divisiones.

d) Superficies adyacentes por permiso especial. Cuando a juicio de la persona calificada que exige el cumplimiento de esta norma, las superficies adyacentes, tales que por razón de ventilación, presión diferencial de aire o distanciamiento físico, no ofrecen peligro de ignición, se permite considerarlas como no peligrosas.

e) Surtidores (dispensarios) de combustible. Cuando existan surtidores de combustible (que no sea gas de petróleo licuado, lo que está prohibido) colocadas dentro de la propiedad, deben cumplir con los requisitos del Artículo 514.

Quando se provee ventilación mecánica en el lugar de despacho, los controles deben estar bloqueados electromecánicamente de manera que el surtidor no pueda funcionar sin ventilación, según lo indicado en 500-7(b).

f) Equipo portátil de alumbrado. El equipo portátil de alumbrado debe estar equipado con manija, portalámparas, gancho y protección sustancial fijada al portalámparas o a la manija. Todas las superficies exteriores que puedan hacer contacto con terminales de baterías, terminales de alumbrado y otros objetos, deben ser de material no conductor o deben estar efectivamente protegidas con aislamiento. Los portalámparas deben ser de un tipo sin desconector y no deben estar provistos de dispositivos para conectar clavijas. La envoltura exterior debe ser de compuesto moldeado o de otro material adecuado. A menos que la lámpara y su cordón estén soportados o dispuestos de tal manera que no puedan utilizarse en áreas clasificadas según 511-3, deben ser aprobados para áreas Clase I, División 1.

511-4. Alambrado y equipos en áreas Clase I. El alambrado y los equipos instalados en áreas Clase I como se definen en 511-3, deben cumplir con las disposiciones aplicables del Artículo 501. Las canalizaciones embutidas en paredes de mampostería o enterradas debajo de un piso, deben considerarse como pertenecientes al área Clase I que está por encima del piso, si cualquier conexión o extensión entra o atraviesa tales áreas.

Excepción: Se permite utilizar tubo (conduit) rígido no metálico que cumpla lo establecido en el Artículo 347, cuando esté enterrado a no menos de 60 cm bajo la cubierta. Cuando se utilice tubo (conduit) rígido no metálico, en los últimos 60 cm del tramo subterráneo hasta que salga al punto de conexión de la canalización sobre el suelo, se debe utilizar tubo metálico (conduit) tipo pesado roscado o tubo de acero (conduit) semi pesado roscado y además se debe incluir un conductor de puesta a tierra de equipos que dé continuidad eléctrica al sistema de canalizaciones y para la puesta a tierra de las partes metálicas no portadoras de corriente.

511-5. Sellado. Deben proveerse sellos aprobados que cumplan los requisitos indicados en 501-5 y se deben aplicar los requisitos establecidos en 501-5(b)(2), a los límites horizontales y verticales de las áreas definidas Clase I.

511-6. Alambrado en espacios por encima de áreas Clase I

a) Alambrado fijo encima de áreas Clase I. Todo el alambrado fijo encima de áreas Clase I debe estar en canalizaciones metálicas, o en tubo (conduit) metálico, no metálico, metálico flexible, metálico flexible hermético a líquidos, no metálico flexible hermético a líquidos, sistemas de alambrado manufacturado con cable tipo MC o MI o cables PLTC de acuerdo con lo establecido en el Artículo 725, o cable tipo TC. Las canalizaciones de pisos celulares metálicos o pisos celulares de concreto, pueden utilizarse solamente para alimentar salidas del plafón o extensiones hacia el área por debajo del piso, pero dichas canalizaciones no deben tener conexiones que lleven dentro o a través de cualquier área Clase I por encima del piso.

b) Colgantes. Los cordones flexibles para suspender aparatos colgantes deben ser adecuados para ese servicio y aprobados para uso rudo.

c) Conductores puestos a tierra y de puesta a tierra. Cuando un circuito que alimente accesorios colgantes o portátiles incluya un conductor de puesta a tierra como se indica en el Artículo 200, los receptáculos, clavijas, conectores y dispositivos similares deben tener una terminal de puesta a tierra, y el conductor puesto a tierra del cordón flexible debe conectarse al tornillo del casquillo roscado de cualquier portalámparas o a la terminal puesta a tierra de cualquier equipo de utilización suministrado. Deben proveerse dispositivos adecuados para mantener la continuidad del conductor de puesta a tierra entre el sistema de alambrado fijo y las partes metálicas no destinadas a conducir corriente eléctrica de luminarios colgantes, lámparas portátiles y equipo portátil de utilización.

d) Receptáculos fijos. Los receptáculos fijos deben estar colocados por encima del nivel de cualquier área definida como Clase I, o estar aprobados para el área.

511-7. Equipo por encima de áreas Clase I

a) Equipo que produzca arcos. El equipo que esté a menos de 3,5 m por encima del nivel piso, y que pueda producir arcos, chispas o partículas de metal caliente, tales como cortacircuitos, tableros para carga de baterías, generadores, motores u otros equipos (excluyendo los receptáculos, lámparas y portalámparas), que tengan contactos de cierre y apertura o deslizantes, deben ser del tipo totalmente cerrado o contruidos para impedir el escape de chispas o partículas metálicas calientes.

b) Alumbrado fijo. Los portalámparas y las lámparas de alumbrado fijo que están localizados sobre vías por las cuales circulan habitualmente vehículos, o que puedan de otra manera estar expuestas a daños físicos, deben ser colocadas a no menos de 3,5 m por encima del nivel del suelo, a menos que sean del tipo totalmente cerrado, o contruidos para impedir la salida de chispas o partículas metálicas calientes.

511-8. Cargadores de baterías. Los cargadores de baterías y sus equipos de control, y las baterías que estén siendo cargadas, no deben localizarse dentro de las áreas clasificadas en 511-3.

511-9. Carga de vehículos eléctricos

a) Generalidades. Todo equipo y alambrado eléctrico debe ser instalado de acuerdo con lo indicado en el Artículo 625, a excepción de lo indicado en los incisos siguientes. Los cordones flexibles deben estar aprobados para uso extra rudo.

b) Ubicación de los conectores. No debe colocarse ningún conector dentro de un área Clase I como se define en 511-3.

c) Conexiones de clavijas para vehículos. Cuando las clavijas sean proveídas para conexión directa a los vehículos, el punto de conexión no debe estar dentro de un área Clase I, como lo define la Sección 511-3, y cuando el cordón esté suspendido, debe ser colocado de tal modo que el punto inferior de la catenaria quede al menos a 15 cm por encima del piso. Cuando un arreglo automático es suministrado para jalar tanto al cordón como a la clavija fuera del alcance de daño físico, no se requiere ningún conector adicional en el cable o en la caja de salida.

511-10. Interruptor de circuito por falla a tierra para protección del personal. Todos los receptáculos monofásicos de 120 V o 127 V, 15 A y 20 A, instalados en áreas donde haya equipo de diagnóstico eléctrico, herramientas de mano eléctricas, o equipo portátil de alumbrado, deben tener un interruptor de circuito por falla a tierra para protección del personal.

511-16. Puesta a tierra. Toda canalización metálica, cables con pantalla metálica, y toda parte metálica no destinada a conducir corriente eléctrica de equipo eléctrico fijo o portátil, sin importar la tensión eléctrica, se deben poner a tierra como lo indica el Artículo 250. La puesta a tierra en áreas Clase I debe cumplir con lo indicado en 501-16.

ARTICULO 513-HANGARES DE AVIACION

513-1. Alcance. Este Artículo se debe aplicar a edificaciones o estructuras en cuyo interior se guardan o almacenan aeronaves que contengan líquidos Clase I (inflamables) o líquidos Clase II (combustibles) cuyas temperaturas estén por encima de sus puntos de inflamación, en las cuales las aeronaves pueden ser sometidas a servicio, reparación o alteraciones. No se debe aplicar a lugares utilizados exclusivamente para aeronaves que nunca han tenido combustible o aeronaves sin combustible.

NOTA 1: Para información adicional sobre hangares de aviación, como las definiciones de hangar para aeronaves y aeronaves sin combustible, véase el Apéndice B2.

NOTA 2: Para información adicional sobre clasificación de combustibles, véase el Apéndice B2.

513-2. Definiciones. Para los propósitos de este Artículo, se deben aplicar las siguientes definiciones.

Equipo móvil: Equipos con componentes eléctricos adecuados para ser movidos únicamente con ayudas mecánicas o que están dotados de ruedas para ser desplazados por personas o dispositivos que los impulsen.

Equipo portátil: Equipo con componentes eléctricos adecuados para ser movidos por una sola persona sin necesidad de ayudas mecánicas.

513-3. Clasificación de áreas

a) Por debajo del nivel del piso. Cualquier fosa o depresión por debajo del nivel del piso del hangar se considera como área Clase I, División 1, que se extiende hasta el nivel de dicho piso.

b) Áreas no separadas ni ventiladas. Toda el área del hangar, incluyendo las áreas adyacentes y de acceso, que no estén adecuadamente separadas del hangar, se clasifican como áreas Clase I, División 2, hasta una altura de 45 cm sobre el nivel del piso.

c) Área próxima a las aeronaves. Las áreas circundantes hasta una distancia de 1,50 m medida horizontalmente desde los motores o tanques de combustible de las aeronaves, deben ser clasificadas como áreas Clase I, División 2, y deben extenderse verticalmente desde el piso hasta un nivel de 1,50 m por arriba de la superficie superior de las alas y de las envolventes de los motores.

d) Áreas adecuadamente separadas o ventiladas. Las áreas adyacentes en las cuales no es probable la emisión de vapores o líquidos inflamables, tales como cuartos de depósito, cuartos de control eléctrico y otros lugares similares, no se clasifican como peligrosas cuando se ventilan adecuadamente y cuando se separan efectivamente del hangar por medio de muros o divisiones.

513-4. Alambrado y equipo en áreas Clase I. Todo alambrado y equipo que sea o pueda ser instalado u operado dentro de cualquiera de las áreas Clase I definidas en 513-3, debe cumplir con los requisitos aplicables del Artículo 501. Todo alambrado instalado en o bajo el piso del hangar, debe cumplir con los requisitos de las áreas Clase I, División 1. Cuando tal alambrado sea instalado en bóvedas, fosas o ductos, se debe proveer un drenaje adecuado.

Las clavijas y receptáculos en áreas Clase I deben estar aprobados para áreas Clase I o diseñados de modo que no sean energizados mientras se estén conectando o desconectando.

513-5. Alambrado fuera de áreas Clase I

a) Alambrado fijo. Todo alambrado fijo en un hangar, pero fuera de áreas Clase I como se definen en la Sección 513-3, debe instalarse en canalizaciones metálicas o con cables tipo MI, TC o MC.

Excepción: El alambrado instalado en áreas no clasificadas como las definidas en 513-3(d), puede ser de cualquiera de los tipos especificados en el Capítulo 3.

b) Alambrado Colgante. Para alambrado colgante se debe utilizar cordón flexible adecuado al tipo de servicio y aprobado para uso rudo. Cada cordón debe incluir un conductor independiente de puesta a tierra de equipo.

c) Equipo portátil. En equipo de utilización y lámparas portátiles se debe utilizar cordón flexible adecuado al tipo de servicio y aprobado para uso extra rudo. Cada cordón debe incluir un conductor independiente de puesta a tierra de equipo.

d) Conductores puestos a tierra y de puesta a tierra. Cuando un circuito alimente a aparatos portátiles o colgantes e incluya un conductor puesto a tierra identificado como se indica en el Artículo 200, los receptáculos, las clavijas, conectores y dispositivos similares deben ser del tipo de puesta a tierra, y el conductor puesto a tierra del cordón flexible debe conectarse al tornillo del casquillo roscado del portalámpara o a la terminal puesta a tierra de cualquier equipo de utilización suministrado. Se deben proveer los dispositivos adecuados para mantener la continuidad del conductor de puesta a tierra entre el sistema de alambrado fijo y las partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica de luminarios colgantes, lámparas portátiles y equipo de utilización portátil.

513-6. Equipo fuera de áreas Clase I

a) Equipo que produzca arcos. En áreas diferentes a las descritas en 513-3, el equipo que esté a menos de 3 m, arriba de las alas y envolventes de los motores de las aeronaves y que pueda producir arcos, chispas o partículas de metal caliente, tales como lámparas y portalámparas para alumbrado fijo, cortacircuitos, desconectador, receptáculos, tableros de carga, generadores, motores u otros equipos que tengan contactos de cierre y apertura o contactos deslizantes, deben ser del tipo totalmente cerrado o construido para impedir el escape de chispas o partículas de metal caliente.

Excepción: Equipo en áreas descritas en 513-3(d), pueden ser del tipo de uso general.

b) Portalámparas. Los portalámparas en envoltorio metálica, con forro de fibra no se deben usar para lámpara fija incandescente.

c) Equipo portátil para alumbrado. El equipo portátil de alumbrado que se use dentro de un hangar debe estar aprobado para el área en la cual va a ser utilizado.

d) Equipo portátil. El equipo portátil de utilización que sea o pueda ser utilizado dentro de un hangar debe ser del tipo adecuado para su uso en áreas Clase I, División 2.

513-7. Puntales, andamios y plataformas

a) En áreas Clase I. El alambrado eléctrico, salidas y equipo (incluyendo las lámparas) eléctricos, que estén ubicados encima o fijos a puntales, andamios o plataformas, que sean o puedan estar localizados en áreas Clase I como se define en 513-3(c), deben cumplir con los requisitos para áreas Clase I, División 2.

b) En áreas que no son Clase I. Cuando los puntales, andamios o plataformas no estén o pudieran estar en un área Clase I como se define en 513-3(c), el alambrado y equipo debe cumplir con lo indicado en 513-5 y 513-6, excepto cuando estén a menos de 45 cm del suelo en cualquier posición deben cumplir con la Sección 513-7(a) anterior. Los receptáculos y clavijas deben tener un dispositivo de retención para que no se desconecten fácilmente.

c) Tipo móvil. Los puntales móviles con equipo eléctrico que cumpla con 513-7(b) anterior debe llevar por lo menos una señal fija de advertencia con la leyenda:

"PRECAUCION. MANTENER A MAS DE 1,5 m DE LOS MOTORES DE LAS AERONAVES Y DE LAS AREAS DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE"

513-8. Sellado. Se deben colocar sellos aprobados de acuerdo con lo indicado en 501-5. Se deben aplicar los requisitos de sellado indicados en 501-5 (a) (4) y (b) (2), a los límites, tanto horizontales como verticales, de las áreas clasificadas como Clase I. Las canalizaciones embutidas en un piso de concreto o enterradas bajo el piso se deben considerar como pertenecientes al área Clase I que esté arriba del piso.

513-9. Sistemas eléctricos de las aeronaves. Los sistemas eléctricos de las aeronaves se deben desenergizar cuando estén dentro de un hangar, y siempre que sea posible, mientras reciba mantenimiento y servicio.

513-10. Baterías de aeronaves, cargadores y equipo. Las baterías de las aeronaves no deben cargarse cuando estén instaladas en una aeronave ubicada completa o parcialmente dentro de un hangar. Los cargadores de baterías y su equipo de control no deben localizarse u operarse dentro de cualquier área Clase I definida en 513-3, y deben colocarse de preferencia en un local separado del edificio o en alguna área de las descritas en 513-3(d). Los cargadores móviles deben llevar al menos una señal fija de advertencia con la leyenda:

"PRECAUCION, MANTENER A MAS DE 1,5 m DE LOS MOTORES DE LAS AERONAVES Y DE LAS AREAS DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE"

Las mesas, bastidores, soportes y alambrado, no deben estar localizados dentro de áreas Clase I, y además deben cumplir con los requisitos del Artículo 480.

513-11. Fuentes de alimentación externas para energizar las aeronaves

a) A no menos de 45 cm sobre el piso. Los dispositivos eléctricos externos dedicados a proporcionar energía a las aeronaves deben estar diseñados y montados de tal modo que todo su equipo eléctrico y sus alambrados fijos estén por lo menos a 45 cm por encima del nivel del piso, y no deben operarse en áreas Clase I como las definidas en 513-3(c).

b) Marcado en las unidades móviles. Los dispositivos móviles de alimentación eléctrica deben llevar por lo menos una señal de advertencia permanentemente fija con la siguiente leyenda:

"PRECAUCION. MANTENER A MAS 1,5 m DE LOS MOTORES DE LAS AERONAVES Y DE LAS AREAS DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE"

c) Cordones. Los cordones flexibles para las fuentes de energía de las aeronaves y de equipo auxiliar en tierra, deben ser adecuados para el tipo de servicio y aprobados para uso extra rudo y deben incluir un conductor de puesta a tierra de equipo.

513-12. Equipos móviles de mantenimiento con componentes eléctricos

a) Generalidades. El equipo móvil de mantenimiento (tales como aspiradoras, compresores de aire, ventiladores y similares), que tengan equipo y alambrado eléctrico inadecuado para áreas Clase I, División 2, deben estar diseñados y montados de tal modo que el alambrado fijo y el equipo queden por lo menos a 45 cm sobre el nivel del piso. Este equipo móvil no debe funcionar en las áreas Clase I definidas en 513-3(c) y deben llevar por lo menos una señal fija de advertencia con la leyenda:

"PRECAUCION, MANTENER A MAS DE 1,5 m DE LOS MOTORES DE LAS AERONAVES Y DE LAS AREAS DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE"

b) Cordones y conectores. Los cordones flexibles para equipo móvil deben ser adecuados para el tipo de servicio y aprobados para uso extra rudo, e incluir un conductor de puesta a tierra de equipo. Las clavijas y receptáculos deben estar aprobados para el área en que sean instalados y tener un medio para la conexión del conductor de puesta a tierra de equipo.

c) Usos restringidos. El equipo que no sea adecuado para áreas Clase I, División 2, no debe hacerse funcionar en áreas donde puedan efectuarse maniobras de mantenimiento susceptibles de provocar el desprendimiento de líquidos inflamables o vapores.

513-16. Puesta a tierra. Todas las canalizaciones metálicas, las armaduras metálicas o pantallas metálicas de cables, así como todas las partes metálicas no destinadas a conducir corriente eléctrica de equipo eléctrico fijo o portátil, cualquiera que sea su tensión eléctrica, deben ser puestas a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250. La puesta a tierra en áreas Clase I debe cumplir con lo indicado en 501-16.

ARTICULO 514-GASOLINERIAS Y ESTACIONES DE SERVICIO**514-1. Definiciones**

Una gasolinería y una estación de servicio: son lugares en los que se transfiere gasolina u otros líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables a los tanques de combustible (incluidos los tanques de combustible auxiliares) de vehículos automotores o a recipientes aprobados.

NOTA 1: Otras áreas utilizadas, como lugares para lubricación, zonas de servicio, zonas de reparaciones, oficinas, salas de ventas, cuarto de compresores y lugares similares, deben cumplir con los Artículos 510 y 511, con respecto al alambrado y equipo eléctrico.

NOTA 2: Véase 555-10 para surtidores (dispensarios) de combustible en marinas y muelles de embarcaciones menores.

Estación dual: Estación de servicio en la que pueden suministrarse al mismo tiempo gas natural comprimido (GNC) o gas natural licuado o gas licuado de petróleo (gas L.P.) e hidrocarburos líquidos, principalmente gasolina y diesel.

514-2. Clasificación de locales.

a) Locales no clasificados. Cuando una persona calificada determine que en un local no se van a manejar líquidos inflamables que tengan un punto de inflamación por debajo de los 38°C, como la gasolina, no se requiere que esa área se clasifique como peligrosa.

b) Locales Clasificados

1) Areas Clase I. La Tabla 514-2(b)(1) debe ser aplicada donde sean almacenados, manejados o surtidos líquidos, Clase I y usada para delinear y clasificar las estaciones de servicio, talleres de servicio, de reparación y estacionamiento comercial para vehículos automotores, que están definidos en el Artículo 511. La Tabla 515-2 debe aplicarse en la clasificación de tanques superficiales. Un área Clase I, no se debe extender más allá de una pared no perforada, techo u otra división sólida.

2) Areas de gas natural comprimido, gas natural licuado y gas licuado de petróleo. La Tabla 514-2(b)(2) debe aplicarse y utilizarse para delinear y clasificar superficies en donde se almacene, maneje o surta gas natural comprimido, gas natural licuado o gas licuado de petróleo. Cuando los dispensarios de gas natural comprimido o gas natural licuado se instalen debajo de algún tipo de techumbre, esta última debe estar diseñada de forma tal que evite la acumulación o confinación de vapores de fácil ignición, o todo el equipo eléctrico instalado bajo la techumbre debe ser aprobado para áreas de Clase I, División 2. Los dispensarios para gas licuado de petróleo deben instalarse a no menos de 1,5 m de cualquier otro dispensario para líquidos de Clase I.

NOTA: Para mayor información sobre estaciones para surtir gas a automotores, véase la NOM-010-SECRE y la NOM-003-SEDG.

Tabla 514-2(b)(1). Areas peligrosas (clasificadas) Clase I: Estaciones de servicio y autoconsumo

Area	Clase I Grupo D División	Extensión del área clasificada
Tanques subterráneos boquillas de llenado	1	Cualquier fosa, caja o espacio bajo el nivel del piso estando cualquier parte de ellos dentro de un área clasificada División 1 o 2.
	2	Hasta 45 cm por encima del nivel del piso, dentro de un radio horizontal de 3 m medidos desde una conexión no hermética de llenado y dentro de un radio horizontal de 1,5 m medidos desde una conexión hermética de llenado.
Venteo con descarga hacia arriba	1	Dentro de una esfera de 1 m de radio desde la abertura del orificio de venteo extendiéndose en todas direcciones.
	2	Espacio comprendido en una esfera de 1,5 m de radio desde la abertura del orificio de venteo, extendiéndose en todas direcciones.
Surtidores (dispensarios) (excepto del tipo elevado) Fosas. Surtidores Exteriores	1	Cualquier fosa, caja o espacio bajo el nivel del piso, cualquier parte de ellos dentro de un área clasificada como División 1 o 2.
	2	Dentro de 45 cm medidos horizontalmente en todas las direcciones extendiéndose hasta el nivel del piso desde (1) envolventes del surtidor, o (2) la parte de la envolvente del surtidor que contiene las componentes que manejan líquidos.
	2	Hasta 45 cm por encima del nivel de piso, dentro de 6 m medidos horizontalmente, desde cualquier lado externo del surtidor.
Surtidores (dispensarios) Tipo elevado (con carrete montado en el techo)	1	El espacio dentro de la envolvente del surtidor y todo el equipo eléctrico integrado que forma parte de la manguera surtidora o pistola para despacho.
	2	Un espacio que se extiende 45 cm horizontalmente en todas direcciones más allá de la envolvente extendiéndose hasta el piso.
	2	Hasta 45 cm por encima del nivel del piso dentro de 6 m medidos horizontalmente desde un punto verticalmente por debajo de la parte exterior de la envolvente de cualquier surtidor.
Pistola para despacho.	1	Dentro de una esfera de 1,0 m de radio desde el orificio de la pistola extendiéndose en todas direcciones.
	2	Espacio comprendido en una esfera de 1,5 m de radio desde el orificio de la pistola extendiéndose en todas direcciones.
Bombas remotas interiores	1	Todo el espacio dentro de cualquier fosa.
	2	Dentro de 1,5 m desde cualquier lado exterior de la bomba, extendiéndose en todas direcciones, también, hasta 1 m sobre el nivel de piso dentro de 8 m medidos horizontalmente desde cualquier lado exterior de la bomba.
Bombas remotas exteriores	1	Las fosas que se ubiquen bajo el nivel de piso si cualquier parte de ellas se localiza a una distancia hasta de 3 m de cualquier punto exterior de la bomba.
	2	Dentro de 1 m desde cualquier borde de la bomba extendiéndose en todas las direcciones. Además, hasta 50 cm sobre nivel de piso, y hasta 3 m horizontalmente desde cualquier borde de la bomba.
Areas de servicio o lubricación	2	El área entera dentro de cualquier fosa usada para lubricación o servicios similares donde sean usados líquidos Clase 1.
	2	Areas hasta 45 cm m por encima de tales fosos y extendiéndose una distancia de 1 m medidos horizontalmente desde cualquier lado exterior de la fosa.
	2	El área completa dentro de cualquier fosa no ventilada, cualquier área bajo el piso.
	2	El área hasta 45 cm sobre tales fosas no ventiladas, el área de trabajo bajo el piso extendiéndose una distancia de 1 m medidos horizontalmente desde el exterior de tales fosas, el área de trabajo bajo el piso de trabajo subterráneo.

Area	Clase I Grupo D División	Extensión del área clasificada
	No clasificadas	Cualquier fosa, área de trabajo bajo el piso o área subterránea de trabajo, que están ventiladas de acuerdo con lo indicado en 511-3.
Tiendas, bodegas y baños	No clasificada	Si existe cualquier abertura a estas áreas de la extensión de una División 1, el área completa debe ser clasificada como División 1.
Envolventes de equipos	1	Cualquier espacio dentro de la envolvente donde el vapor o el líquido está presente bajo condiciones normales de operación.
Ventiladores de vacío asistido	2	El espacio dentro de 45 cm en todas las direcciones y que se extiende hasta el nivel del piso. Hasta 45 cm sobre el nivel del piso y hasta 3 m horizontalmente.

TABLA 514-2(b)(2).- Superficies clasificadas, equipo eléctrico para surtidores de combustible

Surtidor	Extensión de la superficie clasificada	
	Clase I, División 1	Clase I, División 2
Gas Natural Comprimido	Todo el espacio dentro de la cubierta del surtidor	1,5 m en todas las direcciones desde la cubierta del surtidor
Gas Natural Licuado	Todo el espacio dentro de la cubierta del surtidor y 1,5 m en todas las direcciones desde la cubierta del surtidor	Desde 1,5 m hasta 3 m en todas las direcciones desde la cubierta del surtidor
Gas de Petróleo Licuado	Todo el espacio dentro de la cubierta del surtidor; 45 cm de la superficie exterior de la cubierta del surtidor hasta una elevación de 1,2 m sobre la base del surtidor; toda la fosa o espacio abierto por debajo del surtidor y dentro de 6 m horizontalmente de cualquier arista de la cubierta del surtidor cuando la fosa o trinchera no está ventilada mecánicamente.	Hasta 45 cm sobre el nivel del piso y dentro de 6 m horizontalmente de cualquier arista de la cubierta del surtidor, incluyendo fosas y trincheras dentro de esta área cuando se provee con ventilación mecánica adecuada

514-3. Alambrado y equipo dentro de áreas Clase I. Todo el alambrado y equipo eléctrico dentro de áreas Clase I definidas en 514-2 deben cumplir con las disposiciones aplicables del Artículo 501.

Excepción: Lo que se permite en la Sección 514-8.

NOTA: Para requisitos especiales en el aislamiento de los conductores, Véase 501-13.

514-4. Alambrado y equipo por encima de áreas Clase I. El alambrado y equipo por encima de las áreas Clase I definidas en 514-2, deben cumplir con las Secciones 511-6 y 511-7.

514-5. Medios de desconexión de los circuitos

a) Generalidades. Cada circuito que termine o pase a través (del interior) de un equipo surtidor (dispensario), incluyendo equipo para sistemas de bombeo remoto, deben estar provistos con un desconectador claramente identificado y de fácil acceso u otro equipo adecuado, localizado lejos del surtidor (dispensario), para desconectar simultáneamente de la fuente de suministro todos los conductores del circuito, incluyendo el conductor puesto a tierra, si existe.

No se permite utilizar desconectadores monopolares en los que sus manijas estén unidas.

En cada circuito debe instalarse en interruptor automático con disparo por protección de falla a tierra.

Las estaciones de servicio o autoconsumo, deben tener obligatoriamente como mínimo, tres controles para el paro de emergencia del tipo contacto sostenido (de golpe), que desconecten de la fuente de energía a todos los circuitos que se especifican en el inciso (a) anterior.

Los controles de emergencia se deben localizar, uno en el interior de la oficina de la estación, donde habitualmente existe personal; otro en la fachada principal del edificio de oficinas y otro en cada grupo de surtidores (dispensarios). Los controles instalados en la zona de surtidores (dispensarios), deben estar aprobados para Clase I, Grupo D. Los controles deben ser restablecidos manualmente de una manera aprobada.

b) Estaciones de autoservicio atendidas. Los controles de emergencia especificados en 514-5(a) anterior deben instalarse en un lugar aceptable para la persona calificada, pero no deben estar a más de 30 m de los surtidores.

c) Estaciones de autoservicio no atendidas. Los controles de emergencia especificados en la Sección 514-5(a) se deben instalar en un lugar aceptable para la persona calificada, pero deben estar a más de 6 m y a menos de 30 m de los surtidores. En cada grupo de surtidores o equipo de control exterior utilizado para controlar los surtidores, se deben instalar controles adicionales de emergencia. Los controles de emergencia deben interrumpir toda la potencia a todos los equipos surtidores de la estación. Los controles sólo se deben poder reposicionar manualmente de una manera aprobada por la persona calificada.

NOTA: Para información adicional sobre estaciones de servicio en marinas y para automóviles, véase el Apéndice B2.

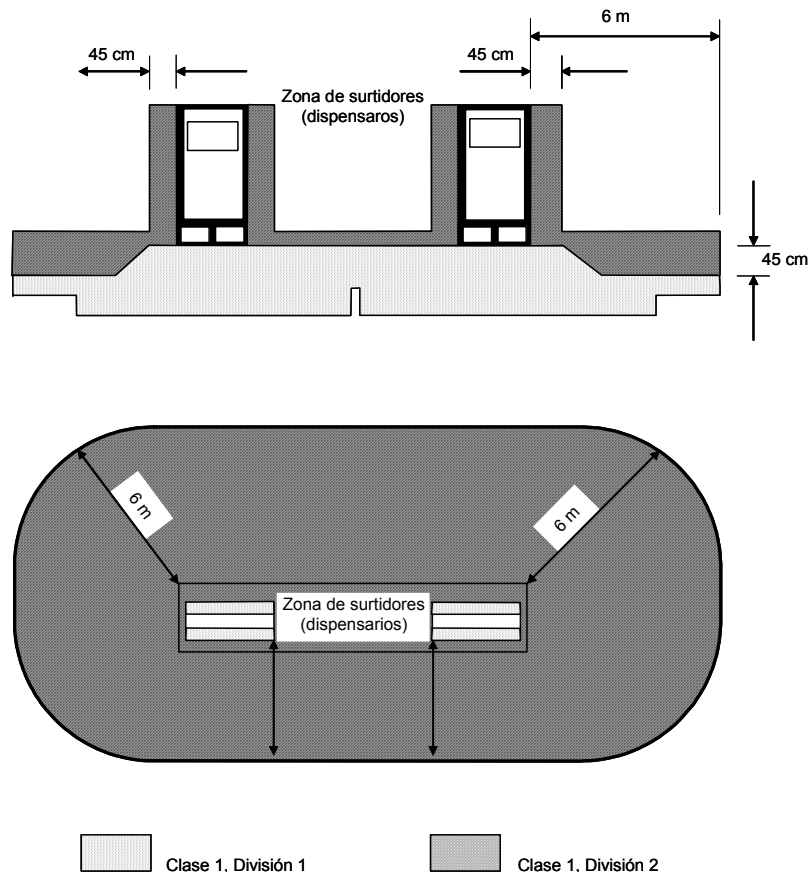


FIGURA 514-2.- Diagrama de áreas peligrosas (clasificadas) adyacentes a los surtidores de gas natural y gas L.P. (dispensarios) como se detalla en la tabla 514 (b) (2)

514-6 Disposiciones para mantenimiento y reparación del surtidor.

Cada dispositivo surtidor debe estar equipado con un medio para retirar todas las fuentes de tensión externa, incluida la de realimentación, durante los periodos de mantenimiento y reparación del surtidor.

514-7. Sellado

a) En el surtidor (dispensario). En todos los tramos de tubo (conduit) que entren o salgan de un surtidor (dispensario) o de cualquier cavidad o envolvente en comunicación directa con éste, debe colocarse un sello aprobado. El accesorio de sellado debe ser el primer accesorio después de que el tubo (conduit) sale de la tierra o del concreto.

b) En los límites. Se deben proveer sellos adicionales de acuerdo con lo indicado en 501-5. Los límites horizontales y verticales de las áreas definidas como Clase I deben aplicarse las condiciones establecidas en 501-5(a)(4) y 501-5(b)(2).

514-8. Alambrado subterráneo. El alambrado subterráneo debe ser a base tubo (conduit) roscado metálico tipo pesado y tipo semipesado. Cualquier parte del equipo o alambrado eléctrico que esté debajo de la superficie de un área Clase I, División 1 o División 2 (como se define en las Tablas 514-2(b)(1) y 514-2(b)(2)), debe ser considerada como un área Clase I, División 1 que debe extenderse por lo menos al punto de salida sobre el nivel del piso. Véase la Tabla 300-5.

Excepción: Se permite usar tubo (conduit) no metálico que cumpla lo establecido en el Artículo 347 cuando esté enterrado a no menos de 60 cm y embebido en concreto.

514-9. Alumbrado de emergencia. La estación de servicio o de autoconsumo debe contar con un sistema de alumbrado de emergencia con baterías, para los casos en que falle el suministro eléctrico normal o cuando por situaciones de riesgo se tenga que interrumpir el mismo.

514-16. Puesta a tierra. Todas las canalizaciones metálicas, las pantallas metálicas o cubierta metálica de los cables y todas las partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica de equipo fijo o portátil, independientemente de la tensión eléctrica, deben ser puestas a tierra como se estipula en el Artículo 250. La puesta a tierra en áreas Clase I debe cumplir con los requisitos indicados en 501-16.

ARTICULO 515-PLANTAS DE ALMACENAMIENTO A GRANEL

515-1. Definición. Una planta de almacenamiento a granel es un lugar donde se reciben líquidos inflamables por medio de buques-tanque, ductos, camiones-cisterna o vagones-cisterna donde los líquidos se almacenan o se mezclan a granel para propósitos de distribución, por medio de buques-tanque, ductos, camiones-cisterna, vagones-cisterna o tanques portátiles o contenedores.

NOTA: Para información adicional sobre Plantas de Almacenamiento, véase el Apéndice B2.

515-2. Areas Clase I. Cuando se almacenan, manejan o surten líquidos Clase I debe aplicarse la Tabla 515-2 para delimitar y clasificar las plantas de almacenamiento a granel. Las áreas Clase I no deben extenderse más allá de un piso, una pared, techo u otras divisiones sólidas que no tengan aberturas de comunicación.

NOTA 1: Para información adicional sobre la clasificación de áreas, véase el Apéndice B2.2.

NOTA 2: Para estaciones surtidoras de gasolina en marinas o muelles, véase la Sección 514-5 (c).

515-3. Alambrado y equipo dentro de áreas Clase I. Todo alambrado y equipo eléctrico dentro de áreas Clase I, definidas en la sección 515-2, deben cumplir con las disposiciones aplicables del Artículo 501.

Excepción: Lo permitido en 515-5.

515-4. Alambrado y equipo sobre áreas Clase I. Todo alambrado fijo que pase sobre áreas Clase I, debe instalarse en canalizaciones metálicas o en tubo (conduit) no metálico rígido de PVC Cédula 80 o equivalente, o con cable MI, TC o MC. El equipo fijo que pueda producir arcos, chispas o partículas de metal caliente, tales como lámparas y portalámparas para alumbrado fijo, cortacircuitos, desconectores, receptáculos, motores u otro equipo que tengan contactos de cierre y apertura o deslizantes, deben ser del tipo totalmente cerrado o estar contruidos de tal manera que impida el escape de chispas o partículas metálicas calientes. Las lámparas portátiles u otros equipos de utilización y sus cordones flexibles deben cumplir con los requisitos del Artículo 501 para la clase de área sobre la que han de conectarse o utilizarse.

TABLA 515-2.- Areas Clase I: Plantas de almacenamiento a granel

Superficie	Clase I División	Extensión del área clasificada
Equipo interior instalado cuando bajo operación normal pueda haber mezclas inflamables de aire-vapor. Nota: Para información adicional sobre clasificación de líquidos combustibles e inflamables, véase el apéndice B2.	1 2	Espacio hasta 1,5 m desde cualquier borde de esos equipos, extendiéndose en todas las direcciones. Espacio entre 1,5 m y 2,5 m desde cualquier borde de esos equipos, extendiéndose en todas las direcciones. Además un espacio hasta de 1 m sobre el nivel del piso o suelo y de 1,5 m hasta 7,5 m horizontalmente desde cualquier borde de esos equipos ¹ .

Superficie	Clase I División	Extensión del área clasificada
Equipo exterior instalado cuando bajo operación normal pueda haber mezclas inflamables de aire-vapor. Nota: Para información adicional sobre clasificación de líquidos combustibles e inflamables, véase el apéndice B2.	1	Espacio hasta de 1 m desde cualquier borde de esos equipos, extendiéndose en todas las direcciones.
	2	Espacio entre 1 m y 2,5 m desde cualquier borde de esos equipos, extendiéndose en todas direcciones. Además, un espacio hasta de 1 m sobre el nivel del suelo o del piso, y a una distancia de entre 1 m y 3 m horizontalmente desde cualquier borde de esos equipos.
Tanques sobre el piso ² Cubierta externa, cabezales o techo y espacio dentro del dique.	1	Espacio dentro del dique, en donde la altura de dicho dique es mayor que la distancia desde el tanque a éste por más del 50% de la circunferencia del tanque.
	2	Dentro de 3 m desde la cubierta externa, los cabezales o techo del tanque. El espacio dentro de los diques hasta el nivel superior de éstos.
Venteo (Válvula presión-vacío)	1	Dentro de 1,5 m desde el extremo abierto del venteo en todas direcciones.
	2	El espacio comprendido entre 1,5 m y 3 m desde el lado abierto del venteo extendiéndose en todas direcciones.
Techo flotante	1	El espacio sobre el techo y el interior del tanque.
	2	El espacio comprendido entre 1,5 m y 3 m desde el lado abierto del venteo extendiéndose en todas direcciones.
Abertura para el llenado de tanque subterráneo	1	Cualquier fosa, caja o espacio bajo el nivel del piso, si alguna parte está dentro de un área clasificada de División 1 o División 2.
	2	Hasta 0,5 m sobre el nivel del piso dentro de un radio horizontal de 3 m desde cualquier conexión de llenado suelta y dentro de un radio horizontal de 1,5 m desde una conexión de llenado hermética.
Llenado de tambores y contenedores. Al exterior o al interior con ventilación adecuada	1	Dentro de un radio de 1 m desde el venteo y la abertura del orificio de llenado, extendiéndose en todas direcciones.
	2	El espacio entre 1 m y 1,5 m desde el venteo o la abertura del orificio de llenado, extendiéndose en todas direcciones. También hasta 0,5 m sobre el nivel de piso, cubriendo un radio horizontal de 3 m desde el venteo o la abertura del orificio de llenado.
Bombas, purgas, accesorios de vaciado, medidores y dispositivos similares interiores exteriores	2	Dentro de un radio de 1,5 m desde cualquier orilla de tales dispositivos, extendiéndose en todas direcciones. También hasta 1 m sobre el nivel de piso o rasante y extendiéndose hasta 7,5 m medidos horizontalmente desde cualquier orilla de tales dispositivos.
	2	Hasta 1 m de cualquier borde de estos dispositivos, extendiéndose en todas las direcciones. Además hasta 0,5 m sobre el nivel del piso y hasta 3 m horizontalmente desde cualquier borde de tales dispositivos.
Fosas. Sin ventilación mecánica.	1	Todo el espacio dentro de la fosa si cualquier parte está dentro de un área clasificada División 1 o 2.
	2	Todo el espacio dentro de la fosa si cualquier parte está dentro de un área clasificada División 1 o 2.
Con ventilación mecánica adecuada.	2	Todo el espacio dentro de la fosa si cualquier parte está dentro de un área clasificada División 1 o 2.
Con válvulas, accesorios o tubería que no estén dentro de un área clasificada. División 1 o 2.	2	Toda la fosa.

Superficie	Clase I División	Extensión del área clasificada
Canales o zanjas de drenaje, separadores y cárcamo regulador. Al exterior.	2	El espacio hasta 0,5 m sobre el canal, zanja, separador o cárcamo regulador. También hasta 0,5 m sobre la rasante y cubriendo hasta 4,5 m horizontalmente desde cualquier orilla.
Al interior.	---	Igual que las fosas.
Autotanque y carrotanque ³ .	1	Dentro de 1 m desde la orilla del domo extendiéndose en todas direcciones.
Llenado por el domo abierto.	2	El espacio que cubre entre 1 m y 4,5 m desde la orilla del domo, extendiéndose en todas direcciones.
Llenado por conexiones en el fondo con respiradero atmosférico.	1	Dentro de 1 m desde el punto de ventilación a la atmósfera, extendiéndose en todas direcciones
	2	El espacio entre 1 m y 4,6 m desde el punto de ventilación a la atmósfera, extendiéndose en todas direcciones. También hasta 0,5 m sobre el nivel de la rasante, cubriendo un radio horizontal de 3 m desde el punto de conexión de llenado.
Oficinas y cuartos de baño	Sin clasificar	Si existe cualquier abertura o puerta hacia estos cuartos dentro de la extensión de un área interior clasificada, el cuarto debe clasificarse igual que si no existiese muro, división o brocal.
Llenado por el domo cerrado con ventilación atmosférica.	1	Dentro de 1 m desde el lado abierto del venteo, extendiéndose en todas direcciones.
	2	El espacio entre 1 m y 4,5 m desde el lado abierto del venteo, extendiéndose en todas direcciones. También dentro de 1 m desde la orilla del domo extendiéndose en todas direcciones.
Llenado por el domo con control de vapores.	2	Dentro de 1 m desde el punto de conexión de ambas líneas del llenado con, extendiéndose en todas direcciones.
Llenado por el fondo con control de vapores.	2	Dentro de 1 m desde los puntos de conexión, extendiéndose en todas direcciones. También hasta 0,5 m sobre el nivel de la rasante cubriendo un radio horizontal de 3 m desde los puntos de conexión.
Estacionamiento y taller de reparación de camiones-cisterna.	1	Todas las fosas o espacios bajo el nivel de piso.
	2	Hasta 0,5 m sobre el nivel del piso o del suelo en todo el estacionamiento o taller.
Garajes para vehículos diferentes de camiones-cisterna.	Sin clasificar	Si en estos cuartos hay alguna abertura dentro de la extensión de un lugar exterior clasificado, todo el cuarto debe clasificarse igual que la clasificación del espacio en el punto de la abertura.
Almacenamiento exterior de tambores.	Sin clasificar	
Almacenamiento bajo techo donde no haya transferencia de líquidos	Sin clasificar	Si existe cualquier abertura a estos almacenes comprendidos dentro de la extensión de un área interior clasificada como peligrosa, el almacén debe clasificarse igual que si no existiera pared, brocal o división que los divida.
Muelles y embarcaderos	-	Véase la Figura 515-2.

NOTAS:

1 La liberación de líquidos Clase I puede generar vapores hasta el punto en que toda la edificación y posiblemente la zona que la rodea, deban considerarse áreas Clase I, División 2.

2 Para tanques subterráneos, Véase la Sección 514-2.

3 Al clasificar la extensión del espacio, debe tenerse en cuenta el hecho de que los vagones y camiones cisterna pueden tener distintas posiciones. Por tanto, deben utilizarse los extremos de las posiciones de carga o descarga.

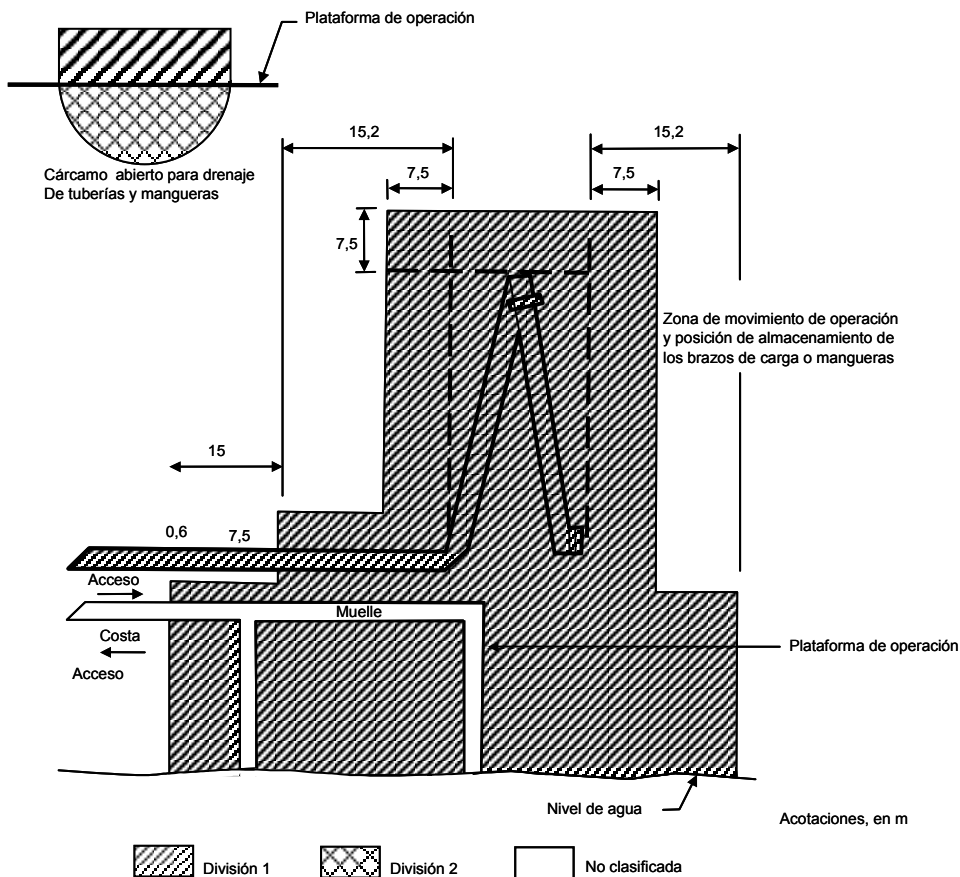


FIGURA 515-2.- Terminal marítima para el manejo de líquidos inflamables

NOTAS a la Figura 515-2:

1) La "fuente de vapor" es el área que rodea a todo el movimiento del brazo de carga durante la operación normal y en la posición de almacenamiento o descanso en la zona de la brida de conexión final del brazo de carga (o manguera).

2) El área de anclaje o amarre adyacente al buque-tanque y barcasas es División 2 cubriendo las siguientes extensiones:

a) 7,5 m medidos horizontalmente en todas direcciones en el lado del muelle o embarcadero desde la porción del casco de la nave que contiene los tanques.

b) Desde el nivel del agua hasta 7,5 m por encima de los tanques de carga de las naves en su posición más alta.

3) Las áreas adicionales pueden ser clasificadas como se requiera por la presencia de otras fuentes de líquidos inflamables en el muelle o en el embarcadero.

515-5. Alambrado subterráneo

a) Método de alambrado. El alambrado subterráneo debe instalarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado roscado o en tubo (conduit) semi pesado roscado, o cuando esté enterrado a no menos de 60 cm de una cubierta, se permite que vaya en tubo (conduit) rígido no metálico o que sea de un cable aprobado. Cuando se utilice tubo (conduit) rígido no metálico, en los últimos 60 cm del punto de conexión con la canalización sobre el piso, debe utilizarse tubo (conduit) metálico tipo pesado roscado o tubo (conduit) tipo semi pesado roscado. Cuando se utilice cable, el tramo desde el punto más bajo del nivel del cable enterrado hasta el punto de conexión con la canalización sobre el piso debe instalarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado roscado o tubo (conduit) metálico semi pesado roscado.

b) Aislamiento. El aislamiento de los conductores debe cumplir con lo indicado en 501-13.

c) Alambrado no metálico. Cuando se utilice tubo (conduit) rígido no metálico o cables con pantalla no metálico, debe instalarse un conductor de puesta a tierra del equipo, para que brinde continuidad eléctrica al sistema de canalización y permita poner a tierra las partes metálicas no portadoras de corriente.

515-6. Sellado. Se deben suministrar sellos aprobados de acuerdo con lo indicado en 501-5. Los requisitos de sellado establecidos en 501-5(a)(4) y (b)(2) se aplican tanto a los límites horizontales como a los verticales de las áreas clasificadas como Clase I. Las canalizaciones enterradas bajo las áreas definidas como Clase I se consideran pertenecientes a Clase I, División 1.

515-7. Gasolineras. Cuando se suministre gasolina u otros líquidos inflamables volátiles o gases licuados inflamables junto con las operaciones de almacenamiento, se aplican las disposiciones del Artículo 514.

515-16. Puesta a tierra. Todas las canalizaciones metálicas, las pantallas metálicas o cubiertas metálicas de los cables y todas las partes metálicas de equipo eléctrico fijo o portátil, no portadoras de corriente eléctrica, independientemente de la tensión eléctrica, deben ser puestas a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250. La puesta a tierra en las áreas Clase I deben cumplir con los requisitos indicados en 501-16.

NOTA: Para información adicional sobre puesta a tierra para protección contra la electricidad estática, véase el Apéndice B2.

ARTICULO 516-PROCESOS DE APLICACION POR ROCIADO, INMERSION Y RECUBRIMIENTO

516-1. Alcance. Este Artículo cubre la aplicación, regular o frecuente, de líquidos inflamables, líquidos combustibles y polvos combustibles mediante operaciones de rociado o aspersión y la aplicación de líquidos inflamables o líquidos combustibles a temperaturas por encima de su punto de ignición, por inmersión, recubrimiento u otros medios.

NOTA: Para información adicional sobre las medidas de seguridad en estos procesos, tales como protección contra incendios, instalación de señalización de precaución y medidas de mantenimiento, así como información adicional sobre ventilación, véase el Apéndice B2.

516-2. Clasificación de áreas. La clasificación de áreas está basada en las cantidades peligrosas de vapores inflamables, niebla combustible, residuos, polvos o depósitos combustibles.

a) Areas Clase I o Clase II, División 1. Los siguientes espacios se consideran áreas Clase I o Clase II, División 1, según sea aplicable:

- 1) Los interiores de cabinas de rociado y sus ductos de escape, excepto como se indica específicamente en 516-3 (d).
- 2) El interior de ductos de expulsión.
- 3) Cualquier área en pasillos propios de las operaciones de rociado.

4) Para operaciones de inmersión y de recubrimiento, todo espacio comprendido dentro de una distancia radial de 1,5 m desde la fuente de vapor que se extienda desde esa superficie hasta el piso.

Se considera como fuente de vapor:

(1) El líquido en el proceso o la superficie mojada del registro de drenaje;

(2) Cualquier objeto que haya sido inmerso o recubierto desde el cual es posible medir concentraciones de vapor que excedan 25% del límite inferior de inflamabilidad a una distancia de 30 cm en cualquier dirección del objeto.

5) Las fosas dentro de una distancia de 7,5 m medida horizontalmente dentro la fuente de vapor. Si las fosas se extienden más allá de 7,5 m de la fuente de vapor deben contar con un retén para detener el vapor o debe clasificarse como área Clase I, División 1 en toda su extensión.

6) El interior de cualquier envolvente de procesos de recubrimiento o inmersión.

b) Areas Clase I o Clase II, División 2. Los siguientes espacios se consideran áreas Clase I o Clase II, División 2 según sea aplicable:

1) Para lugares abiertos de rociado intensivo, todo el espacio circundante y comprendido dentro de una distancia de 6 m medidos horizontalmente y 3 m medidos verticalmente desde el área Clase I, División 1, como está definido en 516-2(a) y no separado de éste mediante divisiones. Véase la Figura 516-2(b)(1).

2) Si las operaciones de rociado se realizan dentro de una cabina o en un cuarto con techo cerrado, con cara abierta, o con frente abierto, cualquier alambrado eléctrico o equipo de utilización localizado fuera de la cabina o del cuarto, pero dentro de los límites designados como División 2 en la Figura 516-2(b)(2), deben ser adecuados para áreas Clase I, División 2 o Clase II, División 2, según sea aplicable.

Las áreas Clase I, División 2 o Clase II, División 2 mostradas en la Figura 516-2(b)(2), se extienden desde el extremo de la cara abierta o frente abierto de la cabina o cuarto, de acuerdo con lo siguiente:

a. Si el sistema de ventilación de extracción está enclavado con el equipo de rociado, entonces el área División 2 se extiende 1,5 m medidos horizontalmente y 1,0 m medido verticalmente desde el frente o cara abierto de la cabina o cuarto de rociado, como lo muestra la Figura 516-2(b)(2).

b. Si el sistema de ventilación de extracción no está enclavado con el equipo de rociado, entonces el área División 2 se extiende 3,0 m medidos horizontalmente y 1,0 m medidos verticalmente desde el frente o cara abierta de la cabina o cuarto de rociado, como lo muestra la Figura 516-2(b)(2).

Para propósitos de esta subsección, "enclavamiento" es el medio por el cual el equipo de rociado no puede operar a menos que el sistema de ventilación de extracción opere y funcione apropiadamente, y la aplicación del rocío se detiene automáticamente si el sistema de ventilación falla.

3) En operaciones de rociado llevadas a cabo dentro de una cabina de rociado con el techo abierto, el espacio de 1 m de radio sobre la cabina y otras aberturas de la cabina deberán considerarse Clase I o Clase II, División 2.

4) En operaciones de rociado confinadas en una cabina de rociado cerrada, el espacio dentro de 1 m en todas las direcciones desde cualquier abertura en la cabina de rociado, se debe considerar Clase I o Clase II, División 2, como se ilustra en la Figura 516-2(b)(4).

5) Para tanques de inmersión y escurrideros, el espacio dentro de 1 m que rodea el área Clase I, División 1, como se define en 516-2 (a)(4). Véase la Figura 516-2(b)(5).

6) Para tanques de inmersión y escurrideros, el espacio de 1 m arriba del piso y a una extensión de 6 m medidos horizontalmente en todas las direcciones desde el área Clase I, División 1.

Excepción: Este espacio no es necesario considerarlo como área peligrosa cuando la fuente de vapor tenga un área de 0,5 m² o menos, y cuando el contenido del tanque abierto o el contenedor no exceda de 19 L. Además la concentración de vapor durante los periodos de operación y de paro no exceda el 25% del límite inferior de la inflamabilidad, fuera del área Clase I como se especifica en 516-2(a)(4).

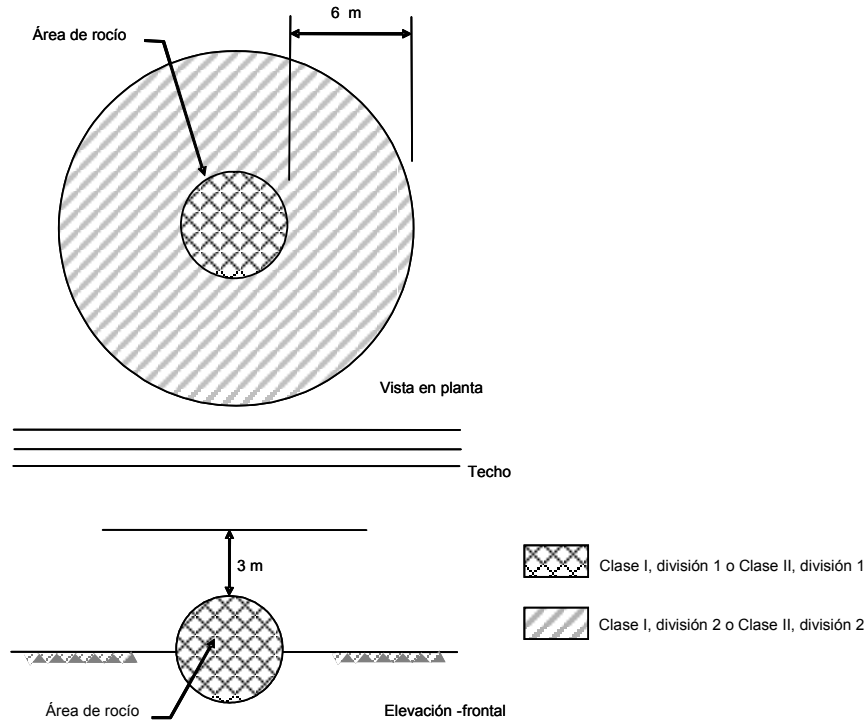


FIGURA 516-2 (b)(1).- Areas Clase I o Clase II División 2, adyacentes a una operación de rociado abierto

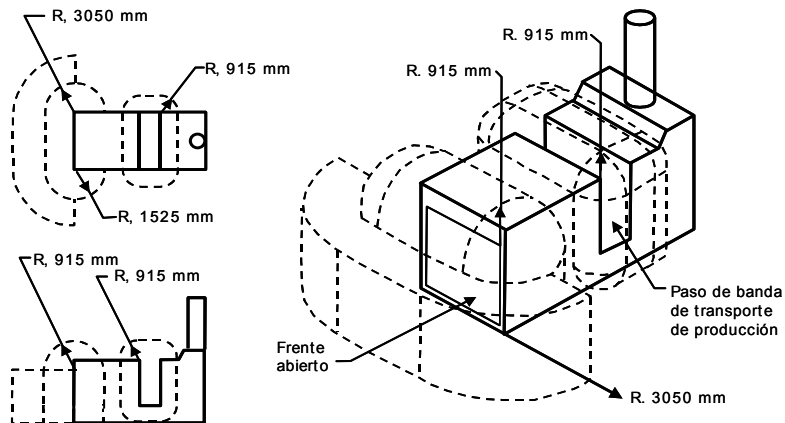
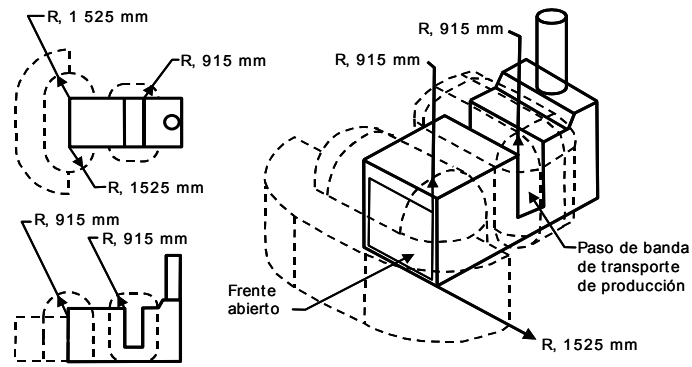


FIGURA 516-2 (b)(2).- Clase I o Clase II, División 2, espacios adyacentes a las aperturas, techo cerrado, frente abierto o lado abierto, de cabinas o cuartos de rociado

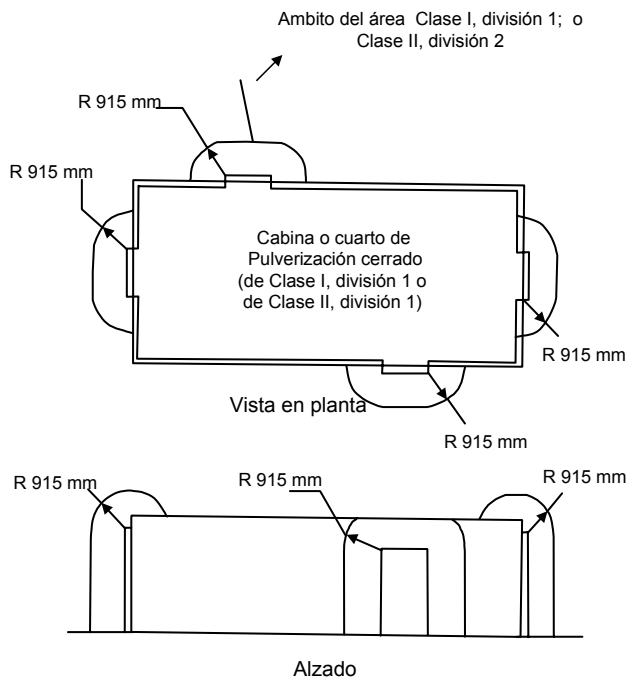
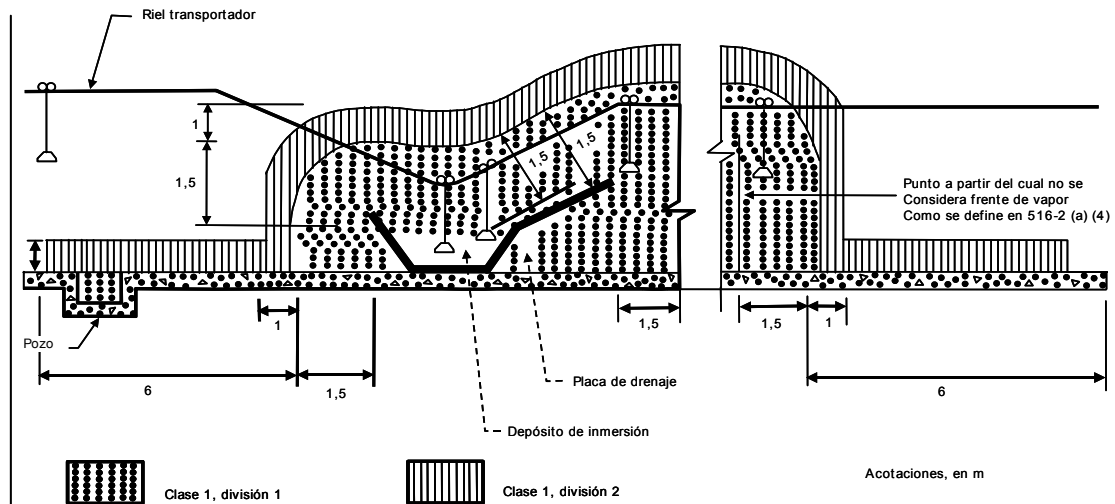


FIGURA 516-2(b)(4).- Areas Clase I (o Clase II) adyacentes a una cabina de rociado cerrada**FIGURA 516-2 (b)(5).- Clasificación del área eléctrica para procesos abiertos sin retención de vapor o ventilación**

c) Operaciones cerradas de recubrimiento e inmersión. El espacio adyacente a operaciones cerradas de recubrimiento y de inmersión debe considerarse no clasificado.

Excepción: El espacio dentro de 1 m en todas las direcciones desde cualquier abertura del recinto cerrado debe clasificarse como Clase I, División 2.

d) Áreas adyacentes. Las áreas adyacentes que estén separadas de las áreas definidas como Clase I o Clase II por una división hermética sin orificios de comunicación, y dentro de las cuales no haya probabilidad de que se liberen vapores inflamables o polvos combustibles, deben considerarse como no peligrosas.

e) Áreas no peligrosas. Las áreas donde se encuentren aparatos de secado, curado o fusión, provistos con ventilación mecánica positiva adecuada para evitar la acumulación de concentraciones inflamables de vapores, y provistos con enclavamiento efectivo para desenergizar todo el equipo eléctrico (que no sea equipo aprobado para áreas Clase I) en caso de que el equipo de ventilación no funcione, pueden ser clasificadas como no peligrosas.

NOTA: Para información adicional sobre las medidas de seguridad en este tipo de equipos, véase el Apéndice B2.2.

516-3. Alambrado y equipo en áreas Clase I

a) Vapores. Todo equipo y alambrado eléctrico dentro de un área Clase I (que contenga sólo vapor y no residuos) definida en 516-2, debe cumplir con las disposiciones aplicables del Artículo 501.

b) Vapores y residuos. A menos que sea específicamente aprobado para lugares que contengan depósitos de cantidades peligrosas de vapores inflamables o combustibles, niebla, residuos, polvos o depósitos (según sean aplicables), ningún equipo eléctrico debe instalarse o usarse en cualquier espacio de rociado e incluso donde depósitos de residuos combustibles puedan acumularse fácilmente, excepto alambrado en tubo (conduit) metálico tipo pesado, tubo (conduit) metálico semi pesado, cables tipo MI o en cajas o accesorios metálicos que no contengan derivaciones, empalmes o terminales.

c) Iluminación. Se permite la iluminación de áreas fácilmente combustibles a través de paneles de vidrio u otro material transparente o translúcido, únicamente si cumple las siguientes condiciones:

- (1) que se utilicen unidades fijas de alumbrado como fuente de iluminación;

(2) que el panel aisle efectivamente al área Clase I del área en la cual la unidad de alumbrado está localizada;

(3) que la unidad de alumbrado esté aprobada para esa área específica;

(4) que el panel sea de un material o esté protegido de tal forma que no haya probabilidad de que se rompa, y

(5) que el arreglo sea tal que las acumulaciones normales de residuos peligrosos sobre la superficie del panel no alcancen temperaturas peligrosas por radiación o conducción proveniente de la fuente de iluminación.

d) Equipo portátil. No se deben usar lámparas eléctricas portátiles u otro equipo de utilización en áreas de rociado durante las operaciones de rociado.

Excepción 1. Cuando se requieran lámparas portátiles eléctricas para operaciones en espacios no adecuadamente iluminados por el alumbrado fijo dentro del área de rociado, deben ser del tipo aprobado para áreas Clase I, División 1, donde puedan estar presentes residuos fácilmente inflamables.

Excepción 2. Cuando se usen aparatos de secado eléctrico portátiles en cabinas de rociado para acabado de automóviles y se reúnan los siguientes requisitos:

(a) que el aparato y sus conexiones eléctricas no estén localizados en el recinto de rociado durante operaciones de rociado;

(b) que el equipo eléctrico a una distancia no mayor que 0,5 m del piso esté aprobado para áreas Clase I, División 2;

(c) que todas las partes metálicas del aparato de secado estén eléctricamente conectadas y puestas a tierra, y

(d) que se provean enclavamientos para evitar la operación del equipo de rociado mientras el aparato de secado esté dentro del recinto, y permita una purga del recinto durante 3 min antes de energizar al aparato de secado y apagarlo en caso de falla del sistema de ventilación.

e) Equipo electrostático. El equipo de rociado electrostático o de escurrimiento debe instalarse y utilizarse únicamente como se indica en 516-4.

516-4. Equipos electrostáticos fijos. Esta sección se aplica a cualquier equipo que utilice elementos cargados electrostáticamente para la atomización, carga y/o precipitación de materiales peligrosos para recubrimientos sobre artículos o para otros propósitos similares en los cuales el dispositivo de carga o atomización esté unido a un soporte mecánico o a un manipulador mecánico. Esto incluye dispositivos robóticos. Esta sección no aplica a dispositivos que estén sostenidos o manipulados manualmente. Cuando los procedimientos de programación de robots involucren el manejo manual del brazo del robot mientras se rocíe con alta tensión eléctrica en operación, deben aplicarse las disposiciones de la Sección 516-5. La instalación de equipo de rociado electrostático debe cumplir con los incisos (a) a (j) siguientes. El equipo de rociado debe estar aprobado.

Todo el sistema del equipo automático electrostático debe cumplir con las Secciones 516-4(a) hasta (i) siguientes:

a) Equipo de fuerza y control. Los transformadores, fuentes de alimentación de alta tensión, aparatos de control y todas las demás partes eléctricas del equipo deben instalarse fuera del área Clase I, como se define en 516-2, o deben ser de un tipo aprobado para esa área.

Excepción. Las rejillas de alta tensión eléctrica, electrodos, cabezales de atomización electrostática y sus conexiones, están permitidos dentro del área Clase I.

b) Equipo electrostático. Los electrodos y los cabezales de atomización electrostática deben ser soportados adecuadamente a sus bases en lugares permanentes y efectivamente aislados de tierra. Los electrodos y los cabezales de rociado electrostático que estén permanentemente sujetos a sus bases, soportes o mecanismos de vaivén o robots se consideran que cumplen con esta Sección.

c) Terminales de alta tensión eléctrica. Las terminales de alta tensión eléctrica deben estar adecuadamente aisladas y protegidas contra daños mecánicos o exposición a productos químicos destructivos. Cualquier elemento expuesto a alta tensión debe ser efectiva y permanentemente soportado sobre aisladores adecuados y ser efectivamente protegido contra contacto accidental o puesta a tierra.

d) Soporte de piezas. Las piezas que vayan a recubrirse utilizando este proceso, deben estar colocadas en soportes colgantes o transportadores. Los soportes colgantes o transportadores deben estar dispuestos de tal forma que:

(1) Se asegure que las partes que son recubiertas estén eléctricamente conectadas a tierra con una resistencia de aislamiento a tierra de 1 MΩ o menos y

(2) Se evite que las partes oscilen.

e) Controles automáticos. Los aparatos electrostáticos deben equiparse con medios automáticos, que desenergicen rápidamente los elementos de alta tensión bajo cualquiera de las siguientes condiciones:

(1) paro de los ventiladores o falla del equipo de ventilación por cualquier causa;

(2) paro del transportador que lleve las piezas a través del campo de alta tensión, a menos que el paro sea requerido por el mismo proceso;

(3) que ocurra una excesiva corriente eléctrica de fuga en cualquier punto del sistema de alta tensión,

(4) desenergización de la tensión eléctrica del primario a la fuente de alimentación.

f) Puesta a tierra. Todos los objetos conductores de electricidad dentro del área de la influencia de carga de los electrodos, excepto aquellos en los que el proceso requiere que estén a alta tensión, deben estar puestos a tierra adecuadamente. Este requisito se aplica a los recipientes de pintura, cubos de lavado, guardas, conectores de mangueras, abrazaderas y cualquier otro objeto o dispositivo conductor de electricidad que se encuentre en el área.

g) Aislamiento físico. Deben colocarse protecciones, tales como cabinas adecuadas, cercas, barandales, enclavamientos u otros medios alrededor del equipo o incorporados a él, de tal manera que éstas, ya sea por su ubicación o carácter, o por ambas cosas, aseguren que se mantiene una separación segura en relación con el proceso.

h) Letreros. Se deben colocar letreros claramente visibles para indicar lo siguiente:

(1) Designar la zona de proceso como peligrosa con peligro de incendio o accidente;

(2) identificar los requisitos de puesta a tierra para todos los objetos conductores en el área de rociado,

(3) Acceso únicamente a personas calificadas.

i) Aisladores. Todos los aisladores deben mantenerse limpios y secos.

j) Equipos diferentes de los no incendiarios. El equipo de rociado que no pueda ser clasificado como no incendiario debe cumplir con los incisos (1) y (2) siguientes:

1) Los transportadores y soportes colgantes deben estar instalados de tal modo que mantengan una distancia de seguridad de al menos dos veces la distancia de arqueo entre las piezas que sean pintadas y los electrodos, cabezales de atomización electrostática o conductores cargados. Deben colocarse letreros que indiquen esta distancia de seguridad.

2) El equipo debe estar provisto con un medio automático para desenergizar rápidamente los elementos de alta tensión, en caso de que la distancia entre las piezas que sean pintadas y los electrodos o los cabezales de atomización electrostática, sea menor que lo que se especifica en el párrafo (1) anterior.

516-5. Equipo manual de rociado electrostático. Esta Sección se debe aplicar a cualquier equipo que utilice elementos cargados electrostáticamente para la atomización, carga y/o precipitación de materiales para recubrimiento de piezas o productos, o para otros propósitos similares en los cuales el dispositivo de atomizado es sostenido con la mano o manipulado durante la operación de rociado. Los equipos manuales de rociado electrostático y los dispositivos usados en conjunto con operaciones de pintado por rocío, deben ser aprobados y deben cumplir con los puntos indicados a continuación:

a) Generalidades. Los circuitos de alta tensión deben diseñarse de tal manera que no produzcan arcos de intensidad suficiente como para encender la mezcla aire-vapor más susceptible de ser encendida, de todas las que es probable encontrar, ni representen un peligro de choque eléctrico al ponerse en contacto con un objeto puesto a tierra bajo todas las condiciones normales de operación. Los elementos de la pistola manual expuestos a ser cargados electrostáticamente, se deben energizar únicamente mediante un dispositivo que también controle el suministro del material de recubrimiento.

b) Equipo de potencia. Los transformadores, fuentes de energía, aparatos de control y todas las demás partes eléctricas del equipo, deben localizarse fuera del área Clase I o estar aprobados para esa área.

Excepción. Se permite utilizar dentro del área Clase I, la pistola manual por sí misma y sus conexiones a la fuente de alimentación.

c) Empuñadura. La empuñadura de la pistola rociadora debe conectarse eléctricamente a tierra mediante una conexión metálica y estar construida de tal manera que el operador, en posición normal de operación, esté en contacto eléctrico íntimo con la empuñadura puesta a tierra a fin de evitar la formación de cargas estáticas en el cuerpo del operador. Deben colocarse letreros claramente visibles donde se indique que todas las personas que entren en el área de rociado deben ponerse a tierra.

d) Equipo electrostático. Todos los objetos conductores de electricidad ubicados en el área de rociado deben estar puestos a tierra adecuadamente. Este requisito se aplica a los recipientes de pintura, cubos de lavado y cualquier otro objeto o dispositivo conductor de electricidad que esté en el área. El equipo debe llevar una advertencia claramente visible, e instalada permanentemente, indicando la necesidad de puesta a tierra antes indicada.

e) Soporte de objetos. Los objetos que ya hayan sido pintados deben mantener contacto metálico con el transportador u otro soporte puesto a tierra. Los ganchos de fijación deben limpiarse regularmente para asegurar una adecuada puesta a tierra de 1 MΩ o menos. Las áreas de contacto deben ser puntos o bordes afilados, cuando sea posible. Los puntos de soporte de los objetos deben estar, cuando sea posible, fuera del alcance de un rociado inadvertido; y cuando los objetos que están siendo rociados son soportados por un transportador, el punto de fijación al transportador debe localizarse de tal manera que no recoja materiales rociados durante operaciones normales.

516-6. Recubrimiento con polvo. Esta Sección se aplica a los procesos en los cuales se aplican polvos secos combustibles. Los peligros asociados con polvos combustibles están presentes en un proceso de este tipo con un grado que depende de la composición química del material, tamaño de la partícula, forma y distribución.

NOTA: Los peligros asociados con polvos combustibles son inherentes a este proceso. En general, el grado de peligro de los polvos empleados depende de la composición química del material, tamaño de la partícula, forma y distribución.

a) Equipo eléctrico y fuentes de ignición. El equipo eléctrico y otras fuentes de ignición deben cumplir con los requisitos del Artículo 502. Las lámparas eléctricas portátiles y otros equipos de utilización no deben utilizarse dentro de un área Clase II durante la operación de los procesos de acabado. Cuando se utilicen tales lámparas o equipo de utilización durante operaciones de limpieza o reparación, deben ser de un tipo aprobado para áreas Clase II, División I, y todas las partes metálicas expuestas deben estar puestas a tierra eficazmente.

Excepción. Cuando se requieren lámparas eléctricas portátiles para operaciones en espacios que no estén correctamente iluminados por alumbrado fijo dentro del área de rociado, deben ser del tipo aprobado para áreas Clase II, División I, cuando pueden estar presentes residuos fácilmente inflamables.

b) Equipo fijo de rociado electrostático. Las disposiciones establecidas en 516-4 y en 516-6(a) anterior aplican al equipo fijo de rociado electrostático.

c) Equipo manual de rociado electrostático. Las disposiciones establecidas en 516-5 y en 516-6(a) anterior aplican al equipo manual de rociado electrostático.

d) Lechos fluidizados electrostáticos. Los lechos fluidizados electrostáticos y el equipo asociado deben ser de tipos aprobados. Los circuitos de alta tensión eléctrica deben diseñarse de tal manera que cualquier descarga producida cuando los electrodos de carga del lecho se aproximen o se pongan en contacto con un objeto puesto a tierra, no sea de suficiente intensidad para encender cualquier mezcla aire-polvo que sea probable encontrar, ni pueda producir un peligro apreciable de choque eléctrico.

1) Los transformadores, fuentes de energía, aparatos de control y todas las demás partes eléctricas del equipo deben localizarse fuera del área de recubrimiento con polvo o de otra manera cumplir con los requisitos de 516-6(a) anterior.

Excepción. Se permite que los electrodos de carga y sus conexiones a la fuente de alimentación estén dentro del área de recubrimiento con polvo.

2) Todos los objetos conductores de electricidad dentro del área de recubrimiento con polvo deben ponerse a tierra apropiadamente. El equipo de recubrimiento con polvo debe llevar un letrero de advertencia claramente visible e instalado permanentemente, indicando la necesidad de poner a tierra esos objetos.

3) Los objetos que estén siendo recubiertos deben mantenerse en contacto eléctrico con el transportador u otro soporte, con la finalidad de asegurar una puesta a tierra apropiada de 1 MΩ o menos. Los ganchos de soporte deben limpiarse regularmente para asegurar un contacto eléctrico efectivo. Las áreas de contacto eléctrico deben ser puntos o bordes afilados, cuando sea posible.

4) El equipo eléctrico y los suministros de aire comprimido deben encalvarse con un sistema de ventilación de tal manera que el equipo no pueda operar a menos que los ventiladores estén funcionando.

516-7. Alambrado y equipos por encima de áreas Clase I y Clase II

a) Alambrado. Todo alambrado fijo por encima de áreas Clase I y Clase II debe hacerse en canalizaciones metálicas, tubo (conduit) no metálico tipo pesado o ligero o con cable de los tipos TC, MC o MI. Las canalizaciones para pisos celulares metálicas se permiten únicamente para alimentar salidas de plafones o extensiones al área por debajo del piso de un área Clase I o Clase II, pero estas canalizaciones no deben tener conexiones que entren, o atraviesen un área Clase I o Clase II por encima del piso, a menos que tengan los sellos apropiados.

b) Equipo. El equipo que pueda producir arcos, chispas o partículas de metal caliente, tales como lámparas y portalámparas para alumbrado fijo, des, receptáculos, motores u otro equipo con contactos de apertura y cierre o deslizantes, cuando se instalen por encima de un área Clase I o Clase II, o encima de un área donde se manejen objetos recién acabados que sean manipulados, deben ser del tipo totalmente cerrado o estar contruidos de tal manera que se evite el escape de chispas o partículas de metal caliente.

516-16. Puesta a tierra. Todas las canalizaciones metálicas, las pantallas metálicas o cubiertas metálicas de los cables y todas las partes metálicas de equipo eléctrico fijo o portátil que no transporten corriente eléctrica, independientemente de la tensión eléctrica, deben ser puestas a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250. La puesta a tierra en áreas Clase I y Clase II deben cumplir con lo indicado en 501-16 y 502-16.

ARTICULO 517-INSTALACIONES EN LUGARES DE ATENCION DE LA SALUD**A. Disposiciones generales**

517-1. Alcance. Las disposiciones de este Artículo establecen criterios para la construcción e instalaciones eléctricas en lugares de atención de la salud de seres humanos.

Los requisitos de las Partes B y C se aplican no sólo a edificios con funciones únicas para la atención de la salud, sino también a aquellos que en forma individual, considerando las respectivas formas de atención a los pacientes, están dentro de un edificio de múltiples funciones (por ejemplo, un consultorio médico localizado dentro de un sanatorio requiere que se apliquen las disposiciones indicadas en 517-10).

NOTA 1: Este Artículo no se aplica en instalaciones veterinarias.

NOTA 2: Para información concerniente al criterio en la ejecución, mantenimiento y pruebas, referirse a los documentos apropiados para instalaciones en lugares de atención de la salud.

NOTA 3: Los requisitos de las Partes B y C se aplican no sólo a edificios con funciones únicas sino también a aquellos en forma individual considerando sus respectivas formas de trabajo y que estén dentro de un edificio de múltiples funciones (por ejemplo, un consultorio médico localizado dentro de un sanatorio requiere que se apliquen las disposiciones indicadas en 517-10).

517-2. Definiciones

Analgesia relativa: Estado de sedación en un paciente que le produce bloqueo parcial de percepción de dolor, por la inhalación de concentraciones de óxido nitroso insuficientes para producir pérdida de conciencia (sedación conciente).

Anestésicos inflamables: Gases o vapores tales como fluroxeno, ciclopropano, éter divinílico, cloruro de etileno, éter etileno y etileno, los cuales pueden formar mezclas inflamables o explosivas con el aire, oxígeno o gases reductores, tales como el óxido nitroso.

Áreas de anestésicos inflamables: Áreas diseñadas para la aplicación por inhalación de cualquier agente anestésico inflamable, en el curso normal de un examen para diagnóstico o tratamiento al paciente.

Áreas de atención del paciente: Son las áreas de las instalaciones en lugares de atención de la salud en las cuales se examina o se trata al paciente; se clasifican como áreas de atención general y áreas de atención crítica, pudiendo ser cualquiera de ellas clasificada como local húmedo. Es responsabilidad del cuerpo de administración el designar estas áreas de acuerdo con el tipo de atención y cuidados que se otorguen al paciente y con las siguientes definiciones:

NOTA: Típicamente no se clasifican como áreas de atención del paciente las oficinas administrativas, pasillos, antecámaras o salones de usos múltiples, comedores o áreas similares.

1) Áreas de atención general: Son los cuartos para pacientes, cuartos para auscultación, cuartos para tratamiento y áreas similares de atención a los pacientes, en las cuales se pretende que el paciente deba estar en contacto con dispositivos ordinarios tales como un sistema de llamado a enfermeras, camas eléctricas, bombas de infusión, lámparas de auscultación, teléfonos y dispositivos de entretenimiento. En dichas áreas, puede ser necesario que los pacientes se conecten a dispositivos electromédicos (tales como termocobertores, electrocardiógrafos, bombas de succión, monitores, otoscopios, oftalmoscopios, catéteres intravenosos periféricos, etc.).

2) Areas de atención crítica: Son aquellas unidades de atención especial como: unidades de cuidados intensivos, unidades de cuidados coronarios, laboratorios de angiografía, laboratorios de caterización cardiaca, salas de expulsión, salas de operación y áreas similares en las cuales los pacientes estén sujetos a procedimientos invasivos y conectados a equipos y aparatos electromédicos sofisticados, que estén energizados mediante receptáculos grado hospital.

3) Locales húmedos: Son las áreas críticas y generales de atención a pacientes, normalmente están sujetas a condiciones de humedad mientras está presente el paciente. Estas áreas incluyen depósitos con fluidos a nivel del piso o áreas de trabajo que rutinariamente estén húmedas, siempre y cuando alguna de estas condiciones esté íntimamente relacionada con el paciente o con el personal y con el uso de aparatos eléctricos. Los procedimientos de limpieza rutinarios y derrames accidentales de líquidos no definen un local húmedo.

Areas de atención limitada: Un edificio o parte de él para albergue de personas que sean incapaces de tomar una acción o valerse por sí mismos por vejez, por limitaciones físicas, debido a accidente o enfermedad y limitaciones mentales, tales como enfermedad mental y fármaco dependencia.

Centros ambulatorios para la atención de la salud: Un edificio o parte de él que es utilizado para proporcionar servicios de diagnóstico, tratamiento o rehabilitación a pacientes externos, los lugares deben de cumplir con cualquiera de lo siguiente:

1) Las instalaciones para la atención y tratamiento a pacientes que sean incapaces de tomar una acción para su autopreservación en condiciones emergencia, sin la asistencia de otras personas; tales como unidades de hemodiálisis, de estudios especiales como radiología y otros.

2) Las instalaciones para la atención de pacientes externos, que requieren tratamiento quirúrgico con anestesia general o cuidados críticos.

Circuitos derivados críticos: Son los circuitos alimentadores del sistema de emergencia que suministran energía para la iluminación de las áreas de trabajo; equipos especiales y receptáculos seleccionados que funcionan en lo relacionado con la atención a los pacientes. Estos circuitos están conectados a la fuente de suministro normal y se reconectan automáticamente a las fuentes alternas de energía, durante la interrupción de la fuente normal de suministro, por medio de uno o varios desconectadores de transferencia o un retardador para la toma de carga.

Circuitos de seguridad de la vida: Son los circuitos alimentadores y derivados del sistema de emergencia, que cumplen con los requisitos del Artículo 700, excepto por lo indicado en el artículo 517, y que se utilizan para proveer energía suficiente a las funciones de seguridad de la vida de todas las personas dentro del lugar de atención a la salud, estos circuitos son automáticamente conectados a las fuentes alternas de suministro de energía durante las interrupciones de la fuente normal.

Corriente peligrosa: Es la corriente eléctrica que puede fluir a través de una baja impedancia que se conecte entre cualquiera de los conductores aislados y el conductor de puesta a tierra del monitor de aislamiento en un sistema eléctrico aislado.

Corriente peligrosa de falla: La corriente peligrosa que puede fluir en un sistema eléctrico aislado con todos los dispositivos y equipos conectados, excepto el monitor de aislamiento.

Corriente peligrosa del monitor: La corriente eléctrica peligrosa que circula entre el monitor de aislamiento de línea y tierra.

Corriente peligrosa total: La corriente eléctrica peligrosa que circula en un sistema eléctrico aislado con todos los dispositivos y aparatos fijos conectados a él, incluyendo la corriente peligrosa del monitor.

Documentos apropiados: Son los documentos las especificaciones técnicas mínimas que se deben aplicar para ejecutar el proyecto, construcción, mantenimiento operación y pruebas a las instalaciones eléctricas de lugares de atención de la salud.

NOTA: Para los documentos adecuados, que establecen los requisitos de infraestructura y equipamiento en lugares de atención de la salud, consultar el Apéndice B1 y B2.

Lugares de Atención Enfermería: Un edificio o parte de él utilizado para recepción e internado de personas y atendido por enfermeras. Las personas, quienes debido a incapacidad mental o psíquica, pueden estar imposibilitadas para proveer su propia seguridad y necesidades, sin asistencia. Enfermería, como se usa en esta norma, debe incluir locales de enfermería y de convalecencia, instalaciones para enfermeras calificadas, instalaciones de atención intermedia y para la atención de personas de edad avanzada.

Central de enfermeras: Areas destinadas a proveer un centro de actividades a un grupo de enfermeras que atienden a los pacientes hospitalizados y donde se reciben las llamadas de los pacientes encamados, desde este lugar, las enfermeras son distribuidas y redactan sus informes. Además, en estas áreas, las

enfermeras recaban los datos de los pacientes que ingresan y preparan las medicinas para ser distribuidas a los pacientes encamados. Cuando estas actividades se llevan a cabo en una o más áreas dentro del lugar de atención de la salud, todas esas áreas, se consideran parte de la central de enfermeras.

Equipo o aparato electromédico de soporte para la vida: Equipo o aparato operación continua y confiable es necesaria para mantener la vida del paciente.

Equipo terapéutico de alta frecuencia para diatermia: Es un equipo terapéutico generador de alta frecuencia para el calentamiento por inducción del dieléctrico.

Fuentes alternas de energía: Son uno o más generadores o sistemas de baterías normalmente fijos dentro del lugar de atención de la salud, con las funciones de proveer la energía eléctrica al sistema eléctrico esencial, durante la interrupción del suministro de la fuente normal.

Iluminación en lugares de trabajo: Provisión del nivel mínimo de iluminación de reemplazamiento requerido para desarrollar las labores necesarias en las áreas de atención del paciente, incluyendo la iluminación para el acceso seguro a los suministros y equipamiento. Así como, para el acceso y tránsito seguro en las vías de evacuación y para la iluminación de la señalización de las salidas o accesos a lugares seguros en casos de emergencia.

Rayos X móvil: Un equipo de rayos X, montado sobre una base con rodamientos que le permite ser movido por una persona solamente cuando está completamente ensamblado.

Rayos X portátil: Equipo de rayos X que puede ser transportado manualmente por una sola persona.

Rayos X régimen momentáneo: Régimen basado en un intervalo de operación de hasta cinco segundos.

Rayos x régimen prolongado: Es el régimen basado en un intervalo de operación de hasta cinco minutos o más.

Rayos X transportable: Equipo de rayos X para ser armado y operado dentro de un vehículo o que puede ser desarmado para transportarlo en un vehículo y armado y operado en un lugar específico.

Instalaciones en lugares de atención a la salud: Son las instalaciones en edificios o partes de edificios que contienen servicios, como hospitales, enfermerías, clínicas, consultorios médicos y dentales y áreas de cuidado ambulatorio ya sean fijas o móviles.

Hospital: Al establecimiento público, social o privado cualquiera que sea su denominación, que tenga como finalidad la atención a enfermos que se internen para fines de diagnóstico, tratamiento o rehabilitación.

Locales para anestesia: Cualquier área en un lugar para la atención de la salud, que ha sido diseñada para ser utilizada durante la aplicación de gases y vapores anestésicos de inhalación, inflamables o no inflamables, durante el curso de un examen para diagnóstico o tratamiento, incluyendo el uso de gases o vapores para tratamientos de analgesia relativa.

Localización de la cama del paciente: Ubicación de la cama del enfermo hospitalizado o internado, la cama o mesa de tratamiento usada en el área de atención crítica del paciente.

Monitor de aislamiento de la línea: Un instrumento de medición diseñado para comprobar continuamente la impedancia balanceada y desbalanceada de cada línea de los circuitos aislados de tierra, equipado con circuito interconstruido para probar la alarma, sin incluir la corriente peligrosa de fuga del sistema aislado.

Punto de puesta a tierra de dispositivos, equipos y aparatos en la vecindad del paciente: Un conector o barra terminal, el cual está destinado como punto para puesta a tierra redundante de dispositivos, muebles, equipos y aparatos eléctricos, sirviendo en la vecindad del paciente. Además, para la puesta a tierra, con objeto de eliminar problemas de interferencia electromagnética en equipos eléctricos sensibles.

Punto de referencia de puesta a tierra: La barra para puesta a tierra del panel o tablero de alumbrado y control o del tablero del sistema eléctrico aislado, que suministra energía al área de atención del paciente.

Receptáculos seleccionados: Es la cantidad mínima de receptáculos para la conexión mediante clavijas de aparatos no fijos, normalmente requeridos para todas las tareas locales o los que se usen en la atención de los pacientes en caso de emergencia.

Sistema de emergencia: Un sistema constituido por alimentadores y circuitos derivados, que cumplen con los requisitos del Artículo 700, excepto las modificaciones de este Artículo 517, destinados a suministrar de una fuente alterna de energía a un número limitado de funciones consideradas vitales para la protección de la vida y la seguridad del paciente, con restablecimiento automático de la energía en un lapso de 10 s después de la interrupción del suministro de energía.

Sistema para aparatos y equipos: Parte del sistema eléctrico esencial, compuesto de circuitos derivados y alimentadores, conformados para su conexión automática con retardo de tiempo o en forma manual a las fuentes alternas de energía del sistema eléctrico esencial y que suministran energía primordialmente a equipos trifásicos.

Sistema eléctrico esencial: Sistema compuesto por los subsistemas de emergencia y de equipos, constituido por fuentes alternas de energía con todos los circuitos de distribución, dispositivos y equipos conectados. Debe de diseñarse para garantizar la continuidad de la energía eléctrica en lugares de atención de la salud, durante la interrupción del suministro de la fuente normal y para minimizar los problemas ocasionados por las fallas internas en los sistemas eléctricos esencial y no esencial.

Superficies conductoras expuestas: Superficies metálicas de aparatos, dispositivos y equipos no protegidas ni resguardadas permitiendo el contacto con ellas, estas superficies pueden quedar energizadas y conducir energía eléctrica. La pintura, la galvanización y recubrimientos similares, no se consideran aislamientos adecuados a menos que estén aprobados para ese uso.

Sistema eléctrico aislado: Un sistema integrado por un transformador de aislamiento o su equivalente, un monitor de aislamiento de líneas, dispositivos para desconexión y protección, envolventes y panel o tablero de los circuitos derivados no puestos a tierra.

Transformador de aislamiento: Un transformador del tipo multidevanado, con los devanados primario y secundario acoplados sólo inductivamente, físicamente separados con una pantalla electrostática integrada entre ellos, y conectado a un sistema alimentador puesto a tierra que energiza su devanado primario.

Vecindad de un paciente: Es el espacio dentro del cual el paciente puede estar en contacto con las superficies expuestas o algún asistente que pueda tocarlo. Típicamente la vecindad de un paciente comprende un espacio de al menos de 1,8 m alrededor del perímetro de la cama o mesa de procedimientos o hasta donde se encuentre una pared, mampara o cortina de separación. Extendiéndose además verticalmente, a no menos de 2,3 m sobre el nivel del piso.

B. Alambrado y protección

517-10. Aplicación.

(a) La parte B se aplica a las áreas de atención al paciente en todas las instalaciones en lugares de atención de la salud.

(b) La parte B no se aplica en lo siguiente:

(1) Oficinas administrativas, pasillos, salas de espera y en áreas similares de clínicas, consultorios médicos y dentales e instalaciones para pacientes externos.

(2) Lugares de atención de enfermería y lugares de atención limitada, alambradas de acuerdo con lo indicado en los Capítulos 1 al 4 de esta norma, y donde estas áreas se usen exclusivamente como dormitorios por los pacientes.

517-11. Criterios generales de instalación y construcción. El objetivo de esta Sección es especificar los criterios de instalación y métodos de alambrado para minimizar las posibilidades de riesgos eléctricos, manteniendo adecuadas diferencias de potencial entre las superficies conductoras expuestas de equipos y aparatos utilizados en la vecindad del paciente y con las cuales el paciente puede tener contacto directo o a través de personas u otros medios.

NOTA: En las instalaciones de atención de la salud es difícil impedir la incidencia de una trayectoria conductora resistiva o capacitiva desde el cuerpo del paciente a cualquier objeto puesto a tierra, porque esa trayectoria puede establecerse accidentalmente o a través de personas, instrumentos directamente conectados al paciente y otras superficies eléctricamente conductoras con las que pueda tener el paciente contacto adicional. Los instrumentos dispositivos, equipos y aparatos que se conectan al paciente, se convierten entonces en posibles fuentes de corriente eléctrica que pudiera pasar a través de su cuerpo. El peligro se incrementa al asociar más equipos o dispositivos con el paciente y, por tanto, se necesitan incrementar las precauciones. Existen métodos para el control a niveles tolerables de las corrientes de fuga y de las descargas eléctricas capacitivas, uno de los métodos requiere limitar el flujo de corriente eléctrica que pudiera recorrer un circuito eléctrico que involucre el cuerpo del paciente, con el aumento de la resistencia del circuito conductor mediante el aislamiento de las superficies expuestas, el otro método consiste en la reducción a niveles también tolerables de la diferencia de potencial que pueda aparecer entre las superficies conductoras expuestas en la vecindad del paciente o por una combinación de los dos métodos mencionados. Se presenta un problema especial con el paciente en una trayectoria conductora directa desde el exterior hasta el músculo del corazón. En este caso, el paciente puede resultar electrocutado por niveles de tensión y corriente eléctrica tan bajos que se requiere protección adicional en el diseño de la instalación eléctrica, de

aparatos, equipos o dispositivos electromédicos, el aislamiento de los catéteres y en el control de la práctica médica.

517-12. Métodos de alambrado. Los métodos de alambrado deben cumplir con lo indicado en los Capítulos 1 al 4 de esta norma, excepto por modificaciones que se señalen en este Artículo.

517-13. Conexión de puesta a tierra de receptáculos y equipo eléctrico fijo

(a) Métodos de alambrado. En adición a los requerimientos indicados en 517-13 (b), todos los circuitos derivados que se localicen o utilicen en la vecindad del paciente y en las áreas de atención de pacientes deben proveerse de una trayectoria de puesta a tierra para corriente eléctrica de falla a través de un sistema de canalización metálica o cable armado. El sistema de canalización metálica o la cubierta del cable armado deben estar aprobados como conductores eficientes de puesta a tierra de equipo, de acuerdo con lo indicado en 250-91 (b). Los cables tipo AC, MC y tipo MI deben tener una armadura o cubierta exterior metálica identificada como un conductor eficiente para puesta a tierra de equipo.

(b) Conductor de puesta a tierra de equipos aislados. En las áreas utilizadas para la atención a pacientes y dentro de la vecindad del paciente, las terminales de puesta a tierra de todos los receptáculos y todas las superficies no conductoras de corriente eléctrica de equipo eléctrico fijo que funciona a más de 100 V y sujetos a contacto con personas, deben conectarse a tierra por medio de un conductor de cobre aislado. El conductor de puesta a tierra debe seleccionarse de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-95, e instalarse en canalizaciones metálicas o cables armados con los conductores del circuito derivado que alimenten a estos receptáculos o al equipo fijo.

Excepción 1: Las placas metálicas pueden ser puestas a tierra por medio de tornillos metálicos los cuales fijan la placa a la caja de salida puesta a tierra o por un dispositivo aprobado de alambrado para puesta a tierra.

Excepción 2: Para luminarios a más de 2,3 m sobre el nivel de piso terminado y desconectores localizados fuera de la vecindad del paciente no se requiere que tengan puesta a tierra por medio de un conductor aislado.

517-14. Puente de unión de tableros de alumbrado y control. Las barras de puesta a tierra de tableros de alumbrado y control, tanto de los circuitos normales como de los esenciales utilizados en la vecindad del paciente deben interconectarse con conductores de cobre aislados de tamaño nominal no menor que 5,26 mm² (10 AWG). Donde haya más de dos tableros que distribuyan energía al mismo lugar, estos conductores deben ser continuos de un tablero a otro.

517-16. Receptáculos con terminal de puesta a tierra aislada. Los receptáculos con terminal de puesta a tierra aislada permitidos en la Excepción 4 de 250-74, deben ser identificados. Tal identificación debe ser visible después de su instalación.

NOTA: Es importante tener cuidado al especificar el sistema de receptáculos con terminal de puesta a tierra aislada, ya que se requiere de un conductor para puesta a tierra independiente y no se cumple con el requisito de contar con la puesta a tierra redundante, lo que ocasiona que en caso de la pérdida de la continuidad, el paciente pueda quedar sujeto a diferencias de tensión y corrientes eléctricas que pongan en riesgo la su vida. Además, la impedancia de puesta a tierra es controlada sólo por medio de los conductores de puesta a tierra y no se beneficia funcionalmente con ningún otro trayecto paralelo de puesta a tierra.

517-17. Protección por falla a tierra

(a) Alimentadores. Cuando los medios de desconexión de la acometida o alimentador, cuentan con protección por falla a tierra, como se especifica en las Secciones 230-95 o 215-10; debe proveerse por lo menos una etapa adicional de protección hacia la carga en cada uno de los circuitos alimentadores del sistema eléctrico no esencial. Tales protecciones están formadas por dispositivos de sobrecorriente o por transformadores de corriente y otro equipo de protección equivalente, que provoque la apertura de los dispositivos de desconexión del circuito alimentador y no el de la acometida o servicio.

Los niveles adecuados de protección por falla a tierra no deben ser aplicados:

(1) en el lado de la carga de los desconectores de transferencia o retardadores de toma de carga de un sistema eléctrico esencial;

(2) entre las unidades generadoras en sitio que se describen en 517-35(b) y el sistema de desconectores de transferencia del sistema eléctrico esencial o los retardadores de la toma de carga, o

(3) en sistemas eléctricos que no son en estrella sólidamente puestos a tierra con más de 150 V a tierra, pero no más de 600 V de fase a fase.

(b) Selectividad. Las protecciones por falla a tierra para la operación de los medios de desconexión de la acometida o del alimentador y de los circuitos alimentadores de la segunda etapa, deben tener selectividad de manera que si la falla a tierra está en el lado de la carga abra el dispositivo del circuito alimentador de la segunda etapa y no el de la acometida o el del servicio. Para lograr esto, se debe prever una separación de

seis ciclos por lo menos entre las bandas de desconexión de las protecciones de la segunda etapa de los circuitos alimentadores y las protecciones de la acometida o del servicio. El tiempo de apertura de los dispositivos de desconexión debe ser considerado al determinar la separación entre las dos bandas, para una precisión de 100% en la selectividad.

NOTA: Véase Nota de 230-95 para la transferencia de fuente alterna de energía cuando se utilizan métodos de protección por falla a tierra.

(c) **Pruebas.** Cuando se instale el equipo de protección de falla a tierra por primera vez, debe probarse cada nivel para asegurar el cumplimiento del inciso (b) de esta Sección.

517-18 Áreas de atención general

(a) **Circuitos derivados para camas de pacientes.** Cada cama debe ser alimentada por lo menos por dos circuitos derivados, uno del sistema de emergencia y otro de la fuente de suministro normal o sistema eléctrico no esencial. Todos los circuitos derivados normales deben originarse en el mismo panel o tablero de alumbrado y control.

Excepción 1: Un circuito derivado que alimente solamente a una salida o a un receptáculo para un propósito especial tal como una salida para equipo de rayos x móvil o portátil, no se requiere que sea alimentado desde el mismo panel o tablero de alumbrado o control.

Excepción 2: Los requerimientos del 517-18(a) no deben aplicarse a las áreas de camas de pacientes ubicadas en clínicas de consulta externa, consultorios médicos y dentales, instalaciones para pacientes externos y hospitales de psiquiatría, fármaco dependencia o drogadicción y rehabilitación. Así como en cuartos de pacientes utilizados sólo para dormir en lugares de enfermería y en lugares de atención limitada que reúnan los requisitos de alumbrado de la Sección 517-10(b) (2).

Excepción 3: Las áreas de las camas de pacientes de atención general servida desde dos desconectores de transferencia diferentes del sistema de emergencia no deben ser requeridos para tener circuitos de la fuente normal.

(b) **Receptáculos para camas de pacientes.** Cada cama de paciente debe estar provista como mínimo de cuatro receptáculos, deben ser del tipo sencillo o dúplex o una combinación de éstos. Todos los receptáculos cuatro o más deben ser del tipo "grado hospital" y así identificados, en cada receptáculo, se debe de conectar a la terminal de puesta a tierra un conductor de cobre aislado de tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en la sección 517-13 (b) y Tabla 250-95.

Excepción 1: Los hospitales psiquiátricos, de drogadicción y rehabilitación deben reunir los requerimientos de la excepción indicados en la sección 517-10(b) (2).

Excepción 2: Los cuartos de seguridad psiquiátrica no requieren salidas de receptáculos.

NOTA: En instalaciones existentes con receptáculos que no sean "grado-hospital", no es necesario su reemplazo inmediato por receptáculos "grado hospital", cuando se requiera reemplazar receptáculos, se deben instalar "grado hospital". En ampliaciones, remodelaciones o adecuaciones, deben instalarse íntegramente receptáculos "grado hospital".

(c) **Áreas de pediatría.** Los receptáculos instalados en áreas de pediatría deben tener una protección o cubierta resistente para evitar que los niños introduzcan objetos en las aberturas donde se alojan las barras para conexión de la clavija.

517-19 Áreas de atención crítica

(a) **Circuitos derivados para camas de pacientes.** Cada cama de paciente debe tener cuando menos dos circuitos derivados, uno o más del sistema de emergencia y uno o más del sistema normal, cuando menos un circuito de emergencia debe alimentar a uno o varios receptáculos en esta ubicación de la cama. Todos los circuitos de la fuente de suministro normal, deben partir del mismo panel o tablero de alumbrado y control. Los receptáculos del sistema de emergencia deben estar identificados y también deben indicar el panel o tablero de alumbrado y control desde donde se alimentan, así como el número del circuito derivado correspondiente.

Excepción 1: Los circuitos derivados que alimentan sólo a receptáculos y a equipo de uso especial, pueden estar alimentados desde otros paneles o tableros de alumbrado y control de la fuente normal.

Excepción 2: Áreas de atención crítica que son servidas por dos desconectores de transferencia independientes entre sí del sistema de emergencia, no requieren que tengan circuitos de la fuente normal.

(b) **Receptáculos para camas de pacientes.**

(1) Cantidad mínima y su alimentación del sistema. Cada cama de paciente debe estar provista como mínimo de seis receptáculos, cuando menos uno debe ser conectado como sigue:

a. El circuito derivado del sistema normal requerido en 517-19 (a)

b. A un circuito derivado del sistema de emergencia alimentado por un desconectador de transferencia diferente de los otros desconectores que suministran energía a otros receptáculos de la misma área.

(2) Características de los receptáculos. Estos deben ser sencillos o dobles o una combinación de ellos. Todos los receptáculos, seis o más, deben ser del tipo "Grado Hospital" y estar así identificados, cada receptáculo debe contar con una conexión desde su terminal de puesta a tierra, hasta el punto de referencia a tierra en el panel o tablero para alumbrado y control, esta conexión debe ejecutarse por medio de un conductor aislado de cobre para puesta a tierra del equipo.

(c) Conexión para puesta a tierra en la vecindad del paciente (opcional). Se permite un punto de referencia de puesta a tierra del equipo en la vecindad del paciente, éste podrá contener uno o más conectores para este propósito. El conductor para la conexión entre el punto de puesta a tierra del equipo en la vecindad del paciente y los receptáculos no debe ser menor que $5,26\text{mm}^2$ (10 AWG) y deberá utilizarse para conectar la terminal de puesta a tierra de todos los receptáculos con el punto de referencia de puesta a tierra del equipo en la vecindad del paciente.

El arreglo del conductor de puesta a tierra puede ser radial o en anillo.

NOTA: Cuando no exista punto de puesta a tierra del equipo en la vecindad del paciente, es importante que la distancia entre el punto de referencia de puesta a tierra del sistema aislado o del panel o tablero de alumbrado y control y la vecindad del paciente sea lo más corto posible para minimizar cualquier diferencia de tensión.

(d) Puesta a tierra de los paneles o tableros de alumbrado y control y los tableros de distribución. Donde se utilice un sistema de distribución eléctrico puesto a tierra y se usa, ya sea canalización metálica o cable tipo MC o tipo MI, continuidad de la puesta a tierra en los tableros de distribución y en los paneles o tableros para alumbrado y control, debe asegurarse en cada terminal o punto de unión de la canalización o del cable tipo MC y tipo MI con la envolvente metálica del equipo, por una de las siguientes maneras:

(1) Un monitor metálico de puesta a tierra y un conductor de cobre dimensionado de acuerdo con lo indicado en 250-95 conectado del monitor a la barra de puesta a tierra del equipo.

(2) Efectuar la conexión de la canalización metálica o cables MC o MI al tablero, por medio de bridas terminales roscadas planas o bridas de copa.

(3) Otros dispositivos aprobados tales como contratueras o monitores aprobados para puesta a tierra.

(e) Técnicas de protección adicional en áreas de atención crítica (opcional). Se permite el uso de sistemas eléctricos aislados en áreas de atención crítica y si se usa, el equipo para sistemas eléctricos aislados debe ser aprobado para este propósito y el sistema debe ser diseñado, instalado y probado para estar de acuerdo con lo indicado en la sección 517-160.

Excepción: Se permite que los indicadores audibles y visibles del monitor de aislamiento de línea se localicen en la estación de enfermeras responsables del área de atención.

(f) Puesta a tierra del sistema eléctrico aislado. Donde se utilice una fuente de energía aislada no puesta a tierra y se limite la primera falla de corriente eléctrica a una baja magnitud, se permite que el conductor de puesta a tierra asociado con el circuito secundario esté fuera de la canalización de los conductores de energía del mismo circuito.

NOTA: Aun cuando se permite que el conductor de puesta a tierra, se instale fuera de la canalización, es más seguro que el conductor esté junto con los conductores de energía, lo cual garantiza una baja impedancia en el caso de una segunda falla a tierra o corto circuito entre líneas, propiciando mejor operación de las protecciones.

(g) Puesta a tierra de receptáculos para uso especial. El conductor de puesta a tierra de equipos para receptáculos de usos especiales, como la operación de un equipo móvil o portátil de rayos X, debe continuarse hasta el punto de referencia de puesta a tierra, de los circuitos derivados en todos los lugares probables de utilización de estos receptáculos. Donde este circuito especial se alimente de un sistema eléctrico aislado no puesto a tierra, no se requiere que el conductor de puesta a tierra se instale con los conductores de energía, sin embargo, la terminal de puesta a tierra del equipo del receptáculo de uso especial debe conectarse al punto de referencia de puesta a tierra.

517-20 Locales húmedos

(a) Receptáculos y equipos fijos. Todos los receptáculos y equipo fijo dentro del local mojado deben tener una protección para el personal con interruptor de circuito por falla a tierra, si la interrupción de energía bajo condiciones de falla puede ser tolerada. Cuando esta interrupción no sea tolerada, la alimentación debe ser por un sistema de energía aislado.

Excepción: Circuitos derivados que alimenten solamente a equipo terapéutico y para diagnóstico fijo y aprobado, podrán alimentarse de un servicio normal puesto a tierra, ya sea monofásico o trifásico siempre que:

(1). El alambrado para los circuitos aislados y de los circuitos puestos a tierra no ocupen las mismas canalizaciones, y

(2). Todas las superficies conductoras del equipo estén puestas a tierra.

(b) Sistema eléctrico aislado. Donde se utilice un sistema eléctrico aislado, el equipo debe estar aprobado para este propósito e instalado de tal manera que cumpla con lo requerido en el 517-160.

NOTA: Para los requisitos de la instalación en albercas y tinas terapéuticas, véase la Parte F del Artículo 680.

(c) Pruebas mínimas.

Los interruptores de falla a tierra (GFCI) grado hospital y los receptáculos con este tipo de protección, deben de probarse para que operen a menos de 6 mA.

517-21 Interruptor de circuito por falla a tierra para protección de personas. No se requiere protección para personas con interruptor de circuito por falla a tierra en receptáculos instalados en áreas de cuidados críticos, donde el lavabo sea instalado dentro del cuarto del paciente.

C. Sistema eléctrico esencial

517-25 Alcance. El sistema eléctrico esencial para estos lugares, debe comprender un sistema capaz de suministrar una cantidad limitada de servicios de alumbrado y fuerza, los cuales son considerados esenciales para la preservación, la seguridad de la vida y para que se suspendan ordenadamente los procedimientos en ejecución durante el tiempo que se interrumpa el servicio eléctrico normal por cualquier causa. Esto incluye: clínicas para consulta externa, consultorios médicos y dentales, lugares para pacientes ambulatorios, enfermerías, lugares de atención limitada, hospitales y otras instalaciones para atención de la salud de pacientes.

NOTA: Para información adicional sobre la necesidad de sistemas eléctricos esenciales. Se deberán aplicar los documentos apropiados apéndices B1 y B2.

517-30 Sistemas eléctricos esenciales para hospitales

(a) Aplicación. Las disposiciones de la Parte C, Secciones 517-30 a 517-35 deben aplicarse a hospitales donde se requiera el sistema eléctrico esencial.

NOTA: Para información adicional sobre la instalación de bombas centrífugas contra incendios, véase el Apéndice B2.

(b) Disposiciones generales

(1) **Sistemas separados.** El sistema eléctrico esencial para hospitales debe estar compuesto por dos subsistemas independientes capaces de suministrar una cantidad limitada de energía eléctrica para el servicio de alumbrado y fuerza, considerado esencial para la seguridad de la vida y la operación segura y efectiva durante el tiempo que el servicio eléctrico normal se interrumpa por cualquier razón. Estos dos subsistemas deben ser el subsistema de emergencia y el subsistema para equipos.

(2) **Sistemas de emergencia.** El sistema de emergencia debe estar limitado a circuitos esenciales para la seguridad de la vida y para atención crítica de pacientes. Estos están designados como circuitos derivados para la seguridad de la vida y circuitos derivados críticos.

(3) **Sistema de equipo.** El sistema para equipos debe suministrar energía al equipo principal necesario para la atención a los pacientes y a la operación básica del hospital.

(4) Desconector de transferencia. El número de desconectores de transferencia se debe basar en la confiabilidad, diseño y consideraciones de carga. Cada circuito derivado del sistema de emergencia y cada circuito del sistema de equipos tendrá uno o más desconectores de transferencia, como se observa en las figuras 517-30 (a) y (b). Se permite que un desconector de transferencia alimente uno o más circuitos derivados o subsistemas en una instalación, con una demanda máxima en el sistema eléctrico esencial de 150 KVA.

NOTA: Para mayor información de las características y de los requerimientos de funcionamiento, operación, mantenimiento y pruebas, de los desconectores de transferencia automáticos y no automáticos para hospitales y centros ambulatorios, Apéndices B1 y B2.

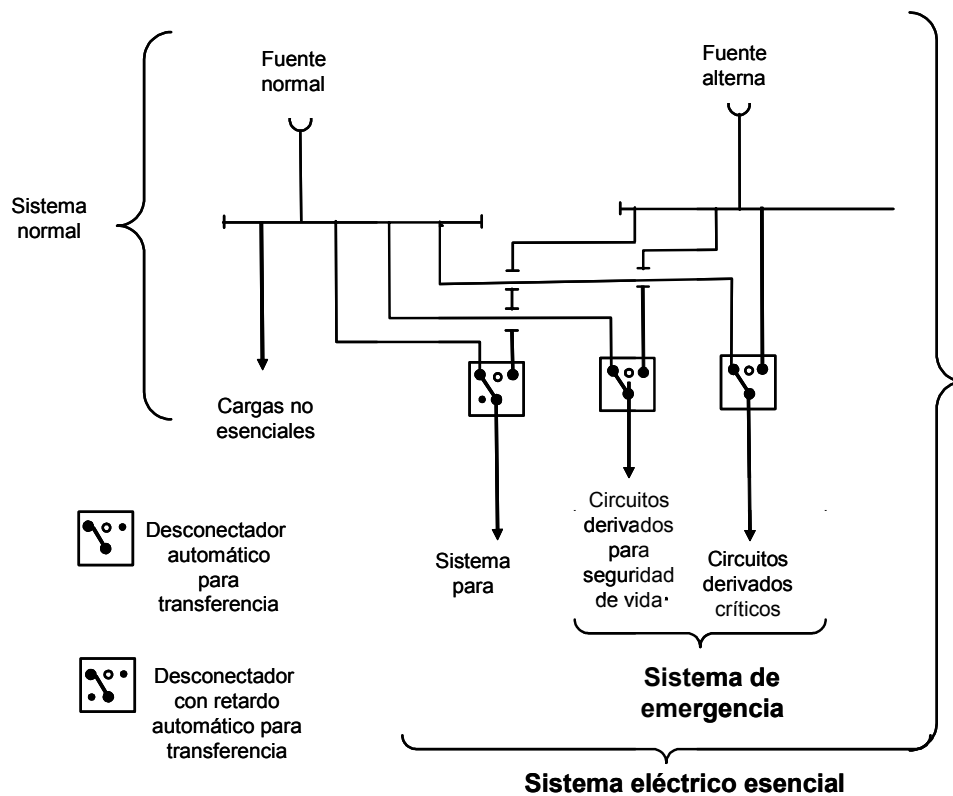


FIGURA 517-30 (a).- Hospitales y lugares de atención de la salud para pacientes ambulatorios – Requisito mínimo de desconectores para transferencia.

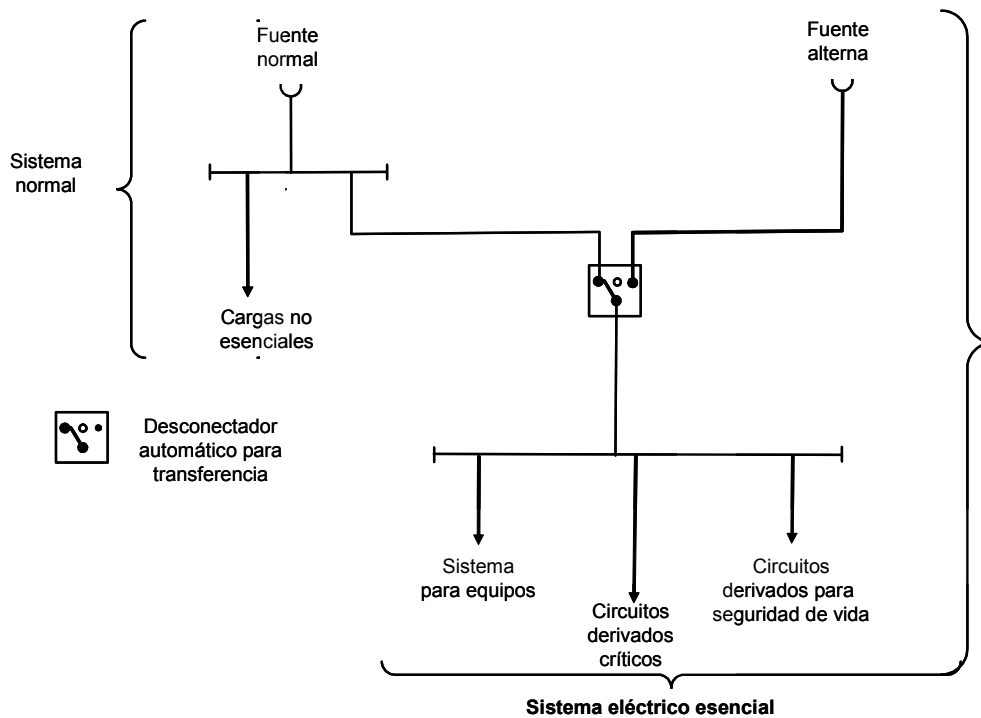


FIGURA 517-30 (b).- Hospitales y lugares de atención de la salud para pacientes ambulatorios – Requisito mínimo de un desconectador para transferencia con carga de hasta 150 kVA.

(5) **Otras cargas.** Las cargas alimentadas por el equipo generador y que no estén específicamente mencionadas en las secciones 517-32, 517-33 y 517-34, deben alimentarse por su propio desconectador de transferencia de tal forma que estas cargas:

- (a) No sean transferidas en caso de que se produzca una sobrecarga al equipo generador; y
- (b) Se desconecten automáticamente al producirse una sobrecarga en el equipo generador.

(6) **lugares contiguos.** Se permite que las fuentes de alimentación normal y fuentes alternas de un hospital, alimenten a sistemas eléctricos esenciales de otros lugares contiguos o del mismo predio.

NOTA: Para información adicional, véase los Apéndices B1 y B2.

(c) Requisitos de alambrado

(1) **Separación de otros circuitos.** Los circuitos derivados de seguridad de la vida y los derivados críticos del subsistema de emergencia deben estar completamente independientes uno del otro y de cualquier otro alambrado de equipos y no deben ocupar las mismas canalizaciones, cajas, o gabinetes. Los alambrados de los circuitos derivados de seguridad de la vida y derivados críticos, se permite que ocupen las mismas canalizaciones cajas o gabinetes de otros circuitos que no sean parte de estos circuitos derivados donde tales alambrados cumplan con lo siguiente:

- (1): Estén dentro del gabinete del equipo de transferencia; o
- (2): Estén dentro de las salidas o luminarios de emergencia que son alimentadas de dos fuentes independientes, o
- (3): Estén dentro de una caja de conexiones anexa a la salida de una luminario de emergencia alimentada de dos fuentes independientes, o
- (4): Alambrado de dos o más circuitos de emergencia alimentados desde el mismo circuito derivado.

Se permite que el alambrado de un sistema de equipo ocupe la misma canalización, caja o gabinete de otros circuitos que no sean parte del sistema de emergencia.

(2) **Sistema eléctrico aislado.** Donde los sistemas eléctricos aislados estén instalados en algunas de las áreas dadas en las Secciones 517-33(a) (1) y 517-33(a) (2) cada sistema debe ser alimentado por un circuito individual sin alimentar otra carga.

(3) Protección mecánica del sistema de emergencia. El alambrado de un sistema de emergencia para un hospital debe estar protegido mecánicamente por una canalización metálica rígida o cable armado tipo MI.

Excepción 1: Los cordones y cables flexibles de aparatos u otros equipos de utilización, conectados al sistema de emergencia, no requieren alojarse en canalizaciones.

Excepción 2: Los circuitos secundarios de los transformadores para sistemas de comunicaciones o señalización, no se requiere que estén alojados en canalizaciones, a menos que se especifique otra cosa en los capítulos 7 u 8.

Excepción 3: Se permite el tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado si los circuitos derivados no alimentan áreas de atención a pacientes y si no se prohíbe en otra parte de esta norma.

Excepción 4: Donde esté ahogado en concreto no-menos de 50 mm de espesor, se permite utilizar tubo (conduit) rígido no metálico tipo ligero o tubería eléctrica no metálica, en circuitos derivados que no alimenten áreas de atención a pacientes.

Excepción 5: Se permite el uso de canalizaciones metálicas flexibles y cables armados, en módulos prefabricados grado médico para montaje en muro, mobiliario aprobado para oficinas o donde sea necesaria una conexión flexible al equipo.

NOTA: Ver la sección 517-13 (a) y (b) para requisitos adicionales de puesta a tierra en áreas de atención al paciente,

(d) Capacidad de sistemas. El sistema eléctrico esencial, debe tener capacidad suficiente para satisfacer la demanda de la operación de todas las funciones y equipos alimentados por cada sistema y sus circuitos derivados.

Los alimentadores deben dimensionarse de acuerdo con lo indicado en los Artículos 215 y 220. El (los) grupo(s) generador(es) debe(n) tener capacidad suficiente y un rango adecuado para cubrir la demanda requerida por la carga de los sistemas eléctricos esenciales en cualquier momento.

El cálculo de la demanda para dimensionar el (los) generador(es) debe basarse en:

- (1) factores prudentes de demanda y datos históricos, o
- (2) carga conectada, o
- (3) procedimiento de cálculos de alimentadores como se describe en el Artículo 220, o
- (4) cualquier combinación de las anteriores consideraciones.

Los requisitos para dimensionar lo descrito en 700-5 y 701-6 no deben aplicarse en al grupo o grupos generadores para hospitales.

(e) Identificación de receptáculos. La cubierta de las placas para los receptáculos eléctricos o los mismos receptáculos eléctricos o ambos, alimentados del sistema de emergencia deben tener un color distintivo o una marca que los haga fácilmente identificables.

NOTA: Para información adicional, véase los apéndices B1 y B2.

517-31 Sistema de emergencia. Aquellas funciones de atención de pacientes que dependan de la iluminación, de equipos, aparatos y dispositivos que son conectados al sistema de emergencia, deben estar divididos en dos circuitos derivados obligatorios: el circuito de seguridad de la vida y el circuito derivado crítico, descritos en 517-32 y 517-33, respectivamente.

Los circuitos derivados del sistema de emergencia deben estar instalados y conectados a la fuente alterna de alimentación, de manera que las funciones especificadas en 517-32 y 517-33 para el sistema de emergencia, deben ser automáticamente restablecidas para operar dentro de diez segundos después de la interrupción de la fuente normal.

517-32 Circuito derivado de seguridad de la vida. Al circuito derivado de la seguridad de la vida no debe conectarse ninguna otra función diferente a las mencionadas en los incisos del (a) al (g) de esta sección. El circuito derivado de seguridad de la vida del sistema de emergencia debe alimentar las siguientes funciones de: alumbrado, receptáculos y los equipos indicados en esta Sección (incisos a, b, c, d, f y g).

(a) Iluminación de las rutas de evacuación. La iluminación de las rutas de evacuación tales como: circulaciones, pasillos, escaleras y áreas que acceden a las puertas de salida o de acceso a zonas seguras y en general a todas las vías necesarias que conduzcan a las mismas, se permite un arreglo en la disposición de circuitos para transferir alumbrado de los pasillos de encamados del circuito general al nocturno siempre y cuando se pueda seleccionar sólo uno de ellos y que ambos circuitos no puedan interrumpirse al mismo tiempo.

(b) Señalización de salidas. Las señales de salida y flechas que indiquen las rutas de evacuación hasta las áreas seguras.

(c) Sistemas de alarma y alerta. Los sistemas de alarma y alerta incluyen lo siguiente:

(1) Alarmas contra incendio.

(2) Alarmas para los sistemas utilizados en tuberías de gases para uso médico no inflamables.

NOTA: Para mayor información, ver Apéndices B1 y B2.

(d) Sistemas de comunicación. Sistemas de comunicación en hospitales, donde se usan para transmitir instrucciones durante condiciones de emergencia.

(e) Local del grupo generador. Alumbrado del área de maniobras de las baterías de la planta de emergencia y del cargador del banco de baterías y receptáculos seleccionados.

(f) Elevadores. Iluminación en las cabinas de los elevadores, sistemas de control, señalización y comunicación.

(g) Puertas automáticas. Puertas operadas automáticamente utilizadas para la evacuación de edificios.

NOTA: Para mayor información ver Apéndices B1 y B2.

517-33. Circuito derivado crítico

(a) Iluminación de áreas de trabajo y receptáculos seleccionados. El circuito derivado crítico del sistema de emergencia debe abastecer energía para el alumbrado del lugar de trabajo y para equipo fijo y circuitos especiales de alimentación y receptáculos seleccionados que sirvan a las siguientes áreas y tengan funciones relacionadas con la atención de pacientes.

(1) Iluminación de las áreas de trabajo de atención crítica al paciente donde se utilicen gases anestésicos, receptáculos seleccionados y equipo fijo.

(2) Los sistemas eléctricos aislados en ambientes especiales.

(3) Áreas de atención al paciente, iluminación del lugar de trabajo y receptáculos seleccionados en:

a. Pediatría

b. Preparación de medicamentos

c. Farmacias

d. Cuidados intensivos

e. Camas de psiquiatría (omitir los receptáculos)

f. Salas de tratamientos.

g. Centrales de Enfermeras

(4) Alumbrado adicional y receptáculos en lugares de atención especializada de pacientes, donde se necesite.

(5) Sistema de llamadas de enfermeras.

(6) Banco de sangre, de huesos y de tejidos.

(7) Salas y armarios para equipo de telefonía.

(8) Alumbrado de áreas de trabajo, receptáculos y circuitos seleccionados en los siguientes casos:

a. Camas de atención general (al menos un receptáculo doble por cada cama de pacientes).

b. Laboratorios de angiografía

c. Laboratorios de cateterismo cardíaco.

d. Unidad de cuidados coronarios.

e. Áreas o salas de hemodiálisis.

f. Áreas de tratamientos en salas de urgencias (seleccionados).

g. Laboratorios de fisiología humana.

h. Unidad de terapia intensiva.

i. Salas de recuperación postoperatoria (seleccionados).

(9) Alumbrado de lugares de trabajo, receptáculos y circuitos seleccionados adicionales, necesarios para la operación efectiva del hospital. Se permite que los motores fraccionarios monofásicos estén conectados del circuito derivado crítico.

NOTA: Para información adicional sobre centros de atención de la salud, ver el Apéndice B2.

(b) **Subdivisión del circuito derivado crítico.** Está permitido dividir el circuito derivado crítico en dos o más circuitos derivados.

NOTA: Es importante analizar las consecuencias de alimentar un área solamente con un circuito derivado crítico, cuando ocurre una falla entre ésta área y el desconectador de transferencia. Puede ser apropiado alimentar una parte con sistema normal y crítico, o del circuito derivado crítico, desde desconectores de transferencia diferentes.

(c) **Identificación de receptáculos.** La cubierta de las placas para los receptáculos eléctricos o los mismos receptáculos o ambos, alimentados por el derivado crítico deben tener un color distintivo o una marca que los haga fácilmente identificables.

517-34. Conexión del sistema de equipo a la fuente alterna de energía. El sistema de equipo debe ser instalado y conectado a la fuente alterna de energía, de tal manera que el equipo descrito en 517-34 (a) se restablezca automáticamente en operación en un intervalo de tiempo apropiado, después de energizar al sistema de emergencia. Estos arreglos también proveen la conexión subsiguiente del equipo descrito en 517-34 (b).

NOTA: Para mayor información, ver Apéndices B1 y B2.

Excepción: Se permite para los sistemas eléctricos esenciales menores de 150 kVA suprimir el intervalo de tiempo para retraso de la conexión automática del sistema para equipos.

(a) **Equipo para conexión de retardo automático.** El siguiente equipo debe ser conformado para una conexión con retardo automático a la fuente alterna de energía.

(1) Sistemas centrales de succión que sirvan a funciones médicas y quirúrgicas incluyendo los controles. Tales sistemas de succión son permitidos en el circuito derivado crítico.

(2) Las bombas de desagüe u otro equipo cuya operación sea requerida para la seguridad de aparatos importantes, incluyendo sus sistemas asociados de control y alarma.

(3) Sistemas de aire comprimido grado médico que sirvan a funciones médicas y quirúrgicas incluyendo los controles. Tales sistemas de aire son permitidos en el circuito derivado crítico.

(4) Sistemas de control de humos o de presurización de escaleras o ambos.

(5) Sistemas de inyección o extracción o ambos para campanas de cocina, si se requiere su operación durante un incendio al interior o debajo de la campana.

Excepción. Cuando los estudios de ingeniería indiquen que es necesario, se permite la conexión con retardo automático secuencial a la fuente alterna de energía, para prevenir sobrecargas al generador.

(b) **Equipo para conexión de retardo automático o manual.** El siguiente equipo debe ser planeado para conexión de retardo automático o manual a la fuente alterna de energía:

(1) Equipo para calefacción y/o refrigeración en salas de cirugía, de parto, de labor, de recuperación, de terapia intensiva y cuidados coronarios, de pediatría, y de urgencias, cuartos generales de pacientes y cuartos de aislamiento por infección, así como, las bombas de agua (bomba piloto), necesaria para mantener presurizado el sistema básico de protección contra incendio.

Excepción: La calefacción de cuartos generales de pacientes y cuarto de aislamiento por infección durante la interrupción de la fuente normal de energía, no se requiere bajo ninguna de las siguientes condiciones:

a. Si la temperatura exterior de diseño es mayor que $-6,7^{\circ}\text{C}$.

b. Si la temperatura externa de diseño es menor que $-6,7^{\circ}\text{C}$, y donde se ha provisto un cuarto seleccionado para las necesidades médicas de todos los pacientes confinados, únicamente este cuarto requiere calefacción.

(c) Las instalaciones servidas por una doble fuente normal de energía.

NOTA 1: La temperatura de diseño está basada en el 97,5% del valor de diseño. Ver Apéndice B2.

NOTA 2: Para descripción de una doble fuente normal de energía, véase la nota de la Sección 517-35 (c).

(2) Un elevador seleccionado para proporcionar servicio a pacientes entre salas de cirugía, salas de expulsión (parto) y planta baja durante una interrupción de la fuente normal. En los casos de la interrupción de la fuente normal que provoque un paro de los otros elevadores entre pisos, se deben proveer elementos de transferencia que permitan el funcionamiento temporal de cualquier elevador para poder liberar a los pacientes u otras personas que hayan quedado atrapadas entre pisos.

(3) Sistemas de ventilación e inyección, retorno y extracción para climatización de cuartos de aislamiento de infecciones, cuartos de protección del medio ambiente, ventiladores de extracción de humos en campanas de laboratorios, áreas de medicina nuclear donde se use material radioactivo, evacuación de óxido de etileno y demás gases anestésicos. Donde la conexión eléctrica de retardo automático no es apropiada, tales sistemas de ventilación se permite sean colocados en el circuito derivado crítico.

NOTA: Para mayor información, ver Apéndices B1 y B2

(4) Cámaras hiperbáricas.

(5) Cámaras hipobáricas.

(6) Puertas operadas automáticamente.

(7) Un mínimo de autoclaves de operación eléctrica, se permite que estén conformados para conectarse en forma automática o manual, a la fuente alterna de energía.

(8) Controles para equipos listados en la Sección 517-34.

(9) Se permite que otros equipos seleccionados sean conectados al sistema de equipos.

NOTA: Para mayor información, ver Apéndices B1 y B2.

517-35. Fuentes de energía

(a) **Dos fuentes de energía independientes.** Los sistemas eléctricos esenciales deben tener un mínimo de dos fuentes de energía independientes. Una fuente normal que generalmente alimente a todo el sistema eléctrico y una o más fuentes alternas para uso cuando se interrumpa el servicio normal.

(b) **Fuente alterna de energía.** La fuente alterna de energía debe ser una de las siguientes:

(1) Uno o varios generadores accionados por alguna clase de fuerza motriz y ubicados en el predio.

(2) Otra(s) unidad(es) generadora(s) donde la fuente normal consista de unidad(es) generadora(s) ubicada(s) en el predio.

(3) Una acometida de energía externa cuando la fuente normal consista de unidad(es) generadora(s) localizada(s) en el predio.

(c) **Ubicación de los componentes del sistema eléctrico esencial.** Deben darse consideraciones de cuidados externos en la ubicación de los locales donde se encuentren los componentes del sistema eléctrico esencial, para minimizar interrupciones causadas por fuerzas naturales comunes en el área (por ejemplo: tormentas, inundaciones, terremotos y riesgos creados por estructuras o actividades contiguas).

También debe considerar la posible interrupción de los servicios eléctricos normales, como resultado de causas similares, así como la interrupción del servicio eléctrico normal debido a las fallas internas del alambrado o de los equipos.

NOTA: En instalaciones cuya fuente de energía normal tenga dos o más acometidas independientes provenientes de subestaciones diferentes del servicio eléctrico normal, es más confiable que aquellas que tengan una sola acometida. La doble fuente de suministro normal, consiste de dos o más servicios de energía eléctrica alimentados desde subestaciones independientes o desde una red de distribución del suministrador con múltiples fuentes de alimentación dispuestos con independencia mecánica y eléctrica, de tal manera que una falla entre las instalaciones, las fuentes generadoras o subestaciones del suministrador, no es causa probable de una interrupción en más de uno de los alimentadores que suministran el servicio al lugar para atención de la salud.

517-40. Sistemas eléctricos esenciales para enfermerías y áreas de atención limitada

(a) **Aplicación.** Los requisitos de la Parte C, Secciones 517-40 (c) a 517-44, deben aplicarse a enfermerías y en lugares de atención limitada.

Excepción: Los requisitos de la Parte C, Secciones 517-40 (c) hasta 517-44, no deben aplicarse a edificios independientes utilizados como enfermerías y lugares de atención limitada, siempre que se aplique lo siguiente:

1. Que se mantengan políticas de no admisión y de altas que impidan la provisión de cuidados ininterrumpidos para pacientes o residentes que puedan requerir equipo eléctrico de soporte a la vida.

2. Que no se ofrezca un tratamiento quirúrgico que requiera anestesia general.

3. Que esté provista de sistema(s) automático(s) operado(s) con baterías o equipo que debe ser efectivo por lo menos 1,5 horas y esté por otra parte, de acuerdo con lo indicado en la Sección 700-12. Además, debe ser capaz de suministrar alumbrado de emergencia para puertas y corredores de salidas, escaleras, centrales de enfermeras, áreas de preparación médica, casas de máquinas y áreas de comunicaciones. Este sistema debe también suministrar energía para operar todos los sistemas de alarma y alerta.

NOTA: Para mayor información, ver Apéndices B1 y B2.

(b) Servicios de cuidados de hospitalización a pacientes. Las enfermerías y lugares de atención limitada que proporcionan servicios de hospitalización deben cumplir con lo requerido en la Parte C, Sección 517-30 a 517-35.

(c) Instalaciones contiguas o ubicadas dentro de hospitales. Se permite que las enfermerías y lugares de atención limitada contiguas o ubicadas dentro de hospitales tengan su sistema eléctrico esencial alimentado por el del hospital.

NOTA: Para información operación, mantenimiento y pruebas requeridas de sistemas eléctricos esenciales en enfermerías y lugares de atención limitada, ver Apéndices B.1 y B.2.

517-41. Sistemas eléctricos esenciales

(a) Disposiciones generales. Los sistemas eléctricos esenciales para enfermerías y áreas de atención limitada deben constar de dos circuitos derivados capaces de suministrar una cantidad limitada de servicios de alumbrado y fuerza, los cuales sean considerados esenciales para la seguridad de la vida y la operación efectiva de la institución durante el tiempo que se interrumpa el servicio eléctrico normal por cualquier causa. Estos dos circuitos derivados independientes deben ser el de seguridad de la vida y el derivado crítico.

NOTA: Para información ver Apéndices B.1 y B.2.

(b) Desconectores de transferencia. El número de desconectores de transferencia a utilizar se debe basar en la confiabilidad, diseño y consideraciones de carga. Cada circuito derivado del sistema eléctrico esencial debe estar alimentado por uno o más desconectores de transferencia, como se observa en la figura 517-41 (a). Se permite que un desconector de transferencia alimente a uno o más circuitos derivados o sistemas eléctricos esenciales en una instalación con una demanda máxima en el sistema eléctrico esencial de 150 kVA como se observa en la figura 517-41 (b).

NOTA: Para información sobre la selección, operación, mantenimiento y pruebas requeridas a los desconectores de transferencia en enfermerías y lugares de atención limitada ver Apéndices B.1 y B.2.

(c) Capacidad del sistema. El sistema eléctrico esencial debe tener la capacidad para satisfacer la demanda de la operación de todas las funciones y de los equipos, alimentados por cada circuito derivado en forma simultánea.

(d) Separación de otros circuitos. El circuito derivado de seguridad de la vida debe estar totalmente independiente de otros alambrados y equipos, y no ocupar la misma canalización, cajas o gabinetes de otros alambrados, excepto en los casos siguientes:

(1) En desconectores de transferencia.

(2) En luminarios alimentados desde dos fuentes para señalización de rutas de evacuación.

(3) En cajas de conexiones comunes conectadas a los luminarios de salida o emergencia alimentadas desde dos fuentes.

Se permite que el alambrado del circuito derivado crítico ocupe las mismas canalizaciones, cajas o gabinetes de otros circuitos que no sean parte del circuito derivado de seguridad de la vida.

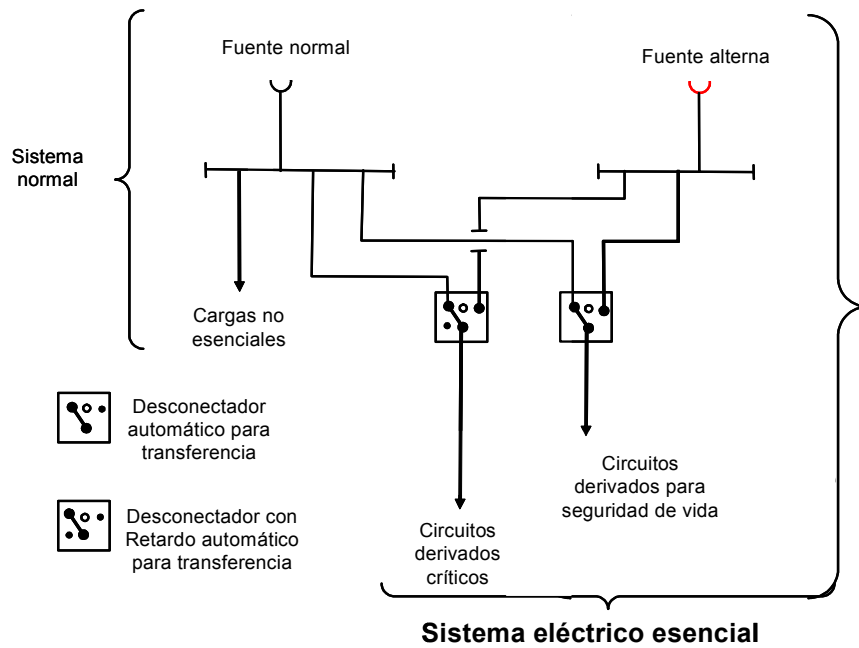


FIGURA 517-41 (a) Enfermería y lugares de cuidados de la salud para la atención a pacientes con limitaciones – Requisito mínimo para transferencia

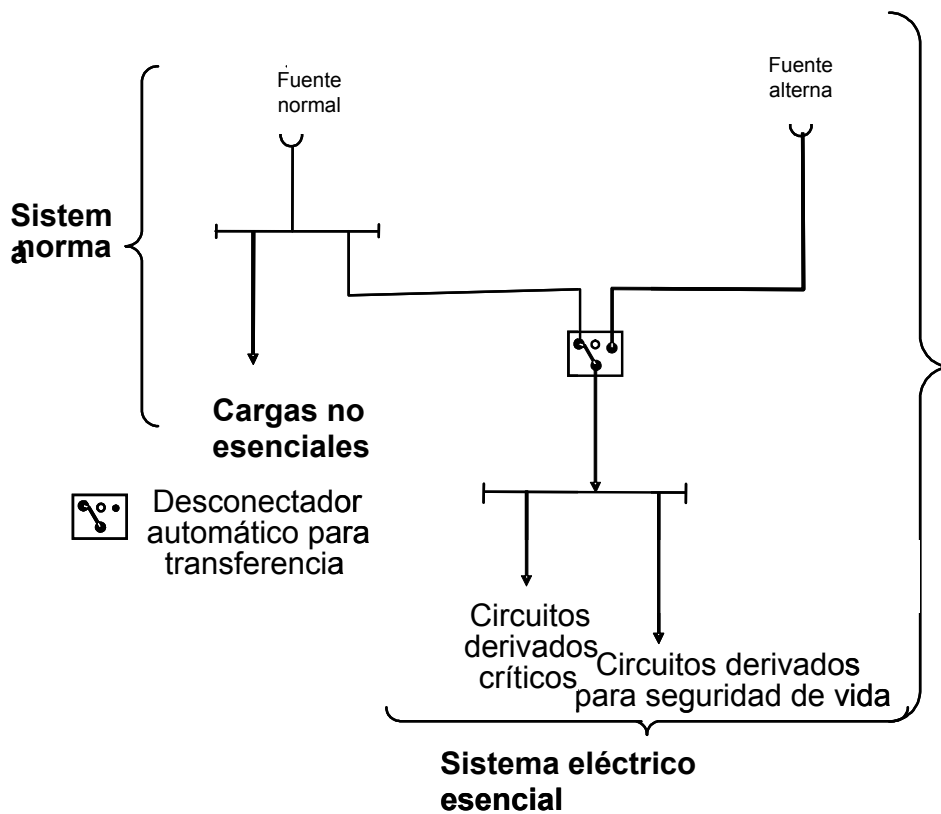


FIGURA 517-41 (b) Enfermería y lugares de cuidados de la salud para la atención a pacientes con limitaciones – Requisito mínimo de un desconector para transferencia con carga de hasta 150 KVa.

517-42 Conexión automática al circuito derivado de seguridad de la vida. El circuito derivado de seguridad de la vida debe ser instalado y conectado a una fuente alterna de energía de manera que todas las operaciones de los servicios especificados en esta Sección se restablezcan automáticamente para su funcionamiento en un lapso menor que 10 s después de la interrupción de la fuente normal. Ninguna otra función que las instaladas 517-42 (a) hasta 517-42 (g) deben conectarse al circuito derivado de seguridad de la vida. El circuito derivado de seguridad de la vida debe suministrar energía para alumbrado, receptáculos y equipos:

NOTA: El circuito derivado de seguridad de la vida es llamado el Sistema de emergencia, véase Apéndice B1 y B2.

(a) Iluminación de las rutas de evacuación. La iluminación de las rutas de evacuación, tal como el alumbrado requerido para circulaciones, pasillos, escaleras, helipuerto y acceso a puertas de salida y de las vías necesarias para llegar a las salidas y áreas seguras. Se permite un arreglo para transferir el alumbrado de pasillos de encamados a los circuitos generales de alumbrado, siempre que uno de los dos circuitos se seleccione y que ambas fuentes de energía no puedan interrumpirse al mismo tiempo.

(b) Señalización de salidas. Las señales de salidas y señales direccionales de salida.

(c) Sistemas de alarma y alerta. Los sistemas de alarma y alerta incluyen lo siguiente:

(1) Alarmas de incendio.

(2) Alarmas requeridas por los sistemas de distribución de gases medicinales no inflamables.

NOTA: Para mayor información consultar el Apéndice B1 y B2.

(d) Sistemas de comunicación. Sistemas de comunicación, cuando éstos se utilicen para transmitir instrucciones durante las situaciones de emergencia.

(e) Comedores y áreas de recreación. Luminarios suficiente en comedores y áreas de recreación para proveer iluminación en las rutas de salida.

(f) Local del grupo generador. El alumbrado del área de trabajo y receptáculos seleccionados en el lugar destinado para el grupo generador, además de iluminación de emergencia a base de baterías.

(g) Elevadores. Iluminación en las cabinas de los elevadores, sistemas de control, comunicación y señalización en elevadores.

NOTA: Para mayor información puede consultarse el Apéndice B1 y B2.

517-43 Conexión a un circuito derivado crítico. El circuito derivado crítico debe instalarse y conectarse a la fuente alterna de energía, de forma que el equipo citado en 517-43 (a) se restablezca automáticamente a intervalos de tiempo apropiados siguiendo la secuencia de restablecimiento de la operación del circuito derivado de seguridad de la vida. Esta conformación debe también proceder para la conexión adicional del equipo listado en 517-43 (b) por otros retardadores automáticos o de operación manual.

Excepción: Para sistemas eléctricos esenciales hasta de 150 kVA, se permite la conexión con retardo automático del subsistema de equipos.

(a) Conexión automática con retardo. El siguiente equipo debe conectarse al circuito derivado crítico y adecuarse para una conexión automática con retardo a la fuente alterna de energía.

(1) Áreas de atención de pacientes. Iluminación de trabajo y receptáculos seleccionados en:

a. Áreas de preparación de medicamentos.

b. Áreas de despacho en farmacias.

c. Central de enfermeras

(2) Bombas para desagüe y otros equipos y otros equipos requeridos para operar con mayor seguridad los aparatos y sus sistemas de control y alarmas.

(3) Sistemas de control de detección de humos y presurización de escaleras.

(4) Sistemas de inyección y extracción para gases y humos en campanas de cocina, que requieran operar durante un incendio en o bajo la campana.

(5) Sistemas de inyección, retorno y extracción para cabinas en cuartos de aislados por infección.

(b) Conexión manual o automática con retardo. El siguiente equipo debe conectarse al circuito derivado crítico y adecuarse ya sea para una conexión manual o automática con retardo de tiempo a la fuente alterna de energía.

(1) Equipo de calefacción para cuartos de pacientes.

Excepción: La calefacción de cuartos de pacientes durante la interrupción de la fuente normal no se requiere bajo cualquiera de las siguientes condiciones:

(a). La temperatura exterior de diseño es mayor que $-6,7^{\circ}\text{C}$; o

(b). La temperatura externa de diseño es menor que $-6,7^{\circ}\text{C}$, y donde se ha provisto un cuarto seleccionado para las necesidades médicas de todos los pacientes que se alberguen, únicamente este cuarto requiere calefacción, o

(c). La instalación está alimentada por una fuente doble de energía como la descrita en 517-44 (c).

NOTA: La temperatura exterior de diseño está basada en el 97,5% del valor de diseño, véase Apéndice B2.

(2) **Elevador de servicio.** En los casos en que la interrupción de energía provoque el paro de elevadores entre pisos, la instalación debe permitir la operación temporal de cualquier elevador para liberar a los pasajeros. Para los requisitos de alumbrado, control y sistemas de señalización, de la cabina del elevador, véase la Sección 517-42 (g).

(3) Iluminación, receptáculos y equipos adicionales se permitirán conectarse solamente al circuito derivado crítico.

NOTA: Para mayor información ver Apéndice B1 y B2.

517-44. Fuentes de energía

(a) **Dos o más fuentes independientes de energía.** Los sistemas eléctricos esenciales deben tener un mínimo de dos fuentes independientes de energía: una fuente normal generalmente alimentando al sistema eléctrico total y una o más fuentes alternas para su uso cuando la fuente normal se interrumpe.

NOTA – Para mayor información consultar los documentos apropiados apéndices B1 y B2.

(b) **Fuente alterna de energía.** La fuente alterna de energía debe ser uno o varios generadores accionados por alguna forma de motores primarios y localizados en el mismo predio del usuario.

Excepción 1: Donde la fuente normal consista de unidades generadoras en el predio, la fuente alterna deberá ser cualquier otro grupo generador o un servicio externo.

Excepción 2: Las enfermerías y los lugares de atención limitada que cumplan los requerimientos de la excepción del 517-40 (a) se permite el uso de un sistema de baterías o batería auto contenida o integrada con el equipo.

NOTA – Para mayor información consultar los documentos apropiados apéndices B1 y B2.

(c) **Ubicación de los componentes de sistemas eléctricos esenciales.** Se debe considerar cuidadosamente la ubicación de los lugares destinados a los componentes del sistema eléctrico esencial para minimizar las interrupciones ocasionadas por siniestros propios del área (por ejemplo, tormentas, inundaciones, terremotos o peligros creados por estructuras o movimientos colindantes). Se debe considerar la posible interrupción de los servicios eléctricos normales que resulten por causas similares, así como posibles interrupciones del suministro normal debido a fallas del equipo y del alambrado interno.

NOTA: En instalaciones cuya fuente de energía normal tenga dos o más acometidas independientes provenientes de una estación central el servicio eléctrico normal es más confiable que aquellas que tengan una sola acometida. Esta doble fuente de suministro normal, consiste de dos o más servicios de energía eléctrica alimentados desde grupos generadores independientes o desde una red de distribución del suministrador, con múltiples fuentes de alimentación dispuestos con independencia mecánica y eléctrica, de tal manera que una falla entre las instalaciones y las fuentes generadoras no es causa probable de una interrupción en más de uno de los alimentadores que suministran el servicio.

517-45. Sistemas eléctricos esenciales para otras instalaciones en lugares de atención de la salud

Esta sección cubre los requisitos de seguridad para las instalaciones o parte de ellas, que suministran servicios de diagnóstico y tratamiento a pacientes en otras áreas de atención a la salud que no sean hospitales, enfermerías o lugares de atención limitada.

(a) **Distribución eléctrica esencial.** La fuente alterna del sistema de distribución eléctrica esencial debe ser una batería o un sistema generador.

NOTA – Para mayor información consultar los documentos apropiados apéndices B1 y B2.

(b) **Equipo eléctrico para soporte de la vida.** Donde se requiera equipo eléctrico para soporte de la vida, el sistema de distribución eléctrica esencial debe ser como se describe en las Secciones 517-30 al 517-35.

NOTA – Para mayor información consultar los documentos apropiados apéndices B1 y B2.

(c) Áreas de atención crítica. Donde existan áreas de atención crítica el sistema de distribución eléctrica esencial debe ser como se describe en las Secciones 517-30 al 517-35.

NOTA – Para mayor información consultar los documentos apropiados apéndices B1 y B2.

(d) Sistemas de energía. Los sistemas de baterías deben instalarse de acuerdo con los requisitos del Artículo 700 y los sistemas de generación, deben ser como se describe en 517-30 al 517-35.

D. Locales de anestesia por inhalación

NOTA: Para información adicional respecto a protección para locales de anestesia, véase el Apéndice B2.

517-60. Clasificación de locales de anestesia

NOTA: Si cualquiera de los locales para anestesia definidos en 517-60 (a) y (b) es designado un local húmedo debe de cumplir con la sección 517-20.

(a) Áreas peligrosas (clasificadas)

(1) Utilización de áreas. En un local donde se apliquen por inhalación gases anestésicos inflamables, el volumen hasta 1,52 m del nivel del piso debe considerarse como área peligrosa (clasificada) Clase 1 División 1. El volumen restante hasta la estructura del plafón se considera que está arriba de un área peligrosa (clasificada). Véase sección 500-7 (b) (3).

NOTA – Para mayor información consultar los documentos apropiados apéndices B1 y B2.

(2) Locales para almacenamiento. Cualquier local en el cual se almacenen anestésicos inflamables o agentes desinfectantes volátiles inflamables se debe considerar área Clase 1 División 1 de piso a techo. Cualquier local en el cual se almacenen anestésicos inflamables o agentes desinfectantes volátiles inflamables se debe considerar área Clase 1 División 1 de piso a techo.

(b) Áreas distintas a las (clasificadas) peligrosas. Cualquier local para aplicación de anestesia por inhalación, diseñado para el uso exclusivo de agentes anestésicos no inflamables, no se debe considerar como área peligrosa (clasificada).

517-61 Alambrado y equipo

(a) Dentro de áreas peligrosas (clasificadas) en las que se aplican por inhalación gases anestésicos inflamables.

(1) Aislamiento. Excepto como se permite en 517-160, cada circuito de energía dentro o parcialmente dentro de un área peligrosa (clasificada), como se define en la sección 517-60 (a), debe aislarse de cualquier sistema de distribución mediante el uso de un sistema eléctrico aislado.

NOTA: Para mayor información véase los documentos apropiados apéndices B1 y B2.

(2) Diseño e instalación. El equipo del sistema eléctrico de energía aislado debe estar aprobado para este propósito y el sistema debe estar diseñado e instalado para cumplir las condiciones de la Parte G.

(3) Equipo funcionando a más de 10 V. En las áreas peligrosas (clasificadas) referidas en 517-60 (a), todo el alambrado y equipo fijo y todo equipo portátil o móvil incluyendo luminarios y otros equipos que operen a más de 10 V entre conductores, debe cumplir con los requisitos indicados en 501-1 y 501-15 y en 501-16 (a) y (b) para áreas peligrosas (clasificadas) Clase 1 División 1. Todos los equipos deben estar aprobados específicamente para las atmósferas peligrosas involucradas.

NOTA: Para mayor información véase los documentos apropiados apéndices B1 y B2.

(4) Extensión de área. Si una caja, dispositivo, accesorio o envoltente, se encuentra parcial pero no totalmente dentro de un área peligrosa (clasificada), el área peligrosa incluirá a toda la caja, dispositivo, accesorio o envoltente involucrado.

5) Receptáculos y clavijas. Los receptáculos y clavijas dentro del área peligrosa (clasificada), deben estar aprobados para uso en áreas peligrosas (clasificadas) Clase 1 Grupo C y contemplar la conexión de un conductor para puesta a tierra.

6) Cordones flexibles. Los cordones flexibles utilizados en áreas peligrosas (clasificadas) para la conexión de equipo portátil o móvil, incluso luminarios que funcionen a más de 8 V entre conductores, deben ser aprobados para uso extra rudo de acuerdo con lo indicado en la Tabla 400-4, e incluir un conductor adicional para puesta a tierra de equipos.

7) Almacenamiento para el cordón flexible. Se debe incluir un dispositivo para guardar al cordón o el cable flexible, no se debe someterse al cordón o cable a dobleces de un radio menor que 80 mm.

b) Arriba de áreas peligrosas (clasificadas)

1) Métodos de alambrado. El alambrado por arriba de áreas peligrosas (clasificadas) descritas en 517-60 (c), debe instalarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o ligero, cable tipo MI o cable tipo MC con una cubierta continua y metálica sellada al paso de vapores y gases.

2) Envoltentes de equipos. El equipo instalado que pueda producir arcos, chispas o partículas de metal caliente, tales como luminarios y portalámparas para alumbrado fijo, desconectores, cortacircuito, generadores, motores u otros equipos con escobillas deslizantes, debe de ser del tipo totalmente cerrado o construido de forma que evite el escape de chispas o partículas de metal.

Excepción: Los receptáculos montados en los muros arriba de 1,66 m del área peligrosa (clasificada) en locales de anestésicos inflamables, no requieren estar totalmente resguardados o sus aberturas cubiertas o protegidas para prevenir la dispersión de partículas.

3) Luminarios. Los luminarios quirúrgicas y otros luminarios (Aparatos de alumbrado) deben cumplir con lo establecido en 501-9 (b).

Excepción 1: Las limitaciones de temperatura superficial expuestas en 501-9(b) (2) no se aplican.

Excepción 2: Los desconectores integrados o colgantes localizados arriba del área peligrosa (clasificada), que no pueden ser introducidos al área peligrosa (clasificada), no requieren ser a prueba de explosión.

4) Sellos. Los sellos de canalizaciones y cables aprobados deben colocarse de acuerdo con lo indicado en 501-5 y 501-5 (a) (4), en los límites tanto horizontales como verticales del área peligrosa (clasificada).

5) Receptáculos y clavijas. Los receptáculos y clavijas localizados arriba del área peligrosa (clasificada), deben estar aprobados para su uso en hospitales y para las características de tensión eléctrica, frecuencia, capacidad, y número de conductores, con una terminal para la conexión de un conductor de puesta a tierra. Este requisito se debe aplicar a los receptáculos y clavijas de dos polos, tres hilos del tipo para puesta a tierra, una fase, 120 V y 127 V nominales para corriente alterna.

6) Receptáculos y clavijas para 208 V o 220 V o 250 V, 50 A y 60 A. Las clavijas y receptáculos para 208 V o 220 V 250 V. nominales, para la conexión de equipo médico de 50 A y 60 A de corriente alterna instalados arriba de áreas peligrosas (clasificadas), deben seleccionarse de forma que el receptáculo de 60 A reciba indistintamente clavijas de 50 A o 60 A. y los receptáculos de 50 A deben seleccionarse para no aceptar clavijas de 60 A. Las clavijas deben ser de dos polos, tres hilos con una tercer terminal para la conexión del conductor aislado (verde o verde con franja amarilla) de puesta a tierra de equipo al sistema eléctrico alimentador.

c) Otras áreas distintas a las áreas peligrosas (clasificadas).

1) Métodos de alambrado. El alambrado que sirve a otras áreas distintas a las peligrosas (clasificadas), como se define en 517-60 (c), debe instalarse en canalización metálica o cable armado metálico. La canalización o cable armado metálico debe estar aprobado como un conductor eficiente de puesta a tierra de acuerdo con lo indicado en 250-91(b). Los cables tipo MC y tipo MI deben tener una armadura o cubierta exterior metálica identificada como un conductor eficiente para puesta a tierra. Ver secciones 517-13 (a) y (b) y 517-160.

Excepción: Los receptáculos colgantes que empleen cordones flexibles tipo SJO o equivalente, suspendidos a no-menos de 1,80 m del piso, no requieren ser instalados en, canalización metálica o cable armado.

2) Receptáculos y clavijas. Los receptáculos y clavijas instalados en áreas distintas a las áreas peligrosas (clasificadas), deben estar aprobados para uso en hospitales y para las características en cuanto a tensión, frecuencia, capacidad nominal y número de conductores con una terminal para la conexión de un conductor de puesta a tierra. Este requisito se debe aplicar a los tipos de dos polos, tres hilos de puesta a tierra, una fase, 120 V, 127 V y hasta 250V nominales para corriente alterna.

3) Receptáculos y clavijas para 208 V o 220 V o 250 V, 50 A y 60 A. Las clavijas y receptáculos para 208 V o 220 V o 250 V nominales, para la conexión de equipo médico de 50 A y 60 A utilizado en áreas distintas a las peligrosas (clasificadas), deben seleccionarse de forma que el receptáculo de 60 A reciba indistintamente clavijas de 50 A o 60 A. y los receptáculos de 50 A deben seleccionarse para no aceptar clavijas de 60 A. Las clavijas deben ser de dos polos, tres hilos con un conector para la conexión a un conductor aislado (verde o verde con una franja amarilla) para puesta a tierra del equipo al sistema eléctrico alimentador.

517-62. Puesta a tierra. En cualquier área de anestesia, todas las canalizaciones metálicas y cables con pantallas metálicas y todas las partes conductoras metálicas no portadoras de corriente eléctrica de equipo eléctrico fijo, deben ser puestas a tierra. La puesta a tierra en locales Clase 1 División 1 debe cumplir con lo indicado en 501-16.

Excepción: El equipo que opere a no más de 10 V entre conductores no requiere ser puesto a tierra.

517-63. Sistemas de energía puestos a tierra en locales de anestesia

a) Unidades de alumbrado de emergencia alimentadas por baterías. Deben proporcionarse uno o más unidades de iluminación de emergencia alimentadas por baterías, de acuerdo con la Sección 700-12 (e).

b) Alambrado de circuitos derivados. Se permite que los circuitos derivados que alimenten sólo a equipo de diagnóstico y de terapia fijo y aprobado, permanentemente instalado arriba de áreas peligrosas (clasificadas) y en otras áreas distintas a las peligrosas (clasificadas), se alimenten desde una acometida normal puesta a tierra, de una o de tres fases, siempre que:

1) El alambrado para circuitos aislados y puestos a tierra no ocupen la misma canalización o cable.

2) Todas las superficies conductoras del equipo estén puestas a tierra.

3) El equipo (excepto los tubos de rayos x confinados y las terminales de dichos tubos) se localice al menos a 2,5 m por arriba del piso o fuera del local de anestesia.

4) Los desconectores para el circuito derivado puesto a tierra se localicen fuera del área peligrosa (clasificada).

Excepción: Las Secciones 517-63 (b) (3) y 517-63 (b) (4) no aplican a las áreas distintas a las peligrosas (clasificadas).

c) Circuitos derivados para luminarios fijos. Se permite que los circuitos derivados que alimenten solamente luminarios fijos, se alimenten por una acometida normal puesta a tierra, siempre que:

1) Los luminarios se ubiquen al menos a 2,5 m por encima del piso.

2) Todas las superficies conductoras de los luminarios estén puestas a tierra.

3) El alambrado de los circuitos que alimenten a los luminarios no ocupe la misma canalización o cable de los circuitos aislados de energía.

4) Los desconectores sean del tipo montaje en pared y se ubiquen arriba de las áreas peligrosas (clasificadas).

Excepción: No aplica lo indicado en las Secciones 517-63 (c) (1) a 517-63 (c) (4) para las áreas distintas a las peligrosas (clasificadas).

d) Estaciones de control remoto. Las estaciones de control remoto montadas en pared para desconectores de control remoto que operen a 24 V o menos, pueden instalarse en cualquier local de anestesia.

e) Ubicación de sistemas de energía aislados. Un equipo y aparato integrado con los componentes del sistema aislado, ver sección 517-160, todos fijos y protegidos dentro de una envolvente metálica, deben de estar aprobados para este propósito en conjunto. Está permitido que se instale, junto con su circuito alimentador y el conductor de puesta a tierra, dentro de un local de anestesia, siempre que se localice arriba del área peligrosa (clasificada) o dentro del área distinta al área peligrosa (clasificada).

f) Circuitos en locales de anestesia. Excepto como se permite en secciones anteriores, cada circuito de energía dentro o parcialmente dentro de un área peligrosa (clasificada), como se define en 517-60 (a), debe aislarse de cualquier sistema eléctrico de distribución que alimente a otras áreas distintas a las áreas peligrosas (clasificadas).

517-64. Equipo e instrumentos de baja tensión

a) Requisitos para equipo. El equipo de baja tensión que esté en contacto con el cuerpo de personas o tengan partes metálicas expuestas que puedan ser energizadas deben:

1) Operar a potenciales eléctricos de 10 V o menos, o

2) Estar aprobado como intrínsecamente seguro o como equipo con doble aislamiento, o

3) Ser resistente a la humedad.

b) Fuentes de energía. La energía para el equipo, aparato o dispositivo de baja tensión debe suministrarse desde:

1) Un transformador de aislamiento portátil individual para cada equipo (no se deben usar auto transformadores) conectado por medio de un cordón y clavija a un receptáculo de un circuito eléctrico aislado, o

2) Un transformador de aislamiento común de baja tensión, instalado en un área distinta al área peligrosa (clasificada), o

3) Baterías secas individuales para cada equipo, o

4) Baterías comunes, compuestas por celdas de almacenamiento, colocadas en un área distinta al área peligrosa (clasificada).

c) Circuitos aislados. Los transformadores de aislamiento individuales portátiles o comunes que suministren energía a circuitos de baja tensión deben tener:

1) Medios apropiados para aislar el circuito primario del secundario, y

2) El núcleo y la envolvente o cubierta metálica conectada a tierra.

d) Controles. Se permite el uso de dispositivos a base de resistencias o de impedancias para controlar equipo de baja tensión, pero éstos no deben ser utilizados para limitar la tensión eléctrica máxima disponible para el equipo.

e) Aparatos alimentados con baterías. Los aparatos energizados por baterías no deben ser recargados mientras estén en operación, a menos que su circuito de carga incorpore un transformador de aislamiento integrado al equipo.

f) Receptáculos o clavijas. Los receptáculos o clavijas que se usen en circuitos de baja tensión deben ser de un tipo que no permita una conexión intercambiable con circuitos de mayor tensión eléctrica.

NOTA 1: Para mayor información véase los documentos apropiados apéndices B1 y B2.

NOTA 2: Cualquier interrupción del circuito, aun en circuitos de tensión eléctrica tan baja como 10 V provocada por algún desconector o conexiones flojas o defectuosas en cualquier punto del circuito, puede producir una chispa suficiente para encender agentes anestésicos inflamables.

E. Instalaciones para rayos x

Nada de lo descrito en esta parte puede ser interpretado como una especificación de seguridad contra el rayo útil o radiación dispersa de los equipos generadores de rayos X.

NOTA: Para ser responsabilidad sanitaria y de salud, para información adicional sobre los requisitos de seguridad contra las radiaciones de varias clases de equipos de rayos X, para los requisitos técnicos, la seguridad radiológica, las prácticas y especificaciones técnicas. Ver apéndice B1.

517-71. Conexión al circuito alimentador

a) Equipo fijo y estacionario. El equipo de Rayos X fijo y estacionario debe ser conectado al circuito alimentador por medio de un método de alambrado que cumpla con los requisitos generales de esta norma.

Excepción: Equipo debidamente alimentado por un circuito derivado cuya capacidad especificada no exceda los 30 A, puede alimentarse a través de una clavija apropiada con cordón o cable para servicio rudo o pesado.

b) Equipo portátil, móvil y transportable. Para equipo portátil, móvil o transportable de rayos X, no se requiere circuito derivado individual cuando su capacidad no excede de 60 A.

c) Suministro con tensión eléctrica superior a 600 V. El equipo y circuitos que operan con tensiones eléctricas superiores a 600 V, deben cumplir con el Artículo 710.

517-72. Medios de desconexión

a) Capacidad. El circuito alimentador, para un equipo de rayos X, debe contar con un medio de desconexión con adecuada capacidad del 50% como mínimo del régimen momentáneo o de 100% del régimen prolongado del equipo de rayos X, cualquiera que sea mayor.

b) Ubicación. El medio de desconexión debe ser operable desde un lugar fácilmente accesible desde la consola de control del equipo de rayos X.

c) Equipo portátil y móvil. Para equipo conectado a circuitos derivados de 120 V o 127 V y 30 A o menos, se permite el uso de receptáculos y clavijas del tipo de puesta a tierra de capacidad apropiada como medio de desconexión.

517-73. Capacidad de conducción de corriente de los conductores y de las protecciones por sobrecorriente**a) Equipo de diagnóstico**

1) Circuitos derivados. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de un circuito derivado y de los dispositivos de protección por sobre corriente no debe ser inferior a 50% de la capacidad de corriente eléctrica de régimen momentáneo o de 100% del régimen prolongado, cualquiera que sea mayor.

2) Circuitos alimentadores. La capacidad de conducción de corriente de los conductores y de los dispositivos de protección por sobre corriente de los alimentadores para dos o más circuitos derivados que alimenten unidades de Rayos X no debe ser menor que 50% de la demanda máxima instantánea del equipo más grande de Rayos X, más 25% de la demanda máxima instantánea de la siguiente unidad de mayor capacidad, más 10% de la demanda momentánea de cada uno de los otros equipos de diagnóstico médico de Rayos X. Donde se hagan exámenes simultáneos biplanares con unidades de Rayos X, los conductores de alimentación y los dispositivos de protección por sobre corriente deben ser del 100% de la demanda máxima instantánea de corriente eléctrica de cada unidad de Rayos X.

NOTA: El conductor de menor tamaño nominal para circuitos derivados y alimentadores está también determinado por los requerimientos de regulación de la tensión eléctrica. Para una instalación específica, el fabricante usualmente especifica tamaños mínimos de transformadores de distribución y conductores, capacidad de corriente eléctrica de los medios de desconexión y de la protección por sobre corriente.

b) Equipo terapéutico. La capacidad de conducción de corriente de los conductores y de los dispositivos de sobre corriente no debe ser menor que 100% de la capacidad de corriente eléctrica del equipo médico de rayos X para terapia.

NOTA: La capacidad de los conductores de circuito derivado, del medio de desconexión y de las protecciones por sobre corriente de los equipos médicos de rayos X, normalmente es establecida por el fabricante para la instalación específica.

517-74. Conductores del circuito de control

a) Número de conductores alojados en una canalización. El número de conductores de los circuitos para control, alojados en una canalización, debe ser determinado de acuerdo con lo indicado en 300-17.

b) Tamaño mínimo de los conductores. En los circuitos para controles y la operación de los equipos de rayos X, sus dispositivos y equipos auxiliares, se permite el uso de alambres y de cordones flexibles calibres 0,824 mm² (18 AWG) o de 1,31 mm² (16 AWG) como se especifica en 727-27, siempre y cuando su protección por sobrecorriente no sea mayor que 20 A.

517-75. Instalaciones de equipo. Todo equipo para nuevas instalaciones médicas de rayos X y todos los equipos de rayos X usados y reacondicionados o reconstruidos, para ser trasladados y reinstalados en otro local, deben ser del tipo aprobado y contar con la documentación aprobada por la autoridad que tenga jurisdicción.

517-76. Transformadores y capacitores. No se requiere que los transformadores y capacitores que formen parte de un equipo de rayos x, cumplan con lo establecido en los Artículos 450 y 460. Los capacitores deben montarse dentro de envoltentes de material aislante o de metal puesto a tierra.

517-77. Instalación de cables de alta tensión para equipo de rayos X. Los cables con pantalla puesta a tierra para conexión de tubos de rayos X y para intensificadores de imagen, se permite que sean instalados en soportes para cables tipo charolas o en ductos suministrados por el fabricante, junto con los conductores de control, de alimentación y derivados, sin requerir de barreras que separen los conductores.

517-78. Protección contra daños y puesta a tierra.

a) Partes de alta tensión. Todas las partes de alta tensión eléctrica, incluyendo los tubos de rayos X, deben montarse en envoltente puestas a tierra. Se podrá usar aire, aceite, gas u otra sustancia aislante apropiada para aislar la alta tensión de la envoltente, chasis o cubierta metálica puesta a tierra. La conexión desde el transformador de alta tensión a los tubos de rayos X y otros componentes de alta tensión, deberá hacerse con cables para alta tensión con pantalla puesta a tierra.

b) Cables de baja tensión. Los aislamientos de los conductores y cables para baja tensión que conectan dispositivos, equipos y aparatos sumergidos en aceite y no completamente sellados, tales como: transformadores, condensadores, enfriadores de aceite y desconectores de alta tensión, deben tener aislamiento de tipo resistente al aceite entre otras características.

c) Partes metálicas que no llevan corriente eléctrica. Las partes metálicas que no conducen corriente eléctrica del equipo de rayos X y del equipo asociado al mismo como consolas de controles, mesas, soportes de tubo de rayos X, tanque de transformadores, cables blindados, cabezales o envoltentes para tubo de rayos X, etc., deben ser conectados a tierra como se especifica en el Artículo 250 modificado sólo como se menciona en 517-13 (a) y (b).

F. Sistemas de comunicaciones, de señalización, de información, de señalización de protección contra incendio y para tensiones eléctricas menores a 127 V

517-80. Areas para atención de pacientes. El mismo nivel de aislamiento de los conductores instalados en circuitos para sistemas de distribución eléctrica en áreas para atención de pacientes, se debe aplicar en los conductores de los sistemas de intercomunicación, señalización, datos o informática, alarmas contra incendio y sistemas menores de 127 V nominales.

NOTA: Un medio aceptable para proporcionar aislamiento del sistema de llamado paciente enfermera es mediante el uso de señales no eléctricas de comunicación inalámbrica, con dispositivos de control sostenidos por el paciente o que estén a su alcance.

517-81. Areas distintas a las de atención al paciente. En otras áreas distintas a las de atención al paciente, las instalaciones deben estar de acuerdo con las disposiciones apropiadas indicadas en los Artículos 640, 725, 760 y 800.

517-82. Transmisión de señales entre aparatos.

a) Generalidades. Para la instalación permanente del alambrado desde aparatos eléctricos en la vecindad del paciente a un aparato remoto, debe emplearse un sistema de transmisión de señales que prevenga la conexión peligrosa de puesta a tierra de los aparatos.

NOTA: Véase 517-13 (a) y (b), para puesta a tierra adicional requerida en área de atención y vecindad del paciente.

b) Puesta a tierra común para conductores de señales. Se permite usar un sistema común de puesta a tierra (por ejemplo, una carcasa o chasis para conectar una terminal del conductor de señales de transmisión), entre aparatos eléctricos localizados en la vecindad del paciente, siempre que los aparatos sean servidos y conectados al mismo punto de referencia a tierra.

G. Sistemas eléctricos aislados

517-160. Sistemas eléctricos aislados

a) Instalaciones

1) Circuitos eléctricos aislados. Cada circuito eléctrico aislado debe controlarse por un desconectador que tenga un polo para la desconexión en cada conductor de circuito aislado, para interrumpir simultáneamente toda la energía. El aislamiento puede lograrse por medio de uno o más transformadores que no tengan conexión eléctrica entre los devanados primario y secundario; por medio de conjuntos motor generador, o por medio de un sistema aislado de baterías.

2) Características del circuito. Los circuitos que alimenten los primarios de los transformadores de aislamiento deben operar a no más de 600 V entre conductores y deben tener una apropiada protección para sobrecorriente. La tensión eléctrica secundaria de tales transformadores no debe exceder de 600 V entre conductores de cada circuito. Todos los circuitos alimentados desde tales secundarios no deben ser puestos a tierra, y deben tener un dispositivo de protección por sobrecorriente aprobado de valor nominal adecuado para cada conductor. Los circuitos alimentados directamente desde las baterías o del conjunto motor generador no deben ser puestos a tierra, y deben protegerse por sobrecorriente de la misma manera que los circuitos secundarios alimentados del transformador. Si existe una pantalla electrostática, debe conectarse al mismo punto de puesta a tierra de referencia.

3) Ubicación del equipo. Los transformadores de aislamiento, los conjuntos motor generador, las baterías y cargadores de baterías y los dispositivos por sobrecorriente asociados al primario o secundario, no deben instalarse en áreas peligrosas (clasificadas). El alambrado del circuito secundario aislado que se extiende a áreas peligrosas (clasificadas) de anestesia, debe instalarse de acuerdo con lo indicado en la Sección 501-4.

4) Transformadores de aislamiento. Un transformador de aislamiento no debe alimentar más de una sala de operación, excepto lo especificado en (a) y (b) siguientes.

Para los propósitos de esta Sección, se considera que las salas de inducción de anestesia son parte de la sala de operación o salas alimentadas por las salas de inducción.

(a) Salas de inducción: Si una sala de inducción alimenta más de una sala de operación, se permite que los circuitos aislados de la sala de inducción se alimenten desde el transformador de aislamiento de cualquiera de las salas de operación alimentadas por esa sala de inducción.

(b) Alta tensión: Se permite que los transformadores de aislamiento alimenten receptáculos sencillos en varias áreas de pacientes cuando:

(1) Los receptáculos estén reservados para alimentar equipos que necesiten 150 V o más, por ejemplo unidades de rayos x portátiles, y

(2) Los receptáculos y clavijas no sean intercambiables con los receptáculos del sistema local eléctrico aislado.

5) Identificación de conductores. Los conductores de un circuito aislado físicamente deben identificarse como sigue:

Conductor aislado físicamente 1 - naranja.

Conductor aislado físicamente 2 - café.

Para sistemas eléctricos aislados trifásicos, el tercer conductor debe identificarse con el color amarillo. Donde los conductores del circuito aislado físicamente alimenten receptáculos monofásicos de 127 V, 15 A y 20 A, el conductor o conductores naranja se deben conectar a la terminal o terminales en el receptáculo que están identificados de acuerdo con la Sección 200-10(b) para conexión al conductor del circuito puesto a tierra.

6) Compuestos para el alambrado de los circuitos. No deben usarse compuestos para el alambrado de los circuitos que incrementen la constante dieléctrica, en los conductores secundarios del suministro de los circuitos del sistema eléctrico aislado.

NOTA 1: Es recomendable limitar el tamaño del transformador de aislamiento a 10 kVA o menos y usar aislamiento de conductores con baja corriente de fuga que satisfagan los requisitos de impedancia.

NOTA 2: Si se reduce al mínimo la longitud de los conductores del circuito derivado y se utilizan aislamientos de conductores con una constante dieléctrica menor que 3,5 y una resistencia de aislamiento correspondiente a una constante mayor que $6 \times 10^6 \text{ M}\Omega\text{-m}$ a 16°C , se reduce la corriente de fuga de la línea a tierra, reduciéndose la corriente peligrosa.

b) Monitor de aislamiento de línea

1) Características. Además de los dispositivos de control y de protección por sobrecorriente usuales, cada sistema eléctrico aislado debe estar provisto con un monitor de aislamiento de línea que opere continuamente para indicar la corriente peligrosa total. El monitor debe estar diseñado de tal manera que, mientras el sistema esté aislado de tierra en forma adecuada, permanezca encendida una lámpara señalizadora de color verde, que pueda verse fácilmente por las personas en cada área alimentada por el sistema eléctrico aislado. Cuando la corriente peligrosa total (que consiste en posibles corrientes de fuga resistivas y capacitivas) entre cualquier conductor aislado físicamente y tierra alcance un valor cercano a 5 mA, bajo condiciones de tensión eléctrica nominal, debe encenderse una lámpara señalizadora de color rojo y una alarma audible (remota si se desea). El monitor de línea no debe activarse la alarma para valores menores a 3,7 mA o para una corriente peligrosa total de menos de 5 mA.

Excepción: Se permite el diseño de un sistema que opere a un valor menor que el límite de la corriente peligrosa total. En un monitor de aislamiento de línea para tal sistema se permite reducir el valor, pero no debe ser menor que 35% del correspondiente límite de la corriente peligrosa total, y la corriente peligrosa total del monitor consecuentemente debe reducirse a no más de 50% del valor de alarma de la corriente peligrosa total.

2) Impedancia. El monitor de aislamiento de línea debe ser diseñado de modo que tenga impedancia interna suficiente para que, cuando se conecte apropiadamente al sistema aislado, la corriente máxima interna que pueda circular a través del monitor de aislamiento de línea, debe ser de 1 mA, cuando haya algún punto del sistema aislado puesto a tierra.

Excepción: Se permite que el monitor de aislamiento de línea sea del tipo de baja impedancia, de tal manera que la corriente eléctrica a través de él, cuando cualquier punto del sistema aislado sea puesto a tierra, no exceda el doble del valor de alarma para un periodo no mayor que 5 ms.

NOTA: La reducción de corriente peligrosa del monitor, siempre y cuando esta reducción resulte en un incremento de valores de "no alarma" para la corriente peligrosa de falla, aumenta la capacidad del circuito.

3) Ampérmetro. En un lugar plenamente visible del monitor de aislamiento de línea, se debe conectar un ampérmetro calibrado a la corriente peligrosa total del sistema (Corriente peligrosa de falla más la corriente peligrosa del monitor), con la zona de "alarma situada" aproximadamente al centro de la escala.

Excepción: Se permite que el monitor de aislamiento físico de línea opere como una unidad compuesta, con una sección sensora cableada a un panel con pantalla separada, en la que estén ubicadas las funciones de alarma o prueba

NOTA: Se recomienda instalar el ampérmetro de modo que sea plenamente visible para todas las personas que haya en el lugar de aplicación de anestesia.

ARTICULO 518-LUGARES DE REUNION

518-1. Alcance. Este Artículo cubre requisitos para todos los inmuebles o parte de ellos o estructuras diseñadas o previstas para reuniones de 100 o más personas.

518-2. Clasificación general.

a) Ejemplos. Los lugares de reunión incluyen, pero no están limitados a:

- Auditorios
- Auditorios en:
 - Establecimientos de negocios
 - Establecimientos comerciales
 - Instituciones educativas
 - Otras instalaciones
- Bares, cantinas y discotecas
- Boliches y billares
- Capillas funerarias
- Comedores
- Cuarteles
- Gimnasios
- Iglesias y templos
- Mercados
- Museos
- Pistas de patinaje
- Restaurantes
- Salas de conferencias
- Salas de espera de pasajeros
- Salas de exhibición
- Salas de juzgados
- Salones de baile
- Salones de clubes
- Salones de reunión
- Salones de usos múltiples
- Salas de albercas
- Teatros y cines

b) Inmuebles múltiples. La ocupación de cualquier salón o espacio para propósitos de reunión de menos de 100 personas en un edificio o en otro local que está destinado para otro uso, debe clasificarse como parte del otro local, es decir, para los fines a que está destinado y estará sujeto a las disposiciones que le sean aplicables.

c) Areas de teatro. Cuando una plataforma o saliente de una estructura de un edificio o parte del mismo se destina para escenario, o para representaciones teatrales o musicales, ya sea fija o portátil, el alambrado de esta área y todo el equipo utilizado en ésta, así como el equipo portátil y la instalación para uso en producciones musicales que no esté conectado en forma permanente, debe cumplir con lo establecido en el Artículo 520.

518-3 Otros Artículos

a) Areas peligrosas (clasificadas). El alambrado y el equipo eléctrico en las áreas peligrosas (clasificadas) localizadas en lugares de reunión, deben cumplir con lo establecido en el Artículo 500.

b) Alambrado provisional. En salas de exhibición, de conferencias y de exposiciones, el alambrado temporal se debe instalar de acuerdo con lo indicado en el Artículo 305. Se permite tender sobre el suelo los cables y cordones flexibles aprobados para uso rudo y extra rudo, si están protegidos del contacto con el público en general. No deben aplicarse los requisitos de la Sección 305-6 sobre interruptores de circuito por falla a tierra.

Excepción: Cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que solamente personas calificadas prestan servicio técnico a la instalación, se permite utilizar cordones o cables flexibles identificados en la Tabla 400-4 para uso rudo o extra rudo, en soportes tipo charola, solamente para alambrado provisional. Todos los cordones o cables deben instalarse en una sola capa. A cada soporte tipo charola se le debe colocar un letrero permanente a intervalos no superiores a 6 m, el letrero debe llevar lo siguiente:

SOPORTE TIPO CHAROLA PARA CABLES PARA ALAMBRADO PROVISIONAL UNICAMENTE

c) Sistema de emergencia. El control de los sistemas de emergencia debe cumplir con lo establecido en el Artículo 700.

518-4. Métodos de alambrado.

(a) Generalidades. Los métodos fijos de alambrado deben ser en canalizaciones metálicas o en canalizaciones no metálicas embebidas en concreto con un espesor no menor que 5 cm, empleando conductores con aislamiento resistente a la propagación de incendios, de baja emisión de gas ácido halogenado y de baja emisión de humos, o con cables tipos MC o MI que contengan un conductor aislado de puesta a tierra, dimensionado de acuerdo con la Tabla 250-95.

Excepción: Los métodos de alambrado fijo deben ser como se dispone en:

- a. Equipo para procesamiento, amplificación y reproducción de señales de audio, Artículo 640.
- b. Circuitos de comunicaciones, Artículo 800.
- c. Circuitos de señalización y control remoto de Clase 2 y Clase 3, Artículo 725.
- d. Circuitos de alarma contra incendio, Artículo 760.

(b) Construcción no diseñada a prueba de fuego. Se permite instalar cables con pantalla no metálica, tubería no metálica y tubo (conduit) rígido no metálico en los edificios o parte de ellos que, de acuerdo con la norma de construcción aplicable, no requieren ser a prueba de propagación de incendio.

NOTA: La construcción a prueba de propagación de incendio es la clasificación de resistencia al fuego que se utiliza en las normas de construcción.

(c) Espacios con acabados clasificados. Se permite instalar tubería no metálica y tubo (conduit) rígido no metálico en restaurantes, salas de conferencia y reuniones de hoteles o moteles, comedores colectivos y lugares de culto religioso, en donde:

(1) La tubería no metálica o el tubo (conduit) rígido no metálico se instalen ocultos dentro de las paredes, pisos y techos, siempre y cuando éstos ofrezcan una barrera térmica de un material con clasificación de resistencia al fuego del acabado de 15 min como mínimo, según se establece en las listas de ensambles clasificados como resistentes al fuego.

(2) La tubería eléctrica no metálica o tubo (conduit) rígido no metálico se instalen sobre plafones suspendidos, cuando éstos ofrezcan una barrera térmica de material con una clasificación de resistencia al fuego del acabado mínima de 15 min, según se establece en las listas de ensambles clasificados como resistentes al fuego.

La tubería eléctrica no metálica y el tubo (conduit) rígido no metálico no se reconocen para su utilización en otros espacios utilizados para el manejo de aire ambiental, de acuerdo con la Sección 300-22(c).

NOTA: Se establece una clasificación del acabado para ensambles que tengan soportes combustibles (madera). La clasificación del acabado se define como el tiempo en el cual la viga o caballete de madera alcanza una elevación de temperatura promedio de 121°C o una elevación de temperatura individual de 163°C, medida sobre el plano de la madera más cercano del fuego. No se pretende que una clasificación del acabado represente una clasificación para un plafón de membrana.

518-5. Salidas de alimentación. Los tableros de distribución portátiles y el equipo portátil de distribución deben alimentarse solamente desde una salida de alimentación de potencia con suficiente valor nominal de corriente y tensión eléctricas. Dicha salida de alimentación debe protegerse con dispositivos contra sobrecorriente. Los dispositivos de sobrecorriente y las salidas de potencia no deben estar accesibles al público en general. Se deben tener medios para la conexión de un conductor de puesta a tierra de equipos. El neutro de los alimentadores para un suministro con atenuadores de luz de estado sólido de tres fases cuatro hilos, debe considerarse como un conductor portador de corriente eléctrica.

**ARTICULO 520-TEATROS, AREAS DE AUDIENCIA EN CINES
Y ESTUDIOS DE TELEVISION Y LUGARES SIMILARES****A. Disposiciones generales**

520-1. Alcance. Este Artículo aplica a todos los edificios o parte de ellos, diseñados o utilizados para representaciones teatrales, musicales, proyecciones cinematográficas, o usos similares y áreas específicas para audiencias dentro de estudios de cine y televisión.

520-2 Definiciones

Agrupados. Cables o conductores ubicados uno al lado de otro, pero no en contacto continuo entre ellos.

Atado. Cables o conductores que están físicamente enlazados, enrollados, encintados o de otra manera atados juntos periódicamente.

Batería de lámparas. Un conjunto de lámparas con arreglo en línea.

Batería de lámparas suspendida. Es una batería de lámparas instalada permanentemente arriba del escenario.

Batería de receptáculos. Un ducto metálico que contiene receptáculos empotrados o colgantes.

Caja colgante de receptáculos. Una caja que contiene receptáculos colgantes o empotrados sujetos a un cable multiconductor o a un conector múltiple.

Candileja. Es una batería de lámparas montadas al nivel de piso a lo largo del frente del escenario.

Derivador doble. Un cable adaptador que contiene una clavija y dos receptáculos usado para conectar dos cargas a un circuito derivado.

Equipo portátil. Equipo alimentado con cordones o cables portátiles destinado a ser movido de un lugar a otro.

Lámpara de pedestal (luz de trabajo). Un pedestal portátil que contiene un luminario de propósito general o una lámpara de mano con guarda con el propósito de proveer iluminación general en el escenario o en el auditorio.

Proscenio. La pared y el arco que separan el escenario del auditorio.

Unidad de distribución de potencia portátil. Una caja de distribución de potencia que contiene receptáculos y dispositivos de protección contra sobrecorriente.

520-3. Proyectores de cine. El equipo proyector de cine, su instalación y uso deben cumplir con lo establecido en el Artículo 540.

520-4. Equipo de procesamiento, amplificación y reproducción de señales de audio. Los equipos de procesamiento, amplificación y reproducción de señales de audio y su instalación deben cumplir con lo establecido en el Artículo 640.

520-5. Métodos de alambrado.

(a) Generalidades. Los métodos fijos de alambrado deben ser en canalizaciones metálicas o en canalizaciones no metálicas embebidas en concreto con un espesor no menor que 50 mm, empleando conductores con aislamiento resistente a la propagación de incendios, de baja emisión de gas ácido halogenado y de baja emisión de humos, o con cables tipos MC o MI.

NOTA: Los conductores clasificados como LS cumplen con las características de resistencia a la propagación de incendio; de baja emisión de gas ácido halogenado y de baja emisión de humos.

Excepción: Los métodos fijos de alambrado deben ser como se dispone en el Artículo 640 para equipos de procesamiento, amplificación y reproducción de señales de audio; en el Artículo 800 para circuitos de comunicaciones; en el Artículo 725 para circuitos de señalización y control remoto de Clase 2 y Clase 3 y en el Artículo 760 para circuitos de alarma contra incendios.

b) Equipos portátiles. Se permite que el alambrado para tableros de control y distribución, conjuntos de luces del escenario, efectos escénicos, portátiles y otros alambrados que no estén fijos a la locación, se conecten mediante cables y cordones flexibles según se establece en diferentes partes del Artículo 520. No se permite sujetar esos cables o cordones mediante grapas o clavos sin aislamiento.

c) Construcciones no clasificadas como resistentes al fuego. Se permite instalar cables sin pantalla metálica, cables tipo AC, tubo (conduit) no metálico y tubo (conduit) rígido no metálico en los inmuebles o parte de ellos que, según la norma de construcción aplicable, no requieren ser de construcción resistente al fuego.

520-6. Número de conductores en canalizaciones. El número de conductores permitidos en cualquier tubo (conduit) metálico o no metálico como se permite en este Artículo para circuitos en los bordes o cavidades del escenario, o para conductores de control remoto, no deben exceder el número de conductores de la Tabla 1 del Capítulo 10. Cuando los conductores se encuentren en ductos con tapa, o en canal auxiliar, la suma de las áreas de las secciones transversales de ellos incluyendo su aislamiento no debe exceder del 20% del área de la sección transversal del ducto o del canal auxiliar. No es aplicable la limitación de treinta conductores indicada en 362-5 y 374-5.

520-7 Encierro y protección de partes vivas. Las partes vivas deben encerrarse o protegerse para evitar el contacto accidental por personas u objetos. Todos los desconectores deben ser del tipo externamente operable. Los atenuadores, incluyendo reóstatos, deben ser colocados en envoltorios que encierren todas las partes vivas.

520-8. Sistemas de emergencia. El control de los sistemas de emergencia debe cumplir con lo indicado en el Artículo 700.

520-9. Circuitos derivados. Un circuito derivado de cualquier tamaño que alimente a uno o más receptáculos, puede alimentar al alumbrado del escenario. El valor nominal de tensión eléctrica de los receptáculos no debe ser menor que la tensión eléctrica del circuito. El valor nominal de corriente eléctrica de los receptáculos y la capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito derivado, no debe ser menor que el valor nominal de corriente eléctrica de la protección contra sobrecorriente del circuito derivado. No aplica la Tabla 210-21(b) (2).

520-10. Equipo portátil. Se permite el uso de equipo portátil para escenarios y para alumbrado de estudios y equipo de distribución de energía para uso temporal en exteriores si el equipo es supervisado por personal calificado mientras esté energizado y esté protegido con barreras para el público en general.

B. Tableros de control y distribución fijos en escenarios

520-21. Frente muerto. Los tableros de distribución para escenarios deben ser del tipo de frente muerto y deben cumplir con la Parte D del Artículo 384, a menos que estén aprobados como tableros de control y distribución para escenarios.

520-22. Protección de la parte posterior de los tableros de control y distribución. Los tableros de control y distribución para escenarios que tengan partes vivas expuestas en la parte posterior, deben encerrarse por las paredes del edificio, mallas de alambre, o por cualquier otro dispositivo aprobado. El acceso a este recinto debe ser por medio de una puerta de cierre automático.

520-23. Control y protección contra sobrecorriente de circuitos de receptáculos. Se deben proveer los medios de protección contra sobrecorriente en el tablero de control y distribución de iluminación del escenario, al cual se conectan los circuitos de carga de los circuitos derivados de alumbrado del escenario, incluyendo los circuitos derivados que alimenten a los receptáculos del escenario y del auditorio, utilizado para el equipo del escenario con cordón y clavija. Se permite que cuando el tablero de control y distribución contenga atenuadores para el control de la iluminación que no sea parte del escenario, los dispositivos de protección contra sobrecorriente se ubiquen en el tablero de distribución del escenario.

520-24. Cubierta metálica. Un tablero de control y distribución de escenario que no esté completamente encerrado, de frente o fondo muerto o que no esté empotrado en una pared, debe estar provisto con una cubierta metálica que cubra toda su longitud para proteger a todo el equipo instalado de objetos que puedan caer.

520-25. Atenuadores. Los atenuadores deben cumplir lo indicado en (a) hasta (d) siguientes:

a) Desconexión y protección contra sobrecorriente. Cuando los atenuadores se instalen en conductores de fase, cada atenuador debe tener una protección contra sobrecorriente no mayor que 125% del valor nominal del atenuador, y deben desconectarse todos los conductores de fase cuando el desconector principal o individual o interruptor automático que lo alimenta, se encuentre en posición de abierto.

b) Atenuadores de resistencia o reactivo. Los atenuadores tipo de resistencia o reactivo en serie pueden instalarse en un conductor del circuito puesto o no a tierra. Cuando se diseñen para abrir cualquier circuito alimentador del atenuador o del circuito controlado por ellos, el atenuador debe entonces cumplir con lo indicado en 380-1. Los atenuadores tipo de resistencia o reactivo en serie instalados en el conductor neutro puesto a tierra del circuito, no deben abrir el circuito.

c) Atenuadores tipo autotransformador. El circuito que alimente a un atenuador del tipo autotransformador no debe exceder de 150 V entre conductores. El conductor puesto a tierra debe ser común a los circuitos de entrada y salida.

NOTA: Véase la Sección 210-9 relacionada con los circuitos derivados de autotransformadores.

d) Atenuadores de estado sólido. El circuito que alimente a un atenuador de estado sólido no debe exceder de 150 V entre conductores, a menos que el atenuador esté específicamente aprobado para operar a una tensión eléctrica mayor. Cuando un conductor puesto a tierra alimente a un atenuador, éste debe ser común a los circuitos de entrada y salida. El chasis del atenuador debe estar conectado al conductor de puesta a tierra del equipo.

520-26. Tipo de tablero de control y distribución. Los tableros de control y distribución de escenario deben ser cualquiera o una combinación de los siguientes tipos:

a) Manual. Los atenuadores y des son operados mediante palancas acopladas a los dispositivos de control.

b) Control remoto. Los dispositivos se operan eléctricamente desde un tablero o consola de control del tipo piloto. Las consolas de control piloto deben ser parte del panel de control y distribución o estar ubicados en cualquier otro lugar.

c) Intermedio. Un tablero de control y distribución de escenario con circuitos interconectados, es un tablero de control y distribución secundario (tablero provisional) o un panel remoto al tablero de distribución primario de escenario. Este debe contener una protección contra sobrecorriente. Cuando la protección contra sobrecorriente del circuito derivado requerida, se provee en la consola de atenuadores, se permite omitir esta protección del tablero de distribución intermedio.

520-27. Alimentadores de tableros de distribución de escenarios

a) Tipo de alimentador. Los alimentadores de tableros de escenarios deben ser uno de los siguientes:

1) Alimentador individual. Un alimentador individual desconectado por un dispositivo de desconexión individual.

2) Alimentadores múltiples de tableros de control y distribución de escenario intermedios (tablero provisional). Se permiten alimentadores múltiples en cantidad ilimitada, siempre que todos ellos sean parte de un solo sistema. Cuando se combinen, los conductores neutros en una canalización dada deben tener la suficiente capacidad de conducción de corriente para llevar la máxima corriente eléctrica de desbalanceo de los conductores alimentadores múltiples en la misma canalización, pero no necesariamente mayor que la capacidad de conducción de corriente del neutro alimentador del tablero de control y distribución primario del escenario. Los conductores neutros en paralelo deben cumplir con lo indicado en 310-4.

3) Alimentadores separados para tableros de control y distribución de escenario primarios individuales (banco de atenuadores). Las instalaciones con alimentadores separados a tableros de control y distribución de escenario primarios individuales deben tener un medio de desconexión para cada alimentador. El tablero de control y distribución primario del escenario debe tener una marca o etiqueta permanente y visible estableciendo el número y localización de los medios de desconexión. Si los medios de desconexión están ubicados en más de un tablero de control y distribución, el tablero de control y distribución primario del escenario debe proveerse con barreras que correspondan a estas distintas ubicaciones.

b) Neutro. El neutro de los alimentadores de sistemas atenuadores de tres fases, cuatro hilos, de estado sólido, debe considerarse como un conductor portador de corriente eléctrica.

c) Capacidad de alimentación. Con el propósito de calcular la capacidad de alimentación a tableros de control y distribución, se permite considerar la carga máxima que controla el tablero de control y distribución en una instalación dada, siempre que:

1) Todos los alimentadores al tablero de control y distribución estén protegidos con un dispositivo contra sobrecorriente con un valor nominal no mayor que la capacidad de conducción de corriente del alimentador.

2) La apertura del dispositivo contra sobrecorriente no afecte la operación apropiada de las salidas o de los sistemas de iluminación de emergencia.

NOTA: Para calcular las cargas de los alimentadores para los tableros de control y distribución del escenario, véase 220-10.

C. Equipo fijo para escenarios, diferente de los tableros de control y distribución**520-41. Cargas de los circuitos.**

a) Circuitos de capacidad de 20 A o menos. Los circuitos derivados que alimenten candilejas, batería de lámparas suspendida y luces laterales del proscenio, deben tener un arreglo tal que ningún circuito derivado que alimente tal equipo exceda a una carga de 20 A.

b) Circuitos de más de 20 A. Cuando se utilicen únicamente portalámparas de servicio pesado, se permite que dichos circuitos cumplan lo establecido en el Artículo 210 para los circuitos que alimentan portalámparas de servicio pesado.

520-42. Aislamiento de conductores. Las candilejas, batería de lámparas suspendidas, baterías de lámparas y baterías de receptáculos, deben alambrarse con conductores que tengan un aislamiento adecuado a la temperatura a la cual los conductores van a ser operados, pero no menor que 125°C. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de 125°C debe ser la correspondiente de los conductores de 60°C. Todas las bajadas de las baterías de receptáculos debe ser de conductor de 90°C dimensionado a la capacidad de conducción de corriente de cordones de 60°C y cables no mayores a 15 cm de la extensión del conductor dentro de la batería de receptáculos. No aplica la sección 310-15 (g) para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V.

NOTA: Véase Tabla 310-13 para tipos de conductores.

520-43. Candilejas

a) Construcción en canaletas metálicas. Cuando las candilejas se instalen en canaletas metálicas, éstas deben ser de lámina de espesor no menor que 0,81 mm, tratada para evitar la oxidación. Las terminales de las portalámparas deben estar a no menos de 13 mm de la canaleta. Los conductores del circuito deben soldarse a las terminales de los portalámparas.

b) Otras construcciones diferentes a las canaletas metálicas. Cuando no se utilice canaleta metálica especificada en la Sección 520-43 (a), las candilejas deben consistir en salidas individuales, con portalámparas alambreadas con tubo (conduit) metálico tipo pesado, o tipo ligero, o tubo (conduit) metálico flexible, o cable Tipo MC o MI. Los conductores del circuito deben soldarse a las terminales de los portalámparas.

c) Candilejas que se ocultan. Las candilejas que se ocultan deben estar dispuestas de tal manera que el suministro de corriente eléctrica se desconecte automáticamente, cuando las luces se oculten en el nicho designado para tal efecto.

520-44. Batería de lámparas suspendidas y luces laterales del proscenio

a) Disposiciones generales. La batería de lámparas suspendidas y laterales del proscenio deben:

(1) Estar construidas como se especifica en la Sección 520-43.

(2) Estar soportadas y colocadas adecuadamente, y

(3) Estar diseñadas de manera que las pestañas de los reflectores y otras guardas adecuadas, protejan a las lámparas de daño mecánico y de contacto accidental con el escenario u otros materiales combustibles.

b) Cordones y Cables para batería de lámparas suspendidas.

1) Los cordones y cables para alimentar la batería de lámparas suspendidas deben ser aprobados para uso extra rudo. Los cordones y cables deben soportarse adecuadamente. Tales cables deben emplearse únicamente cuando sean necesarios conductores flexibles. La capacidad de conducción de corriente de los conductores debe ser la que se indica en 400-5.

2) Cordones y cables que no están en contacto con equipo productor de calor. Los cordones y cables multiconductores para uso extra rudo aprobados, que no están en contacto directo con equipos que contienen elementos productores de calor, pueden tener la capacidad de conducción de corriente determinada por la Tabla 520-44. La máxima corriente eléctrica de carga en cualquier conductor no debe exceder los valores de la Tabla 520-44.

TABLA 520-44.- Capacidad de conducción de corriente permitida para cordones de uso extra rudo aprobados con una capacidad térmica de 75°C y 90°C

[Basado en una temperatura ambiente de 30°C]

Tamaño o designación nominal de los cordones		Capacidad de conducción de corriente del cordón en función de su capacidad térmica*		Máxima capacidad del dispositivo de protección contra sobrecorriente
mm ²	AWG	75°C A	90°C A	
2,08	14	24	28	15
3,31	12	32	35	20
5,26	10	41	47	25
8,37	8	57	65	35
13,3	6	77	87	45
21,2	4	101	114	60
33,6	2	133	152	80

*La capacidad de conducción de corriente indicada es la capacidad permitida para cordones multiconductores donde únicamente tres conductores de cobre son portadores de corriente eléctrica. Si la cantidad de conductores portadores de corriente eléctrica en un cordón excede de tres, y el factor de diversidad de carga es de un mínimo de 50%, la capacidad de conducción de corriente de cada conductor debe reducirse como se muestra en la siguiente tabla:

Cantidad de conductores	Capacidad de conducción de corriente (%)
4 a 6	80
7 a 24	70
25 a 42	60
43 en adelante	50

Nota: Temperatura máxima del aislamiento. En ningún caso los conductores deben asociarse entre sí con respecto a la clase de circuito, al método de alambrado utilizado, o al número de conductores, de tal forma que el límite de temperatura de los conductores sea excedido.

Un conductor de neutro que porta solamente la corriente de desbalanceo de otros conductores del mismo circuito, no necesita considerarse como un conductor portador de corriente.

En un circuito de tres fases que conste de dos conductores de fase y el neutro de un sistema trifásico de cuatro hilos conectado en estrella, un conductor común porta aproximadamente la misma corriente que otros conductores con corrientes de línea a neutro, y debe considerarse como un conductor portador de corriente.

En un circuito trifásico de cuatro hilos conectado en estrella, en donde la mayor parte de la carga son cargas no lineales, tales como alumbrado por descarga eléctrica, equipo de cómputo, o equipo similar, hay corrientes armónicas presentes en el conductor neutro, y el neutro debe considerarse como un conductor portador de corriente.

520-45. Receptáculos. Los receptáculos para equipo eléctrico o para luminarios en el escenario deben llevar marcado su valor en Amperes. Los conductores que alimentan estos receptáculos deben cumplir con los Artículos 310 y 400.

520-46. Batería de conectores, cajas colgantes, receptáculos empotrados en el suelo y otros receptáculos. Los receptáculos para la conexión de equipo portátil de alumbrado de escenario deben ser colgantes o montados bajo un rebaje de protección adecuada o envolventes y cumplir con lo indicado en 520-45. Los cables de alimentación para receptáculos y las cajas colgantes de receptáculos deben ser como se especifica en 520-44 (b).

520-47. Lámparas entre bastidores (bulbos desnudos). Las lámparas (bulbos desnudos) instaladas entre bastidores y áreas auxiliares de los escenarios cuando pueden estar en contacto con la escenografía, deben ubicarse y protegerse de daño físico y proveerse con un espacio de aire no menor que 50 mm entre las lámparas y cualquier material combustible.

Excepción: Lámparas decorativas instaladas en la escenografía no deben considerarse como lámparas entre bastidores.

520-48. Maquinaria del telón. La maquinaria del telón debe estar aprobada.

520-49. Control de ventiladores de humo. Cuando los ventiladores de humo del escenario estén abiertos o liberados mediante un dispositivo eléctrico, el circuito que opera dicho dispositivo debe ser tipo normalmente cerrado y controlarse por lo menos por dos des accionados externamente; uno colocado en un lugar accesible fácilmente en el escenario y el otro ubicado donde lo designe la persona calificada. El dispositivo debe diseñarse a plena tensión eléctrica del circuito al cual se conecta, sin insertar ninguna resistencia. El dispositivo debe ubicarse en la galería arriba del escenario y encerrarse en una caja metálica adecuada que sea hermética y con puerta de cierre automático.

D. Tableros de control y distribución portátiles en el escenario

520-50. Tablero de conexión para espectáculo ambulante (un tipo de tablero provisional). Un tablero diseñado para el espectáculo ambulante que permita la conexión de tableros portátiles del escenario a salidas de iluminación fijas mediante circuitos suplementarios permanentemente instalados. El tablero, los circuitos suplementarios y las salidas deben cumplir con los incisos (a) hasta (d), siguientes:

a) Circuitos de carga. Los circuitos deben terminar en entradas con polaridad de tipo puesto a tierra, de valor nominal de corriente y tensión eléctricas que sean igual que las del receptáculo de carga fija.

b) Transferencia de circuitos. En los circuitos que se transfieren entre tableros fijos y portátiles, deben ser transferidos todos los conductores del circuito simultáneamente.

c) Protección contra sobrecorriente. Los dispositivos que alimenten a estos circuitos suplementarios deben protegerse con dispositivos de protección contra sobrecorriente de circuito derivado. El circuito suplementario individual dentro del teatro y del tablero de conexión de un espectáculo ambulante, debe protegerse con dispositivos contra sobrecorriente de circuito derivado de capacidad de conducción de corriente adecuada.

d) Envoltente. La construcción del tablero debe ajustarse a lo establecido en el Artículo 384.

520-51. Salidas de alimentación. Los tableros de control y distribución portátiles deben alimentarse únicamente de salidas de alimentación de potencia con suficiente valor nominal de tensión y de corriente eléctricas. Tales salidas de alimentación deben incluir desconectores de fusibles o interruptores automáticos en envoltentes de accionamiento externo montados en el escenario, o en el tablero de control y distribución permanente en lugares de fácil acceso desde el piso del escenario. Deben proveerse medios para la conexión de un conductor de puesta a tierra del equipo. El neutro de alimentadores del sistema de atenuación de estado sólido de tres fases cuatro hilos, debe considerarse un conductor portador de corriente eléctrica.

520-52. Protección contra sobrecorriente. Los circuitos de los tableros de control y distribución portátiles que alimenten directamente equipo que contenga lámparas incandescentes no mayores a 300 W, deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente de una capacidad nominal o ajuste no mayor que 20 A. Se permiten circuitos para portalámparas de más de 300 W, cuando la protección contra sobrecorriente cumpla con lo establecido en el Artículo 210.

520-53. Construcción y alimentadores. Los tableros de control y distribución portátiles y alimentadores para uso en escenarios deben cumplir con lo establecido en (a) hasta (p) siguientes:

a) Envoltente. Los tableros de control y distribución portátiles deben colocarse dentro de una envoltente de construcción adecuada, el cual debe tener un arreglo tal que la envoltente esté abierta durante la operación. Las envoltentes de madera deben estar completamente forradas con una lámina metálica de espesor no menor que 0,51 mm, tropicalizada, galvanizada, esmaltada o adecuadamente recubierta para evitar la corrosión, o ser de un material resistente a la corrosión.

b) Partes energizadas. No debe haber partes energizadas expuestas dentro de la envoltente.

c) Desconectores e interruptores automáticos. Todos los desconectores e interruptores automáticos, deben ser del tipo con envoltente y de operación externa.

d) Protección de circuitos. Se deben proveer dispositivos contra sobrecorriente en cada conductor de fase de cada circuito alimentado a través del tablero de control y distribución. Se deben proveer envoltentes para todos los dispositivos contra sobrecorriente además de la envoltente del tablero de control y distribución.

e) Atenuadores de iluminación. Las terminales de los atenuadores deben tener envolventes, y las placas de los atenuadores deben estar dispuestas de tal manera que no se pueda fácilmente tener contacto accidental con los contactos de la placa.

f) Conductores interiores.

(1) Tipo. Todos los conductores que no sean barras colectoras, dentro de las envolventes del tablero de control y distribución deben ser cableados. Los conductores deben estar aprobados para una temperatura de operación al menos igual que la temperatura de operación de los dispositivos atenuadores utilizados en el tablero de control y distribución, y en ningún caso menor que los siguientes:

(a) atenuadores tipo de resistencia, 200°C, o

(b) atenuadores tipo reactivo, autotransformador y estado sólido, 125°C.

Todo el alambrado de control debe cumplir con lo establecido en el Artículo 725.

(2) Protección. Cada conductor debe tener una capacidad de conducción de corriente no inferior al valor nominal de la capacidad de conducción de corriente del desconectador, interruptor automático o fusible al que alimenta. La interrupción del circuito y la barra conductora deben cumplir con lo indicado en 110-9 y 110-10. La corriente de interrupción de cortocircuito se debe marcar sobre el tablero de distribución.

Los conductores deben ir en canalizaciones metálicas o estar asegurados firmemente en su posición y cuando pasen a través de paredes metálicas debe ser mediante boquillas (monitores).

g) Lámparas piloto. Se debe proveer una lámpara piloto dentro de la envolvente y debe conectarse al circuito que alimenta al tablero, de manera que la apertura del desconectador principal no corte el suministro a la lámpara. Esta lámpara debe estar en un circuito derivado individual con una protección contra sobrecorriente ajustada a no más de 15 A.

h) Conductores de alimentación.

(1) Generalidades. La alimentación a un tablero de control y distribución portátil debe ser mediante cordones o cables aprobados para uso extra rudo. Los cordones o cables de alimentación deben terminar dentro de la envolvente del tablero de control y distribución, en un desconectador principal con fusibles o en un interruptor automático operado externamente o en un ensamble de conectores identificados para ese propósito. Los cables o cordones de alimentación (y el ensamble de conectores) deben tener la suficiente capacidad de conducción de corriente para llevar la carga total conectada al tablero de control y distribución y deben protegerse mediante dispositivos contra sobrecorriente.

(2) Cables monoconductores. Los conjuntos de cables de alimentación monopolares portátiles deben ser de un tamaño nominal no menor que 33,6 mm² (2 AWG). El conductor de puesta a tierra del equipo debe ser de tamaño nominal no menor que 13,3 mm² (6 AWG). Los cables monoconductores puestos a tierra (neutro) para alimentación deben dimensionarse de acuerdo con la Sección 520-53 (o) (2). Cuando los cables monoconductores son paralelos para incrementar su capacidad de conducción de corriente, los conductores paralelos deben tener la misma longitud y tamaño. Los cables monoconductores de alimentación deben ser de la misma longitud, tipo, tamaño y agrupados entre sí, pero no atados. Se permite que el conductor de puesta a tierra del equipo sea de tipo diferente, siempre y cuando cumpla los otros requisitos de esta Sección, y se permite reducir su tamaño nominal conforme a lo indicado en 250-95. Los conductores puestos a tierra (neutros) y de puesta a tierra de equipo, deben identificarse de acuerdo con lo indicado en las Secciones 200-6, 250-57 (b), y 310-12. Se permite que los conductores puestos a tierra se identifiquen al menos en los primeros 15 cm en ambos extremos de cada tramo con marcas de color blanco o gris claro. Se permite que los conductores de puesta a tierra del equipo se identifiquen al menos los primeros 15 cm en ambos extremos de cada tramo del conductor con marcas de color verde o verde con franjas amarillas. Cuando exista más de una tensión eléctrica nominal dentro del mismo predio, cada conductor de fase debe identificarse para cada sistema.

(3) Conductores de alimentación de longitud no mayor que 3 m. En los casos donde los conductores de alimentación no excedan de 3 m de longitud entre la alimentación y el tablero de control y distribución o entre la alimentación y un subsecuente dispositivo de protección contra sobrecorriente, se permite que el conductor de alimentación sea de tamaño menor si se cumplen todas las condiciones siguientes:

a) La capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación, debe ser al menos la cuarta parte de la capacidad de conducción de corriente del dispositivo de protección contra sobrecorriente de alimentación.

b) Los conductores de alimentación deben terminar en un solo dispositivo de protección contra sobrecorriente que limite la carga a la capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación. Se permite que este único dispositivo contra sobrecorriente alimente dispositivos adicionales contra sobrecorriente en su lado de carga.

c) Los conductores de alimentación no deben penetrar paredes, pisos o plafones, o pasar a través de puertas y áreas de tráfico. Los conductores de alimentación deben protegerse adecuadamente contra daño físico.

d) Los conductores de alimentación deben rematarse adecuadamente de manera aprobada.

e) Los conductores deben ser continuos sin empalmes o conectores.

f) Los conductores no deben atarse.

g) Los conductores deben soportarse sobre el piso de manera apropiada.

(4) Conductores de alimentación de longitud no mayor que 6 m. En los casos donde los conductores de alimentación no exceden 6 m de longitud entre la alimentación y el tablero de control y distribución o entre la alimentación y un subsecuente dispositivo de protección contra sobrecorriente, se permite que el conductor de alimentación sea de tamaño menor si se cumplen todas las condiciones siguientes:

a) La capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación debe ser al menos la mitad de la capacidad de conducción de corriente del dispositivo de protección contra sobrecorriente de alimentación.

b) Los conductores de alimentación deben terminar en un solo dispositivo de protección contra sobrecorriente que limite la carga a la capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación. Se permite que este único dispositivo contra sobrecorriente alimente a dispositivos contra sobrecorriente adicionales en su lado de carga.

c) Los conductores de alimentación no deben penetrar paredes, pisos o plafones, ni deben pasar a través de puertas o áreas de tráfico. Los conductores de alimentación deben protegerse adecuadamente contra daño físico.

d) Los conductores de alimentación deben rematarse adecuadamente de manera apropiada.

e) Los conductores de alimentación deben soportarse de manera apropiada al menos a 2 m sobre el piso, excepto en las terminales.

f) Los conductores de alimentación no deben atarse.

g) Los conductores de derivación deben ser tramos continuos.

(5) Conductores de alimentación con capacidad de conducción de corriente no reducida. Se permite que los conductores de alimentación de capacidad de conducción de corriente no reducida pasen a través de orificios en las paredes diseñados específicamente para ese propósito. Si la penetración se hace a través de una pared clasificada como resistente al fuego, debe ser de acuerdo con la Sección 300-21.

i) Arreglo de cables. Los cables deben protegerse por boquillas (monitores) cuando atraviesen envoltentes y deben disponerse de modo que la tensión mecánica sobre el cable no se transmita a las conexiones. Cuando los conductores de energía pasen a través de paredes metálicas, deben aplicarse los requisitos establecidos en 300-20.

j) Número de interconexiones en la alimentación. Cuando se utilicen conectores en un conductor de alimentación, debe haber un máximo de tres interconexiones (juegos de pares de conectores acoplados) cuando la longitud total de la alimentación al tablero de control y distribución no exceda de 30 m. En los casos donde la longitud total desde la alimentación al tablero de distribución exceda de 30 m, se permite una interconexión adicional por cada 30 m adicionales del conductor de alimentación.

k) Conectores monopolares separables. Cuando se utilicen conectores monopolares de cable portátiles, éstos deben ser aprobados y del tipo con seguro. Las Secciones 400-10 y 410-56 no deben aplicarse a conectores monopolares separables aprobados y a conjuntos de cables de un monoconductor que utilizan conectores monopolares separables aprobados. Cuando los grupos en paralelo de conectores separables monopolares, portadores de corriente eléctrica, se suministre como dispositivos de entrada, deben rotularse en forma claramente visible de precaución indicando la presencia de conexiones paralelas internas. El uso de conectores monopolares separables debe cumplir al menos con una de las siguientes condiciones:

1) La conexión y desconexión de los conectores sólo debe ser posible cuando los conectores de alimentación estén bloqueados con la fuente de alimentación, de manera que no sea posible conectar o desconectar los conectores cuando la alimentación esté energizada.

2) Los conectores en línea deben estar aprobados y ser del tipo de bloqueo secuencial de manera que los conectores de carga deban conectarse en la siguiente secuencia:

- a. Conexión del conductor de puesta a tierra del equipo.
- b. Conexión del conductor del circuito puesto a tierra, si existe.
- c. Conexión del conductor de fase.

La desconexión debe ser en orden inverso

3) Debe proveerse una nota de precaución adyacente a los conectores de línea, indicando que la conexión de la clavija debe ser en el siguiente orden:

- a. Conectores del conductor de puesta a tierra de equipo.
- b. Conectores del conductor puesto a tierra, si existe.
- c. Conectores del conductor de fase,

La desconexión debe ser en orden inverso

l) Protección de los conductores de alimentación y conectores. Todos los conductores y conectores de alimentación deben protegerse contra daño físico por un medio aprobado. Esta protección no necesariamente debe ser una canalización.

m) Entradas en cavidades de superficie. Las entradas en cavidades de superficie (clavijas empotradas) que se utilicen para recibir energía deben tener marcada su capacidad nominal de conducción de corriente en amperes.

n) Terminales. Las terminales a las cuales los cables del escenario se conecten, deben estar ubicadas de forma tal que permitan un acceso conveniente a las terminales.

o) Neutro.

(1) Terminal del neutro. En equipo de tableros de control y distribución portátiles diseñado para utilizarse con tres fases cuatro hilos con alimentación con puesta a tierra, la terminal del neutro de alimentación, su barra colectora asociada, o alambrado equivalente, o ambas, deben tener capacidad de conducción de corriente por lo menos dos veces la capacidad de conducción de corriente de la mayor terminal de alimentación de fase.

Excepción. Cuando el equipo del tablero de control y distribución portátil esté específicamente construido e identificado para ser modificado internamente en campo, de manera aprobada, para pasar de una alimentación balanceada de tres fases cuatro hilos con puesta a tierra a una monofásica balanceada de tres hilos con puesta a tierra, la terminal del neutro de la alimentación y su barra colectora asociada, alambrado equivalente, o ambos, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la terminal más grande de fase de la alimentación monofásica.

(2) Neutro de alimentación. Los conductores de alimentación de energía para tableros de control y distribución portátiles deben dimensionarse considerando al neutro como un conductor portador de corriente eléctrica. Cuando se utilicen cables monoconductores alimentadores, no instalados en canalizaciones, en circuitos polifásicos, el conductor neutro puesto a tierra debe tener una capacidad de conducción de corriente de al menos a 130% de la de los conductores de fase del circuito que alimenten al tablero de control y distribución portátil.

p) Personal calificado. El tendido de conductores de alimentación portátiles, el armado y desarmado de los conectores de alimentación y otras conexiones de alimentación, y la energización y desenergización de los servicios de alimentación deben realizarse exclusivamente por personal calificado, y los tableros de control y distribución portátiles deben ser así marcados, indicando este requisito de manera permanente y clara.

Excepción: Se permite que la conexión de un tablero de control y distribución portátil a una salida para receptáculo instalada permanentemente, donde la salida del receptáculo de alimentación esté protegida para su capacidad de conducción de corriente por un dispositivo de protección contra sobrecorriente no mayor que 150 A, y donde la salida para receptáculo, conexión y tablero de control y distribución cumplan además con lo siguiente:

a) Empleen conectores multipolares aprobados y adecuados para el propósito de cada conexión de la alimentación.

b) Impidan el acceso del público en general a toda conexión de la alimentación.

c. Utilicen cables o cordones multiconductores de uso extra rudo aprobados, con una capacidad de conducción de corriente adecuada para el tipo de carga y no menor que la capacidad nominal de conducción de corriente eléctrica de los conectores.

E. Equipos portátiles del escenario diferente a los tableros de control y distribución

520-61. Lámparas de arco eléctrico. Las lámparas de arco eléctrico, incluyendo sus envoltentes y balastos asociados, deben estar aprobados. Las extensiones de cordones, y los cables y cordones de interconexión deben ser del tipo de uso extra rudo y estar aprobados.

520-62. Unidades portátiles de distribución de potencia. Las unidades portátiles de distribución de potencia deben cumplir con lo siguiente:

a) **Envoltentes.** La construcción debe ser de tal forma que no quede expuesta ninguna parte portadora de corriente eléctrica.

b) **Receptáculos y protección contra sobrecorriente.** Los receptáculos deben cumplir con lo indicado en 520-45 y tener en la caja una protección contra sobrecorriente del circuito derivado. Los fusibles e interruptores automáticos deben protegerse contra daño físico. Los cables y cordones que alimenten receptáculos colgantes deben estar aprobados para uso extra rudo.

c) **Barras colectoras y terminales.** Las barras colectoras deben tener una capacidad de conducción de corriente igual a la suma de las capacidades nominales de corriente eléctrica de todos los circuitos conectados a dichas barras colectoras. Se deben proveer zapatas para la conexión del cable principal.

d) **Entradas en cavidades de superficie.** Las entradas en cavidades de superficie (clavijas empotradas) que se utilicen para recibir energía deben tener marcada su capacidad nominal de conducción de corriente en amperes.

e) **Arreglo de cables.** Los cables deben estar adecuadamente protegidos cuando pasen a través de envoltentes y deben disponerse de manera que la tensión mecánica en el cable no se transmita a las terminales.

520-63. Alambrado de accesorios con soportes tipo brazo

a) **Alambrado de soportes tipo brazo.** Los soportes tipo brazo utilizados sobre el escenario deben alambrarse internamente, y el vástago del accesorio debe llevarse a la parte trasera del escenario donde se coloca una boquilla o monitor al final del vástago. Se permite el alambrado exterior de los soportes tipo brazo o de otros accesorios cuando estén alambrados con cordones diseñados para uso rudo que pasen a través del escenario y sin juntas ni empalmes en el dosel de la parte posterior del accesorio y terminen en un conector aprobado para su uso en un escenario, localizado, cuando sea posible, a una distancia no mayor que 45 cm del accesorio.

b) **Montaje.** Los accesorios deben asegurarse firmemente en su lugar.

520-64. Baterías de lámparas portátiles. Las baterías de lámparas portátiles deben construirse de acuerdo con los requisitos de las baterías de lámparas suspendidas y luces laterales del proscenio descritos en 520-44 (a). Cuando el cable de alimentación pase a través de paredes metálicas, debe protegerse con boquillas o monitores y debe disponerse de manera que la tensión mecánica en el cable no se transmita a las conexiones.

NOTA 1: Véase 520-42 para el alambrado de baterías de lámparas portátiles.

NOTA 2: Para los tipos de aislamiento requeridos para cables monoconductores, véase la Sección 520-68 (a) (3).

520-65. Guirnaldas (luces colgantes). Las uniones en el alambrado de guirnaldas deben ser escalonadas o alternadas. Las lámparas encerradas en linternas o dispositivos similares de material combustible, deben equiparse con guardas.

520-66. Efectos especiales. Los dispositivos eléctricos utilizados para simular relámpagos, caídas de agua, y efectos similares, deben construirse y ubicarse de manera que las flamas, chispas y partículas calientes no puedan entrar en contacto con material combustible.

520-67. Conectores de cable de circuito derivado multipolar. Los conectores de cable de circuito derivado multipolar, macho y hembra, para conductores flexibles deben construirse de manera que la tensión mecánica en el cordón no se transmita a las conexiones. El conector hembra debe colocarse del lado de carga del cable o del cordón de alimentación. El conector debe tener su valor marcado en ampere y diseñado de manera que otros dispositivos con un valor nominal diferente no puedan ser conectados. Los conectores multipolares de c.a. deben ser polarizados y cumplir con lo indicado en 410-56 (e) y 410-58.

NOTA: Véase 400-10 para tensión mecánica en terminales.

520-68. Conductores para equipo portátil

a) Tipo de conductores.

(1) **Generalidades.** Los conductores flexibles, incluyendo las extensiones, utilizados para alimentar equipo portátil del escenario deben ser cordones o cables aprobados para uso extra rudo.

(2) **Lámparas de pedestal.** Se permiten cordones reforzados para alimentar lámparas de pedestal cuando el cordón no esté sujeto a daño físico severo y esté protegido por un dispositivo contra sobrecorriente no mayor que 20 A.

(3) **Aplicaciones a alta temperatura.** Se permite utilizar un montaje especial de conductores en una manga no mayor que 1 m en lugar de un cordón flexible si los alambres individuales están cableados y tienen una clase térmica no menor que 125°C y la manga exterior es de fibra de vidrio con un espesor de pared de cuando menos 0,65 mm. Se permite que el equipo portátil para escenario, que requiere conductores de alimentación flexibles con una mayor capacidad nominal de temperatura, en donde un extremo esté permanentemente conectado al equipo, se utilicen conductores adecuados alternos, que estén probados para ese propósito.

(4) **Desconector.** Se permiten los cordones para uso rudo aprobados, en ensambles de desconector, cuando se reúnan las condiciones siguientes:

(a) Los cordones se utilizan para hacer conexiones entre un solo conector multipolar que contiene dos o más circuitos derivados y conectores múltiples de dos polos tres hilos.

(b) La longitud del cordón en el ensamble de desconector no excede de 6 m.

(c) El ensamble de desconector está protegido contra daño físico al fijarlo en toda su longitud a una tubería, andamio, armadura, torre u otra estructura de soporte firme.

(d) Todos los circuitos derivados que alimentan al ensamble de desconector están protegidos por dispositivos contra sobrecorriente clasificados a no más de 20 A.

b) Capacidad de conducción de corriente de los conductores. La capacidad de conducción de corriente de los conductores debe ser la que se especifica en 400-5, excepto para cordones portátiles multiconductores aprobados para uso extra rudo, que no estén en contacto directo con el equipo que contenga elementos productores de calor, cuya capacidad de conducción de corriente se permite determinarla de acuerdo con la Tabla 520-44. La corriente eléctrica de carga máxima en cualquier conductor, no debe exceder de los valores de la Tabla 520-44.

Excepción: Cuando se permite el uso de conductores alternos en la Sección 520-68 (a) (3), su capacidad de conducción de corriente debe ser la indicada en las tablas correspondientes de esta norma para los tipos de cables utilizados.

520-69. Adaptadores. Los adaptadores, derivadores dobles, y otros dispositivos de salida de circuitos simples o múltiples deben cumplir con las siguientes condiciones de (a), (b) y (c):

a) Sin reducción de valor nominal de corriente eléctrica. Cada receptáculo y su cable correspondiente deben tener los mismos valores nominales de tensión y de corriente eléctricas que su clavija de alimentación. No debe utilizarse en un circuito de escenario que tenga una capacidad mayor nominal de corriente.

b) Conectores. Todos los conectores deben alambirse de acuerdo con lo indicado en 520-67.

(c) Tipo de conductor. Los conductores para adaptadores y derivadores dobles deben ser cordones aprobados para uso extrarrudo, o uso rudo. El cordón de uso rudo debe limitarse a una longitud total no mayor que 1 m.

F. Camerinos

520-71. Portalámparas colgantes. No deben instalarse portalámparas colgantes en los camerinos.

520-72. Guardas para lámparas. Toda lámpara incandescente expuesta en los camerinos a menos de 2,5 m del piso, debe equiparse con guardas abiertas remachadas a la cubierta de la caja de salida, o de otra manera sellada o asegurada en su lugar.

520-73. Desconectores requeridos. Todas las lámparas y cualquier receptáculo adyacente a los espejos y sobre la mesa de los tocadores, instalados en los camerinos deben ser controlados por desconectores de pared instalados en el camerino. Cada desconector que controle receptáculos adyacentes al (los) espejo(s) y sobre la mesa del tocador, debe estar provisto con una lámpara piloto localizada afuera del camerino, adyacente a la puerta, que indique cuando el receptáculo esté energizado. No se exige que las otras salidas instaladas en el camerino estén controladas por un interruptor.

G. Puesta a tierra

520-81. Puesta a tierra. Todas las canalizaciones metálicas y las cubiertas metálicas de cables deben estar puestas a tierra. Las estructuras y envolventes metálicas de todos los equipos, incluyendo las baterías de lámparas suspendidas y luminarios portátiles, deben estar puestas a tierra. La puesta a tierra debe hacerse conforme con lo indicado en el Artículo 250.

ARTICULO 525-ATRACCIONES MOVILES, CIRCOS, FERIAS Y EVENTOS SIMILARES

A. Disposiciones generales

525-1. Alcance. Este Artículo cubre la instalación de equipo y alambrado portátil para atracciones móviles, circos, exhibiciones, ferias y eventos similares, incluyendo el alambrado en o sobre todas las estructuras.

525-3. Otros Artículos

a) Estructuras permanentes. Los Artículos 518 y 520 deben aplicarse al alambrado de estructuras permanentes.

b) Alambrado portátil y equipo. Cuando los requisitos de otros Artículos de esta norma y el Artículo 525 difieran, los requisitos del Artículo 525 deben aplicarse al alambrado y al equipo portátil.

c) Equipos de procesamiento, amplificación y reproducción de señales de audio. El Artículo 640 debe aplicarse al alambrado e instalación de equipo de procesamiento, amplificación y reproducción de señales de audio.

525-6. Protección del equipo eléctrico. El equipo eléctrico y los métodos de alambrado de juegos mecánicos en parques de diversiones, concesiones u otras unidades deben estar provistos con protección mecánica cuando tal equipo o métodos de alambrado estén sujetos a daño físico.

B. Instalación

525-10. Fuentes de alimentación

a) Sistemas derivados separadamente

(1) Generadores. Los generadores deben cumplir los requisitos del Artículo 445.

(2) Transformadores. Los transformadores deben cumplir los requisitos aplicables de las Secciones 240-3(a), (b), (c) y (d); Sección 250-26 y Artículo 450.

b) Acometida. La acometida debe instalarse de acuerdo con los requisitos aplicables del Artículo 230, y además deben cumplir con los requisitos siguientes:

1) Guardas. El equipo de acometida no debe instalarse en un lugar que sea accesible a personas no calificadas, a menos que el equipo esté encerrado bajo llave.

2) Montaje y ubicación. El equipo de acometida debe montarse sobre un soporte sólido e instalarse de tal manera que esté protegido de la intemperie, a menos que su construcción sea a prueba de intemperie.

525-12. Distancia al suelo de conductores aéreos

a) Distancias verticales. Los conductores deben tener una distancia vertical al suelo de acuerdo con 225-18. Estas distancias deben aplicarse solamente al alambrado instalado en el exterior de carpas y concesiones.

b) Distancias a juegos mecánicos y atracciones. Los juegos mecánicos y atracciones deben estar mantenidos a una distancia no menor que 4,5 m en cualquier dirección, de conductores aéreos que operen a 600 V o menos, a excepción de los conductores que los alimenten. Los juegos mecánicos o atracciones no

deben estar ubicados bajo los conductores aéreos o a menos de 4,5 m medidos horizontalmente, con respecto a los conductores que operen a más de 600 V.

525-13. Métodos de alambrado

a) Tipo. A menos que otra cosa se indique en este Artículo, los métodos de alambrado deben cumplir con los requisitos aplicables de los Capítulos 1 al 4 de esta norma. Cuando se utilicen cables o cordones flexibles deben ser de tipo extra rudo. Cuando se utilicen cables o cordones flexibles y no estén expuestos a daño físico, se permite que sean aprobados para uso rudo. Cuando se utilicen en exteriores, los cordones y cables flexibles también deben estar aprobados para lugares mojados y deben ser resistentes a la luz solar.

b) Monoconductores. Se permite el uso de cables monoconductores de tamaño nominal de 33,6 mm² (2 AWG) o mayor.

c) Conductores desnudos. Los conductores desnudos están prohibidos excepto que formen parte de un ensamble aprobado o guirnalda de iluminación instalada de acuerdo con el Artículo 225.

d) Empalmes. Los cordones o cables flexibles deben ser continuos sin empalmes o derivaciones entre las cajas o accesorios. No debe haber conectores de cables en el suelo, a menos que estén aprobados para lugares húmedos. Los conectores y conexiones de los cordones no deben colocarse en pasos de tráfico del público, o dentro de áreas accesibles al público, a menos que estén protegidos.

e) Soporte. El alambrado de un juego mecánico, atracción, carpa o estructura similar no debe estar soportado por otro juego o estructura, a menos que esté diseñado específicamente para ese propósito.

f) Protección. Los cordones o cables flexibles que se instalen sobre el piso, donde sean accesibles al público, deben estar cubiertos con rejillas no conductoras aprobadas. Las rejillas y los cables deben estar dispuestos de tal manera que no provoquen peligro al público al tropezar.

g) Interior de carpas y concesiones. El alambrado eléctrico para alumbrado provisional colocado dentro de carpas y concesiones, debe instalarse firmemente, y en donde esté expuesto a daño físico, debe contar con protección mecánica. Todas las lámparas provisionales para iluminación general deben estar protegidas de ruptura accidental, mediante un accesorio adecuado o un portalámparas con protector.

525-14. Cajas y accesorios. Debe instalarse una caja o accesorio en cada punto de conexión, salida, punto de interrupción o de unión.

525-15. Cajas portátiles de distribución o cajas terminales. Las cajas de distribución portátiles o cajas terminales deben cumplir con las siguientes condiciones (a) hasta (d):

a) Construcción. Las cajas deben estar diseñadas de modo que ninguna parte energizada quede expuesta a contacto accidental. Cuando se hagan las instalaciones en exteriores, las cajas deben ser a prueba de intemperie y estar montadas de forma que el fondo de la envolvente no se encuentre a menos de 15 cm del piso.

b) Barras colectoras y terminales. Las barras colectoras deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la del dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador que a su vez alimenta a la caja. Cuando los conductores terminen directamente en la barra colectora deben proveerse sus conectores.

c) Receptáculos y protección contra sobrecorriente. Los receptáculos deben tener una protección contra sobrecorriente instalada dentro de la caja. La protección contra sobrecorriente no debe exceder la capacidad de conducción de corriente del receptáculo, a excepción de lo permitido por el Artículo 430 para cargas de motores.

d) Conectores monopolares. Cuando se utilicen conectores monopolares, deben cumplir con lo indicado en 530-22.

525-16. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente de equipo y conductores debe proveerse de acuerdo con lo indicado en el Artículo 240.

525-17. Motores. Los motores y equipo asociado deben instalarse de acuerdo con lo indicado en el Artículo 430.

525-18 Protección del personal mediante interruptor de circuito por falla a tierra.

a) Receptáculos de 120 V o 127 V, 15 A y 20 A, para uso general. Todas las salidas de receptáculos monofásicos de 120 V o 127 V, a 15 A y 20 A, utilizadas por el personal, deben tener protección mediante interruptores de circuito contra falla a tierra, aprobados para protección de personal. Se permite que el interruptor de circuito contra falla a tierra sea una parte integral de la clavija o que esté localizada en el cordón de alimentación, a una distancia no mayor que 30 cm de la clavija. Para los propósitos de esta Sección, se

permiten conjuntos de cordones aprobados que incorporen protección mediante interruptores de circuito contra falla a tierra. El alumbrado de salida no debe conectarse a las terminales del lado de carga de un receptáculo con interruptor de circuito contra falla a tierra.

b) Receptáculos para artefactos. No se requiere que los receptáculos que alimenten elementos tales como equipos de cocción y refrigeración, que son incompatibles con los dispositivos con interruptor de circuito contra falla a tierra, tengan protección mediante interruptores de circuito contra falla a tierra.

c) Otros receptáculos. Se permite que otras salidas de receptáculos no cubiertas en (a) o en (b), tengan protección mediante interruptores de circuito contra falla a tierra para el personal, o debe contarse con un procedimiento escrito cuyo cumplimiento se exija en el sitio por una o más personas designadas para ese fin, para garantizar la seguridad de los conductores de puesta a tierra de equipos de todos los conjuntos de cordones y receptáculos, como se describe en la Sección 305-6(b).

C. Puesta a tierra y uniones

525-20. Generalidades. La puesta a tierra de todos los sistemas y equipos debe cumplir con lo indicado en el Artículo 250.

525-21. Equipo. Se deben unir todos los siguientes equipos que estén conectados a la misma fuente de alimentación:

- 1) Canalizaciones metálicas y cables con cubierta metálica.
- 2) Envolturas metálicas de equipo eléctrico.
- 3) Estructuras metálicas y partes metálicas de juegos mecánicos, concesiones, puestos de diversión, camiones y tractocamiones, u otro equipo que contenga o sirva de apoyo a equipo eléctrico.

525-22. Conductor de puesta a tierra de equipo. Todo equipo que requiera estar puesto a tierra, debe estarlo por medio de un conductor de puesta a tierra, de tipo y tamaño reconocido en 250-91(b) e instalado de acuerdo con el Artículo 250. El conductor de puesta a tierra de equipo debe estar unido al conductor puesto a tierra del sistema, en los medios de desconexión de la acometida, o en el caso de un sistema derivado separadamente tal como un generador, en el mismo generador o en el primer medio de desconexión principal suministrado para el generador. El conductor del circuito puesto a tierra no debe estar conectado al conductor de puesta a tierra de equipo en el lado de la carga de los medios de desconexión de la acometida o en el lado de la carga de los medios de desconexión del sistema derivado separadamente.

D. Medios de desconexión

525-30. Tipos y ubicación. Cada juego mecánico o de diversiones y concesiones, deben estar provistos con un desconectador de fusibles o un interruptor automático localizado de manera visible y a no más de 1,8 m de la estación del operador. Los medios de desconexión deben ser de fácil acceso al operador, incluso cuando el juego o diversión se encuentre en operación. Cuando estén accesibles a personas no calificadas, la envoltura del desconectador de fusibles o el interruptor automático deben ser del tipo con cerradura o con candado. Un método permisible para abrir el circuito es un dispositivo de disparo de derivación que abra al fusible de desconexión o al interruptor automático cuando se cierre un desconectador localizado en la consola del operador del juego mecánico.

E. Atracciones que utilizan piscinas, fuentes e instalaciones similares que contienen agua

525-40. Alambrado y equipo. Este equipo se debe instalar cumpliendo con los requisitos aplicables del Artículo 680.

ARTICULO 530-ESTUDIOS DE CINE, TELEVISION Y LUGARES SIMILARES

A. Disposiciones generales

530-1. Alcance. Los requisitos de este Artículo se aplican a estudios de cine y televisión que utilicen ya sea cámaras de película o electrónicas, a excepción de las indicadas en 520-1, y estaciones de cambio, fábricas, laboratorios, escenarios o partes de un edificio donde se expongan, impriman, corten, editen, reparen o almacenen películas o cintas de más de 22 mm de ancho.

NOTA.- Para información adicional sobre los métodos de protección contra los riesgos que suponen las películas de nitrato de celulosa, véase el apéndice B2.

530-2. Definiciones

Araña (bloque de empalme de cables). Dispositivo que contiene barras colectoras que están aisladas una de otra, con el propósito de empalmar o distribuir energía a cables portátiles y cordones que tienen terminales con conectores monopares para barras colectoras.

Caja de receptáculos. Un dispositivo de c.c. que consiste en uno o más receptáculos de dos polos, dos hilos, no polarizados ni con dispositivo de puesta a tierra, diseñados para usarse en circuitos de c.c. exclusivamente.

Conector separable monopolar. Un dispositivo que es instalado al final de cables portátiles, flexibles y monoconductores que es utilizado para establecer la conexión o desconexión entre dos cables o un cable y un conector separable, monopolar y montado en tablero.

Efectos de escenario (efectos especiales). Una pieza eléctrica o electromecánica de equipo utilizada para simular un efecto visual o auditivo, tales como máquinas de viento, simuladores de rayos o destellos, proyectores de sol y similares.

Equipo portátil. Equipo diseñado para poder moverse de un lugar a otro.

Escenario (set). Un área específica constituida de escenografía temporal y utilería, diseñada y arreglada para una escena particular en una producción cinematográfica o de televisión.

Estudio de televisión o escenario cinematográfico (Estudio de sonido). Edificio o parte de un edificio usualmente aislado de ruidos externos y de la luz natural, utilizado por la industria del entretenimiento con el propósito de producir películas, programas de televisión o comerciales.

Estudio cinematográfico. Un edificio o grupo de edificios y otras estructuras diseñadas, construidas o permanentemente modificadas para ser utilizadas por la industria del entretenimiento con el propósito de producir películas o programas de televisión.

Interruptor de extensiones. Un desconector de seguridad montado en pared y que se puede operar externamente, el cual puede o no contener protección contra sobrecorriente, y que es diseñado para la conexión de cables y cordones portátiles.

Lámpara de pedestal (luz de trabajo). Un pedestal portátil que contiene un luminario de propósito general o un portalámpara con guarda, con el propósito de proveer iluminación general en el estudio o escenario.

Locación. Un lugar fuera de un estudio cinematográfico donde se filma o graba una producción o parte de ella.

Tablero de distribución de c.a. (Caja de conexiones de c.a., caja de receptáculos) Un centro distribuidor de c.a. que contiene uno o más receptáculos polarizados puestos a tierra, que puede incluir dispositivos de protección contra sobrecorriente.

Tablero de locación. Equipo portátil que contiene un contactor de alumbrado o contactores con protección contra sobrecorriente, diseñado para el control remoto del alumbrado del escenario.

Utilería de escenario. Artículo u objeto utilizado como un elemento visual en una producción de cine o televisión, a excepción de escenografías pintadas y vestuario.

530-6. Equipo portátil. Se permite utilizar provisionalmente, en exteriores, un escenario portátil y equipo de alumbrado de estudio y el equipo portátil de distribución de potencia, si el equipo provisto es supervisado por personal calificado, mientras está energizado y que esté separado del público en general mediante barreras.

B. Escenario o escenario (set)

530-11. Alambrado permanente. El alambrado permanente debe ser con cable tipo MC, MI o en canalizaciones aprobadas.

Excepción: Se permite que los circuitos de comunicación, circuitos de procesamiento, amplificación y reproducción de señales de audio, de control remoto Clase 1, Clase 2 y Clase 3, o circuitos de señalización y circuitos de alarma contra incendio de potencia limitada, sean alambrados de acuerdo con lo indicado en los Artículos 640, 725, 760 y 800.

530-12. Alambrado portátil.

a) Alambrado para escenario. El alambrado del alumbrado del escenario, efectos de escenario y equipo eléctrico utilizados como utilería del escenario, y otros alambrados no-fijos como en locaciones, debe estar hecho con cables y cordones flexibles aprobados para uso rudo. Cuando esté expuesto a daño físico, este alambrado debe ser con cordones y cables flexibles aprobados para uso extrarrudo. Se permiten los empalmes y derivaciones si la carga total conectada no excede de la capacidad de conducción de corriente máxima del cable o cordón.

b) Efectos de escenario y equipo eléctrico utilizado como accesorios del escenario. Se permite que el alumbrado para los efectos de escenario y equipo eléctrico utilizados como accesorios del escenario, estén elaborados con cordones o cables flexibles aprobados con monoconductores o multiconductores, si los conductores están protegidos contra daño físico y asegurados al escenario mediante amarres de cables o grapas aisladas. Se permiten empalmes o derivaciones cuando estén hechos con dispositivos aprobados y los circuitos estén protegidos a no más de 20 A.

c) Otros equipos. Se permiten los cordones y cables diferentes de los de uso extrarrudo, cuando se suministran como una parte de un conjunto aprobado.

530-13. Control del alumbrado y de los efectos del escenario. Los desconectores utilizados para el alumbrado del escenario y efectos en el escenario (en el escenario y locaciones) deben ser del tipo de operación externa. Cuando se utilicen contactores como medio de desconexión para fusibles, debe instalarse un desconector de operación externa individual, tal como un desconector de volquete, para el control de cada contactor, y debe estar localizado a no más de 1,8 m de dicho contactor, además de los desconectores de control remoto. Se permite utilizar un solo desconector de operación externa para desconectar simultáneamente todos los contactores en cualquier tablero de locación, cuando se localicen a una distancia no mayor que 1,8 m del tablero de locación.

530-14. Cajas de receptáculos. Todas las cajas de receptáculos de c.c. deben tener una capacidad nominal de conducción de corriente no menor que 30 A.

530-15. Protecciones y guardas de partes vivas

a) Partes vivas. Las partes vivas deben estar encerradas o resguardadas para evitar cualquier contacto accidental con personas y objetos.

b) Desconectores. Todos los desconectores deben ser tipo de operación externa.

c) Reóstatos. Los reóstatos deben colocarse en gabinetes o marcos que encierren todas las partes vivas, teniendo expuestas solamente las manijas de operación.

d) Partes portadoras de corriente. Las partes portadoras de corriente de desconectores de extensiones, tableros de locación, arañas y cajas de receptáculos deben estar encerradas, resguardadas, o localizadas de forma que las personas no puedan accidentalmente entrar en contacto con ellas o llevar materiales conductores que entren en contacto con ellas.

530-16. Lámparas portátiles. Las lámparas portátiles y luces de trabajo deben estar equipadas con cordones flexibles, portálmparas de porcelana con pantalla metálica y provistas con guardas sólidas.

Excepción: Las lámparas portátiles utilizadas como utilería en un escenario de cine o televisión, o en un estudio o en una locación, no deben considerarse como lámparas portátiles para el propósito de esta Sección.

530-17. Luminarios portátiles con lámpara de arco

a) Lámparas portátiles de arco de carbón. Las lámparas portátiles de arco de carbón deben ser de construcción sólida. El arco debe producirse en una envolvente diseñada para evitar la salida de chispas y carbones, y para impedir que personas o materiales entren en contacto con el arco o con partes vivas desnudas. Las envolventes deben estar ventiladas y todos los des deben ser del tipo de operación externa.

b) Lámparas portátiles por arco eléctrico diferente del carbón. Las lámparas portátiles de descarga que no sean de arco de carbón, incluidas las de arco eléctrico cerrado y balastos asociados, deben estar aprobadas. Los juegos de cordones y cables de conexión deben ser tipo uso extra rudo y estar aprobados.

530-18. Protección contra sobrecorriente

Generalidades. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente automáticos (interruptores automáticos o fusibles) para la iluminación de un escenario de un estudio cinematográfico y sus respectivos cables de alimentación deben cumplir con (a) hasta (g) siguientes. La máxima capacidad de conducción de corriente permitida en un conductor dado, cable o cordón de cierto tamaño debe ser el indicado en las Tablas aplicables de los Artículos 310 y 400.

a) Cables en el escenario. Los cables para la iluminación del escenario deben protegerse con dispositivos contra sobrecorriente ajustados a no más de 400% de la capacidad de conducción de corriente indicada en las Tablas aplicables de los Artículos 310 y 400.

b) Alimentadores. En edificaciones utilizadas fundamentalmente para producción cinematográfica, los alimentadores de las subestaciones a los escenarios deben protegerse con dispositivos contra sobrecorriente (generalmente localizados en la subestación) que tengan una capacidad de conducción de corriente adecuada. Se permite que los dispositivos contra sobrecorriente puedan ser multipolares o monopolares de operación simultánea. No se requiere un dispositivo contra sobrecorriente en el conductor neutro. El ajuste del

dispositivo contra sobrecorriente de cada alimentador no debe exceder 400% de la capacidad de conducción de corriente del alimentador, como se indica en las Tablas aplicables del Artículo 310.

c) Protección de cables. Los cables se deben proteger con boquillas, cuando pasen a través de envoltentes y se deben disponer de manera que la tensión mecánica en el cable no se transmita a las conexiones. Cuando los conductores de alimentación pasen a través de metal, se deben aplicar los requisitos de la Sección 300-20. Se permite que los cables de un alimentador portátil penetren provisionalmente muros, pisos o plafones clasificados como resistentes contra el fuego, siempre y cuando:

(1) La abertura sea de un material no combustible.

(2) Cuando esté en uso, la abertura esté cerrada con un sello provisional de un material certificado como resistente al fuego;

(3) Cuando no esté en uso, la abertura esté tapada con un material con capacidad de resistencia al fuego equivalente.

d) Tableros de locación. Debe proveerse protección contra sobrecorriente (fusibles o interruptores automáticos) en los tableros de locación. Los fusibles en los tableros de locación deben tener una capacidad de corriente no mayor que 400% la capacidad de conducción de corriente de los cables entre los tableros de locación y las cajas de receptáculos.

e) Cajas de receptáculos. Los cables y cordones alimentados a través de las cajas de receptáculos deben ser de cobre. Los cables y cordones menores a 8,37 mm² (8 AWG) deben sujetarse a la caja de receptáculos mediante una clavija que contenga dos cartuchos fusibles o un interruptor automático de dos polos. La capacidad de los fusibles o el ajuste del interruptor automático no debe ser mayor que 400% la capacidad de conducción de corriente de los cables o cordones indicada en las tablas aplicables de los Artículos 310 y 400. Las cajas de receptáculos no se permiten en sistemas de c.a.

f) Cajas de distribución de potencia c.a. Las cajas de distribución de potencia de c.a. utilizadas en los estudios de sonido y en locaciones deben tener receptáculos del tipo polarizado y de puesta a tierra.

g) Alumbrado. Las luces de trabajo, lámparas de pedestal y luminarios de 1 000 W o menos, conectados a cajas de receptáculos de c.c. se deben hacer mediante clavijas con dos fusibles de cartucho no mayores de 20 A, o pueden conectarse a salidas especiales en circuitos protegidos por fusibles o interruptores automáticos de valor nominal no mayor que 20 A. Los fusibles de tapón no se deben usar a menos que estén en el lado de la carga del fusible o del interruptor automático en los tableros de locación.

530-19. Selección del tamaño nominal de los alimentadores para estudios de televisión

a) Generalidades. Se permite aplicar los factores de demanda incluidos en la Tabla 530-19(a) a la parte de la máxima carga posible conectada para el alumbrado del estudio o del escenario, para todos los alimentadores permanentemente instalados entre las subestaciones y los escenarios, y todos los alimentadores permanentemente instalados entre el tablero de distribución del escenario y los centros de carga del escenario o de los tableros de locación.

TABLA 530-19(a).- Factores de demanda para el alumbrado del escenario

Parte de la carga de alumbrado del escenario a la cual se le aplica el factor de demanda VA	Factor de demanda del alimentador %
Primeros 50 000 o menos	100
De 50 001 a 100 000	75
De 100 001 a 200 000	60
Excedente a 200 000	50

b) Alimentadores portátiles. Se permite aplicar un factor de demanda de 50% de la máxima carga posible conectada para todos los alimentadores portátiles.

530-20. Puesta a tierra. Los cables tipo MC, MI, las canalizaciones metálicas y todas las partes metálicas no portadoras de corriente de los aparatos, dispositivos y equipo, deben estar puestos a tierra como se especifica en el Artículo 250. Esto no se aplica a lámparas colgantes y portátiles, a la iluminación del escenario ni al equipo de sonido del escenario, ni a cualquier otro equipo portátil o especial que opere a no más de 150 V a tierra en c.c.

530-21. Clavijas y receptáculos

a) Capacidad. Debe indicarse la capacidad de las clavijas y de los receptáculos en términos de ampere. La tensión eléctrica nominal de las clavijas y de los receptáculos no debe ser menor que la tensión eléctrica del circuito. La corriente nominal de las clavijas y de los receptáculos para circuitos de c.a., no debe ser menor

que la del alimentador, o de la corriente nominal de los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito derivado. No debe aplicarse la Tabla 210-21(b)(2).

b) Intercambiabilidad. Se permite que las clavijas y receptáculos utilizados en equipo profesional portátil cinematográfico o de televisión, se intercambien para utilizarse en c.a. o c.c. siempre y cuando estén aprobados para utilizarse en ambos tipos de corriente y sean marcados de manera adecuada para identificar el sistema al cual están conectados.

530-22. Conectores separables monopolares.

a) Generalidades. Cuando se utilicen conectores para cables portátiles monopolares de c.a. deben estar aprobados y ser del tipo con seguro. Las Secciones 400-10 y 410-56 no se deben aplicar a conexiones separables monopolares aprobadas y a conjuntos de cables de un solo conductor que utilizan conectores separables monopolares aprobados. Cuando los grupos en paralelo de conectores separables monopolares portadores de corriente, se suministre como dispositivos de entrada, deben rotularse en forma claramente visible con una indicación precautoria indicando la presencia de conexiones paralelas internas. El uso de los conectores monopolares separables debe cumplir cuando menos con una de las siguientes condiciones:

1) La conexión y desconexión de tales conectores sólo es posible cuando los conectores de alimentación estén bloqueados con la fuente de alimentación y no es posible conectarlos o desconectarlos cuando la alimentación esté energizada.

2) Los conectores de línea deben ser del tipo bloqueo secuencial aprobado de tal manera que la carga sea conectada en la siguiente secuencia:

- a. Conexión del conductor de puesta a tierra de equipo.
- b. Conexión del conductor del circuito puesto a tierra, si existe.
- c. Conexión del conductor de fase

La desconexión debe ser en orden inverso.

3) Se debe colocar una nota de advertencia adyacente a los conectores de línea indicando que la conexión de clavijas debe seguir el siguiente orden:

- a. Conectores del conductor de puesta a tierra de equipo.
- b. Conectores del conductor puesto a tierra, si existe.
- c. Conectores del conductor de fase.

La desconexión debe ser en orden inverso.

530-23. Circuitos derivados. Se permite que un circuito derivado de cualquier tamaño que alimente a uno o más receptáculos, alimente cargas de alumbrado del escenario (set).

C. Camerinos

530-31. Camerinos. Debe estar instalado alambrado fijo en los camerinos de acuerdo con los métodos de alambrado cubiertos en el Capítulo 3. El alambrado de camerinos portátiles debe estar aprobado.

D. Mesas de revisión, corte y montaje

530-41. Lámparas en las mesas. En las mesas de revisión, corte y montaje se deben usar únicamente portalámparas sin apagador de cubierta metálica o porcelana, equipadas con medios adecuados para proteger a las lámparas contra daño físico, y de las películas y desperdicio de películas.

E. Bóvedas de almacenamiento de películas de nitrato de celulosa

530-51. Lámparas en bóvedas de almacenamiento de películas de nitrato de celulosa. Estas lámparas en bóvedas de almacenamiento de películas de nitrato de celulosa deben instalarse en luminarios rígidas del tipo encerradas en vidrio y con empaques. Las lámparas deben controlarse mediante un desconectador que tenga un polo en cada conductor de fase. Este desconectador debe localizarse fuera de la bóveda, y estar provisto con una lámpara piloto que indique si el desconectador está conectado o desconectado. Este desconectador debe desconectar de cualquier fuente de alimentación a todos los conductores de fase que terminen en cualquier salida dentro de la bóveda.

530-52. Equipo eléctrico en las bóvedas de almacenamiento de películas de nitrato de celulosa. Ningún receptáculo, salida, calentadores, luces portátiles o cualquier otro equipo portátil, debe estar ubicado dentro de las bóvedas de almacenamiento de películas de nitrato de celulosa, excepto lo que se permite en

530-51. Se permite el uso de motores eléctricos si están aprobados para la aplicación y cumplen con el Artículo 500, Clase I, División 2.

F. Subestaciones

530-61. Subestaciones. El alambrado y equipo de más de 600 V nominales, deben cumplir con el Artículo 710.

530-62. Subestaciones portátiles. El alambrado y equipos de subestaciones portátiles deben cumplir lo establecido en las Secciones que aplican a instalaciones en subestaciones fijas permanentes, pero, debido al menor espacio disponible, se permite que el espacio de trabajo sea reducido, siempre que los equipos estén instalados de modo que los operarios puedan trabajar con seguridad y que cualquier persona que esté en la cercanía no pueda entrar en contacto accidental con partes portadoras de corriente ni poner objetos conductores en contacto con los mismos mientras están energizadas.

530-63. Protección contra sobrecorriente de generadores de c.c.

Los generadores trifilares deben tener protección contra sobrecorriente de acuerdo con la Sección 445-4(e).

530-64. Tableros de distribución de corriente continua.

(a) No se requiere que los tableros de distribución de máximo 250 V de c.c. entre conductores, sean de frente muerto, cuando están localizados en subestaciones o cuartos de tableros de distribución accesibles solamente a personas calificadas.

(b) No se requiere que las cajas de los interruptores automáticos instalados en tableros de distribución estén puestas a tierra.

G. Sistemas derivados separadamente con 60 V a tierra

530-70. Generalidades. Con el propósito de reducir ruido inconveniente en lugares de producción de audio y video u otro equipo electrónico de sensibilidad similar, se permite el uso de un sistema derivado separadamente a 120 V, monofásico de tres hilos con 60 V en cada uno de los dos conductores de fase y un conductor neutro puesto a tierra, siempre que su uso sea restringido a equipo electrónico únicamente y que se reúnan todos los requisitos indicados en 530-71 a la 530-73.

530-71 Métodos de alambrado

a) Tablero de alumbrado y control y protección contra sobrecorriente. Se permite el uso de tableros de alumbrado y control monofásicos normalizados y de equipo de distribución con tensión eléctrica nominal más alta. El sistema debe estar claramente marcado en la cara del tablero o en el interior de las puertas del mismo. Se deben instalar interruptores automáticos de dos polos de disparo común, identificados para la operación a la tensión eléctrica del sistema, para ambos conductores de fase en todos los alimentadores y circuitos derivados.

b) Cajas de empalme. Todas las cubiertas de las cajas de empalme deben estar claramente marcadas para indicar el panel de distribución y la tensión eléctrica del sistema.

c) Código de colores. Todos los conductores alimentadores y de circuitos derivados instalados de acuerdo con esta Sección, deben estar identificados como parte del sistema en todos los empalmes y terminales por un color, ya sea marcado, rotulado o con medios igualmente efectivos. Los medios de identificación deben estar pegados o fijados en cada tablero de alumbrado y control, de cada circuito derivado y en los medios de desconexión del edificio.

d) Caída de tensión. La caída de tensión eléctrica en cualquier circuito derivado no debe exceder 1,5%. La caída de tensión eléctrica combinada del alimentador y de los conductores del circuito derivado no debe exceder de 2,5%.

530-72. Puesta a tierra

a) Generalidades. El sistema debe estar puesto a tierra como se indica en 250-26 como un sistema monofásico de tres hilos derivado separadamente.

b) Conductores requeridos para puesta a tierra. El equipo de utilización alambrado permanentemente y los receptáculos, deben estar puestos a tierra por medio de un conductor de puesta a tierra de equipo, que vaya con los conductores del circuito a una barra de puesta a tierra de equipo marcada claramente con la leyenda "Tierra de equipo técnico" en el tablero de alumbrado y control donde se origina el circuito derivado. La cual debe estar conectada al conductor puesto a tierra en el lado de la línea de los medios de desconexión del sistema derivado separadamente. El conductor de puesta a tierra no debe ser menor que el especificado en la Tabla 250-95 y debe ir junto con los conductores alimentadores. La barra de puesta a tierra de equipo técnico no necesita unirse a la envolvente del tablero.

Se permite utilizar otros métodos de puesta a tierra permitidos en otras partes de esta norma, cuando la impedancia de la trayectoria de retorno de puesta a tierra no exceda la impedancia de los conductores de puesta a tierra de equipo, dimensionados e instalados de acuerdo con la parte G de este Artículo.

NOTA 1: Véase 250-95 para los requerimientos de tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipos, donde los conductores del circuito son ajustados en su tamaño para compensar la caída de tensión.

NOTA 2: Estos requerimientos limitan la impedancia de la trayectoria de falla a tierra, cuando se aplican únicamente 60 V a una condición de falla en lugar de los usuales 120 V.

530-73. Receptáculos

a) Generalidades. Cuando se usen receptáculos como medio de conexión de equipo, deben cumplir las siguientes condiciones:

1) Las salidas para receptáculos de 15 A y 20 A deben estar protegidas con un Interruptor de circuito por falla a tierra.

2) Los multicontactos, adaptadores, y cubiertas para receptáculos deben estar marcados como se indica a continuación:

PRECAUCION-ALIMENTACION PARA EQUIPO TECNICO

No conectar a equipos de iluminación

Sólo para equipo electrónico 60/120 V c.a., 1 fase

Protegido con un interruptor de circuito por falla a tierra

3) Un receptáculo con capacidad de 15 A o 20 A, monofásico a 127 V con uno de sus polos portadores de corriente conectado a un conductor de circuito puesto a tierra, debe estar ubicado a no más de 1,8 m de todo receptáculo del sistema técnico de potencia instalado permanentemente, de 60/120 V y capacidad de 15 A o 20 A.

4) Todos los receptáculos de 127 V utilizados para equipo técnico de 60/120 V deben estar configurados e identificados para su uso únicamente en ese tipo de equipos. Se permite utilizar clavijas y salidas para receptáculos monofásicos a 127 V y 15 A o 20 A nominales identificados para utilizar con conductores de circuitos puestos a tierra, en cuartos de máquinas, cuartos de control, cuartos de equipos, bastidores de equipos y otros lugares similares a los que sólo tengan acceso personas calificadas.

b) Receptáculos con terminal aislada de puesta a tierra. Se permiten receptáculos con terminal aislada de puesta a tierra como se describe en la Excepción 4 de 250-74; sin embargo, el conductor de puesta a tierra de equipo del circuito derivado debe estar terminado como se indica en 530-72(b).

ARTICULO 540-PROYECTORES DE CINE

A. Disposiciones generales

540-1. Alcance. Los requerimientos de este Artículo se aplican a las cabinas de proyección cinematográficas, a los proyectores cinematográficos y al equipo asociado del tipo profesional o no profesional que use fuentes luminosas incandescentes, de arco de carbón, de xenón, o de cualquier otro equipo de fuente luminosa que genere gases, polvos o radiaciones peligrosas.

NOTA: Para información adicional sobre manejo y almacenamiento de cintas cinematográficas de nitrato de celulosa, véase el Apéndice B2.

B. Definiciones

540-2. Proyector profesional. El proyector profesional es el que usa película de 35 mm o 70 mm con un ancho mínimo de 35 mm, y tiene en cada borde 212 perforaciones por metro, o el que usa fuentes luminosas de arco de carbón, xenón u otro equipo de fuente luminosa que genere gases, polvos o radiaciones peligrosas.

540-3. Proyectores no profesionales. Los proyectores no profesionales son aquellos tipos diferentes a los descritos en la Sección 540-2.

C. Equipo y proyectores tipo profesional

540-10. Cabina de proyección cinematográfica requerida. Todo proyector tipo profesional debe estar ubicado dentro de una cabina de proyección. Cada cabina de proyección debe ser de construcción permanente, aprobada para el tipo de edificio en el cual se localiza la cabina de proyección. Todas las ventanillas de proyección, de proyectores de luz concentrada, de observación, y cualquier otra abertura

similar, deben estar provistas con vidrio u otro material aprobado que cierre completamente la abertura. Tales cabinas no deben ser consideradas áreas clasificadas como peligrosas como se define en el Artículo 500.

NOTA: Para mayor información sobre la protección de las aberturas en las cabinas de proyección donde se manipulan películas de nitrato de celulosa, véase el Apéndice B2.

540-11. Localización de equipo eléctrico asociado

a) Motogeneradores, transformadores, rectificadores, reóstatos y equipo similar.

Los motogeneradores, transformadores, rectificadores, reóstatos y equipos similares para alimentación o control de la corriente del equipo de proyección o reflectores, deben estar ubicados, cuando se usa película de nitrato, en un cuarto separado. Cuando estén instalados en la cabina de proyección, deben estar ubicados o protegidos de modo que los arcos o chispas no puedan entrar en contacto con la película. El(los) extremos del conmutador de los grupos motogeneradores debe(n) cumplir con una de las condiciones de (1) a (6).

(1) Tipos. Deben ser de tipo totalmente cerrado, de tipo cerrado con enfriamiento por ventilador, o de tipo cerrado con ventilación por ducto.

(2) Cuartos o alojamientos separados. Deben estar encerrados en cuartos o alojamientos separados fabricados en un material no combustible, construidos de manera que se expulsen las pelusas o las partículas transportadas en el aire, y que estén ventilados apropiadamente desde una fuente de aire limpio.

(3) Tapas metálicas sólidas. Deben tener la escobilla o extremo del contacto deslizante del motogenerador, encerrados con cubiertas metálicas sólidas.

(4) Cajas metálicas herméticas. Deben tener las escobillas o contactos deslizantes encerrados en cajas metálicas herméticas y rígidas.

(5) Semi-encerramientos superiores e inferiores.

Deben tener la mitad superior de la escobilla o extremo del contacto deslizante del motogenerador, encerrada en una malla de alambre o metal perforado, y la mitad inferior encerrada mediante cubiertas metálicas sólidas.

(6) Mallas de alambre o metal perforado. Deben tener mallas de alambre o metal perforado colocadas en el conmutador de los extremos de la escobilla. Ninguna dimensión de cualquier abertura en la malla de alambre o metal perforado debe exceder de 1,25 mm, independientemente de la forma de la abertura y del material utilizado.

b) Desconectores, dispositivos contra sobrecorriente u otros equipos. No se deben instalar en las cabinas de proyección desconectores, dispositivos contra sobrecorriente, u otros equipos que no sean necesarios normalmente para el funcionamiento de los proyectores cinematográficos, equipos de audio, lámparas de efectos especiales o proyectores de luz concentrada.

Excepción 1: En las cabinas de proyección aprobadas para uso únicamente de películas de acetato de celulosa (de seguridad), se permite la instalación de equipo eléctrico auxiliar usado en conjunto con la operación del equipo de proyección y el control de iluminación, telones, equipo de audio y equipo similar. En las cabinas de proyección se debe colocar en el exterior de la puerta de la cabina y dentro de la misma en un lugar claro y visible un letrero con la leyenda: "Sólo se permite en esta cabina película de seguridad".

Excepción 2: Desconectores de control remoto para el control de las luces del auditorio, o des para el control de motores que operan telones o cubiertas de la pantalla de proyección cinematográfica.

c) Sistemas de emergencia. El control de los sistemas de emergencia debe cumplir con el Artículo 700, sistemas de emergencia.

540-12. Espacio de trabajo. Cada proyector cinematográfico, proyector de luz difusa, proyector de luz concentrada o equipo similar, debe tener un espacio libre de trabajo no menor que 75 cm a cada lado y de la parte posterior.

Excepción: Se permite un espacio similar entre dos piezas adyacentes de equipo.

540-13. Tamaño nominal del conductor. Los conductores que alimenten salidas para proyectores de arco y xenón del tipo profesional no deben ser de un tamaño nominal menor que 8,37 mm² (8 AWG), y deben tener el tamaño nominal suficiente para el proyector empleado. Los conductores para proyectores del tipo incandescente deben ajustarse a los requerimientos normales de alambrado indicados en 210-24.

540-14. Conductores para lámparas y equipos que se calientan. Se deben usar conductores aislados con una capacidad de temperatura de operación no menor que 200°C, en todas las lámparas u otros equipos donde la temperatura ambiente en los conductores instalados exceda de 50°C.

540-15. Cordones flexibles. En equipo portátil se debe usar cordones aprobados para uso rudo como se indica en la Tabla 400-4.

540-20. Aprobación. Los proyectores y cubiertas para lámparas de arco, xenón e incandescentes, y rectificadores, transformadores, reóstatos y equipos similares, deben estar aprobados.

540-21. Marcado. Los proyectores y otros equipos deben estar marcados con el nombre del fabricante o marca comercial, y con la tensión eléctrica y la corriente para las cuales estén diseñados de acuerdo con lo indicado en 110-21.

D. Proyectores no profesionales

540-31. Proyectores que no necesitan cabina de proyección. Los proyectores del tipo no profesional o miniatura, cuando empleen película de acetato de celulosa (de seguridad), pueden operar sin una cabina de proyección.

540-32. Aprobación. El equipo de proyección debe estar aprobado.

E. Equipos de procesamiento, amplificación y reproducción de señales de audio

540-50. Equipos de procesamiento, amplificación y reproducción de señales de audio. El equipo de procesamiento, amplificación y reproducción de señales de audio debe instalarse como se especifica en el Artículo 640.

ARTICULO 545-EDIFICIOS PREFABRICADOS

545-1. Alcance. Este Artículo establece los requisitos para los edificios prefabricados y los componentes de edificios que se definen más adelante.

545-2. Otros Artículos. En los casos en que los requisitos de otros Artículos de esta norma difieran de los que establece el Artículo 545, se deben aplicar los requerimientos del Artículo 545.

545-3. Definiciones

Componentes de un edificio: Cualquier subsistema, subconjunto u otro sistema diseñado para usarse dentro, integrarse o formar parte de una estructura, la cual puede incluir sistemas estructurales, mecánicos, hidrosanitarios, eléctricos, de protección contra incendios y contra otros agentes que afecten la salud y la seguridad.

Construcción cerrada: Cualquier edificio, componente de un edificio, conjunto, o sistema prefabricado de modo que ninguna de las partes ocultas en el proceso de fabricación se pueda inspeccionar antes de su instalación en el sitio de la obra, sin desarmar, dañar o destruir.

Edificio prefabricado: Cualquier edificio de construcción cerrada que sea manufacturado o ensamblado en fábrica, dentro o fuera del sitio de la obra, o ensamblado e instalado en el sitio previsto para el edificio, y que no sea una casa prefabricada, vivienda móvil, remolque ni vehículo de recreo.

Sistemas de un edificio: El conjunto de planos, especificaciones y documentos de un sistema de edificios prefabricados o para un tipo o sistema de componentes de un edificio, el cual pueda incluir sistemas estructurales, eléctricos, mecánicos, hidrosanitarios, de protección contra incendios y contra otros agentes que afecten la salud y la seguridad, y que incluyan las variaciones que estén específicamente permitidas por los reglamentos de construcción, en los cuales las variaciones se presenten como parte del sistema del edificio o como modificaciones del mismo.

545-4. Métodos de alambrado

a) Métodos permitidos. Todos los métodos de alambrado y canalización incluidos en esta norma y aquellos otros sistemas de alambrado específicamente diseñados y aprobados para su uso en inmuebles prefabricados, se permiten con accesorios aprobados e identificados para inmuebles prefabricados.

b) Fijación de cables. En construcción cerrada, sólo se permite fijar los cables en gabinetes, cajas o accesorios cuando se usen conductores de tamaño nominal $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG) o menor y estén protegidos contra daño físico, utilizando los métodos de alambrado del capítulo 3, excepto el tubo de polietileno del artículo 332.

545-5. Conductores de entrada de acometida. Los conductores de entrada de acometida deben reunir los requerimientos del Artículo 230. Se deben proveer los medios para canalizar a los conductores de entrada de acometida desde el equipo de acometida hasta el punto de fijación de la acometida aérea o acometida subterránea.

545-6. Instalación de los conductores de entrada de acometida. Los conductores de entrada de acometida se deben instalar después del ensamble de la obra en el sitio.

Excepción: Cuando se conoce el punto de fijación de la acometida antes de la fabricación.

545-7. Ubicación del equipo de acometida. El equipo de acometida debe estar instalado de acuerdo con lo indicado en 230-70(a).

545-8. Protección de conductores y equipos. Se debe proveer la protección para conductores y equipo expuestos durante los procesos de fabricación, embalaje, transporte y ensamble de la obra en el sitio.

545-9. Cajas

a) Otras dimensiones. Se permite el uso de cajas de dimensiones diferentes a aquellas requeridas en la Tabla 370-16(a), cuando estén probadas, identificadas y aprobadas según las normas aplicables.

b) De no más de 1640 cm³. Cualquier caja de no más de 1640 cm³, diseñada para instalarse en construcción cerrada, debe fijarse con anclajes o abrazaderas para que la instalación sea rígida y segura.

545-10. Receptáculo o desconectador con envolvente integral. Se permite instalar un receptáculo o desconectador con envolvente y sus medios de montaje integrales, cuando estén identificados y aprobados según las normas aplicables.

545-11. Unión y puesta a tierra. Los tableros prealambrados y los componentes de un edificio deben tener previsión para unión y puesta a tierra de todas las partes metálicas expuestas que puedan quedar energizadas, de acuerdo con el Artículo 250, Partes E, F y G.

545-12. Conductor del electrodo de puesta a tierra. El conductor del electrodo de puesta a tierra debe reunir los requerimientos del Artículo 250, Parte J. Se deben hacer las provisiones necesarias para el paso del conductor del electrodo de puesta a tierra, desde el equipo de acometida hasta el punto de conexión al electrodo de puesta a tierra.

545-13. Conexión de los componentes. Se permite el uso de accesorios y conectores que se destinen a quedar ocultos en el momento del ensamble en la obra, cuando estén aprobados según normas aplicables, para la conexión de módulos u otros componentes del inmueble. Tales accesorios y conectores deben ser iguales al método de alambrado empleado en cuanto al aislamiento, elevación de temperatura, y corrientes de falla nominales, y deben ser capaces de soportar las vibraciones y movimientos leves que ocurren en los componentes del edificio prefabricado.

ARTICULO 547.- CONSTRUCCIONES AGRICOLAS

547-1. Alcance. Este Artículo se aplica a las construcciones agrícolas o partes de construcciones agrícolas o a aquella parte de un edificio o áreas adyacentes de naturaleza similar o parecida, según se especifica en (a) y (b) siguientes:

a) Polvo excesivo y polvo con agua. Las construcciones agrícolas en las que se pueda acumular polvo excesivo o polvo con agua, incluyendo todas las áreas de las aves de corral, ganado y sistemas de confinamiento de peces, donde pueda acumularse polvo esparcido o polvo de alimento, incluyendo partículas de alimento mineral.

b) Atmósfera corrosiva. Construcciones agrícolas donde existan atmósferas corrosivas. Tales construcciones incluyen áreas en las que:

(1) el excremento de las aves y los animales puede causar vapores corrosivos;

(2) partículas corrosivas pueden combinarse con agua;

(3) el área es húmeda y mojada por razones de lavado periódico para limpieza y saneamiento con agua y agentes limpiadores, y

(4) existencia de condiciones similares.

547-2. Otros Artículos. Para construcciones agrícolas que no tengan las condiciones indicadas en 547-1, las instalaciones eléctricas deben ejecutarse de acuerdo con los Artículos aplicables de esta norma.

547-3. Temperatura superficial. Los equipos o artefactos eléctricos instalados de acuerdo con las disposiciones de este Artículo, se deben instalar de modo que funcionen correctamente a plena carga sin que su temperatura superficial exceda la temperatura de operación normal del equipo o artefacto.

547-4. Métodos de alambrado.

a) Sistemas de alambrado. Los métodos de alambrado basados en cables tipo UF, NMC, de cobre SE u otros cables o canalizaciones adecuadas para el lugar, con accesorios terminales aprobados. Los métodos de alambrado de los Artículos 320 y 502 están permitidos para lo indicado en 547-1(a).

NOTA: Véanse 300-7 y 347-9 para la instalación de sistemas de canalización expuestos a grandes variaciones de temperatura.

b) Montaje. Todos los cables se deben fijar a una distancia no mayor que 20 cm de cada gabinete, caja o accesorio. Para las construcciones cubiertas por este Artículo no se requiere del espacio de aire de 6 mm para cajas, tubo (conduit) y accesorios no metálicos según la Sección 300-6(c).

c) Cajas y accesorios. Todas las cajas y accesorios deben cumplir con lo indicado en 547-5.

d) Conexiones flexibles. Cuando sea necesario emplear conexiones flexibles, se deben usar conectores flexibles, conectores flexibles herméticos al polvo, tubo (conduit) flexible hermético a líquidos, o cordones flexibles aprobados e identificados para uso rudo. Todos los conectores y accesorios utilizados deben ser de tipo aprobado.

(e) Protección física. Todo el alambrado y equipo eléctrico expuesto a daño físico se debe proteger.

(f) Conductor de puesta a tierra de equipo separado. Cuando se requiere poner a tierra las partes metálicas no portadoras de corriente, pertenecientes a equipos, canalizaciones y otros envolventes, esto se debe hacer mediante un conductor de cobre de puesta a tierra de equipos, instalado entre el equipo y el medio de desconexión de la edificación. Si el conductor de puesta a tierra de equipos se instala subterráneo, debe ser aislado o recubierto.

547-5. Desconectores, interruptores automáticos, controladores y fusibles. Los desconectores, interruptores automáticos, controladores y fusibles, incluyendo estaciones de botones, relevadores y dispositivos similares usados en construcciones como las descritas en 547-1(a) y (b), deben estar provistos con envolventes como se especifica en (a) y (b) siguientes:

a) Polvo excesivo y polvo con agua. Para las construcciones descritas en 547-1(a) se deben utilizar envolventes herméticos al polvo y al agua.

b) Atmósfera corrosiva. Para las construcciones descritas en 547-1(b) se deben utilizar envolventes adecuados para las condiciones de la aplicación.

NOTA 1: Véase la Tabla 430-91 para designaciones del tipo de envolventes apropiados.

NOTA 2: El aluminio fundido y el acero magnético pueden corroerse en medios agrícolas.

547-6. Motores. Los motores y otras máquinas eléctricas rotatorias deben estar totalmente cerrados o diseñados de manera que se reduzca al mínimo la entrada de polvo, humedad o partículas corrosivas.

547-7. Luminarios. Los luminarios instalados en las construcciones agrícolas descritas en 547-1 deben cumplir con lo siguiente:

a) Reducir la entrada de polvo. Los luminarios deben estar instalados para reducir la entrada de polvo, materias extrañas, humedad y material corrosivo.

b) Expuestas a daño físico. Cualquier luminario que pueda estar expuesto a daño físico debe estar protegido por una protección adecuada.

c) Expuestas al agua. Un luminario que pueda estar expuesto al agua proveniente de la condensación del agua o de la solución utilizada en el aseo de los edificios, debe ser hermético al agua.

547-8. Equipo de acometida, sistemas derivados separadamente, alimentadores, medios de desconexión y puesta a tierra.

Cuando una o más edificaciones agrícolas son alimentadas desde un punto de distribución, el medio de desconexión y la puesta a tierra de las acometidas y alimentadores debe cumplir con (a), (b), o (c).

(a) Medios de desconexión y protección contra sobrecorriente en construcciones agrícolas. Cuando el medio de desconexión y la protección contra sobrecorriente están localizados en el extremo de carga de los conductores de la acometida, la puesta a tierra del equipo de acometida debe cumplir los requisitos de la Sección 250-23. También debe haber instalado un medio de desconexión en el punto de distribución, cuando dos o más construcciones agrícolas son alimentados desde ese punto de distribución.

(b) Medios de desconexión y protección contra sobrecorriente en el punto de distribución. Cuando el medio de desconexión y la protección contra sobrecorriente están localizados en el punto de distribución, los alimentadores a las construcciones agrícolas deben cumplir los requisitos de la Sección 250-24 y el Artículo 225, parte B.

(c) Medio de desconexión sin protección contra sobrecorriente en el punto de distribución. Cuando el medio de desconexión sin protección contra sobrecorriente está localizado en el punto de distribución y en

el(los) edificio(s) hay ubicados un medio de desconexión y la protección contra sobrecorriente, no se permite la conexión del conductor del circuito puesto a tierra al electrodo de puesta a tierra en el medio de desconexión en cada construcción agrícola, y se deben cumplir todas las condiciones siguientes:

(1) Todo el alambrado de edificaciones y predios está bajo una sola administración.

(2) En el punto de distribución hay un medio de desconexión adecuado para uso como equipo de acometida.

(3) Un conductor de puesta a tierra de los equipos va tendido con los conductores de alimentación y es del mismo tamaño nominal que el conductor de alimentación de mayor tamaño nominal, si son del mismo material, o se ajusta su tamaño nominal de acuerdo con las columnas de tamaño nominal equivalente de la Tabla 250-95, si son de material diferente.

(4) El conductor de puesta a tierra de equipos está unido al conductor del circuito puesto a tierra en el punto de distribución o en la fuente de un sistema derivado separadamente.

(5) Se cuenta con un sistema de electrodo de puesta a tierra, conectado al conductor de puesta a tierra de equipos en el medio de desconexión de la edificación.

Punto de distribución. Una estructura de suministro eléctrico localizada centralmente, de la cual normalmente se alimentan las acometidas o alimentadores de edificaciones agrícolas u otras, incluidas las viviendas asociadas.

547-9. Planos equipotenciales y unión de los planos equipotenciales

(a) **Definición de plano equipotencial.** Un área accesible al ganado, en donde una malla metálica u otros elementos conductores están empotrados en concreto, están unidos a todas las estructuras metálicas y equipos metálicos no eléctricos fijos que se pueden energizar, y están conectados al sistema de puesta a tierra eléctrico, para evitar que dentro de este plano se desarrolle una diferencia de tensión. Para esta Sección, ganado no incluye las aves de corral.

(b) **Generalidades.** En el piso de concreto o áreas de confinamiento de ganado se deben instalar mallas de alambre u otros elementos conductores que deben estar unidos al sistema de electrodo de puesta a tierra de la edificación, para brindar un plano equipotencial que puede tener rampas de gradiente de tensión en las entradas y salidas que son atravesadas a diario por el mismo ganado. El conductor de unión debe ser de cobre, debe estar aislado, recubierto o desnudo, y su tamaño nominal no debe ser menor que 8,37 mm² (8 AWG). El medio de unión a la malla de alambre o elementos conductores deben ser conectores de presión o abrazaderas de bronce, cobre, aleación de cobre o un medio aprobado igualmente sólido.

Excepción 1: No se exige un plano equipotencial cuando no haya acometida eléctrica a la edificación ni equipo metálico accesible al ganado, que tenga probabilidad de energizarse.

Excepción 2: No se exige conectar equipotencialmente los pisos de tablillas sostenidos por estructuras que son una parte de un plano equipotencial.

NOTA 1: Para información adicional sobre los métodos para establecer los planos equipotenciales y rampas de gradientes de tensión, véase el Apéndice B2.

NOTA 2: Las bajas resistencias del sistema de electrodo de puesta a tierra pueden reducir las diferencias de potencial en las instalaciones para ganado.

(c) **Receptáculos.** Todos los receptáculos de 127 V monofásicos, de 15 A o 20 A para propósito general, en áreas que tienen un plano equipotencial deben tener protección con interruptor de circuito por falla a tierra, para el personal.

ARTICULO 550-CASAS MOVILES, CASAS PREFABRICADAS Y SUS ESTACIONAMIENTOS

A. Disposiciones generales

550-1. Alcance. Las disposiciones de este Artículo cubren a los conductores y equipo eléctrico instalados dentro o sobre casas móviles, a los conductores que las conectan al suministro de energía, y a la instalación del alambrado eléctrico, luminarios, equipo y accesorios relacionados con la instalación eléctrica dentro de un estacionamiento de casas móviles hasta los conductores de entrada de acometida, o cuando no exista, al equipo de acometida de la casa móvil.

550-2. Definiciones

Aparato electrodoméstico estacionario. Un aparato electrodoméstico que no se puede trasladar fácilmente de un lugar a otro, en uso normal.

Aparato electrodoméstico fijo. Un aparato electrodoméstico que está sujeto o asegurado por otros medios en un sitio determinado.

Aparato electrodoméstico portátil. Un aparato electrodoméstico que se mueve o que puede ser trasladado de un lugar a otro en uso normal.

NOTA: Para los propósitos de este Artículo, se consideran portátiles los siguientes aparatos electrodomésticos, si no están fijos en la casa móvil y si se conectan por medio de cordón: refrigeradores, estufas a gas o parrillas, lavadoras de ropa, lavavajillas sin equipo de secado y otros aparatos similares.

Area de lavandería. Area que contiene, o está diseñada para contener, lavaderos, lavadoras o secadoras de ropa.

Casa móvil. Una estructura o estructuras ensambladas en fábrica y transportadas en una o varias secciones, que se construyen sobre un chasis permanente y diseñada para ser utilizada como vivienda sin cimientos permanentes, cuando está conectada a los servicios necesarios y tiene instalaciones de plomería, calefacción, aire acondicionado y eléctricas.

Para el propósito de esta norma y a menos que otra cosa se indique, el término "casa móvil" incluye también a las casas prefabricadas.

Casa prefabricada. Una estructura o estructuras ensambladas en fábrica y transportadas en una o varias secciones, que lleva(n) un rótulo que las identifica como una casa prefabricada, que se construyen sobre un chasis permanente y diseñada para ser utilizada como vivienda, con cimentación permanente o sin ella, cuando está conectada a los servicios necesarios y tiene instalaciones de plomería, calefacción, aire acondicionado y eléctricas.

Conjunto de alimentación. Los conductores de alimentación aéreos o en una canalización bajo el chasis, incluyendo el conductor de puesta a tierra, con los accesorios y equipos necesarios, o un cordón de alimentación aprobado para uso en casas móviles, diseñado para suministrar energía desde la fuente de alimentación eléctrica al tablero de distribución colocado dentro de la casa móvil.

Edificio o estructura auxiliar para casas móviles. Cualquier toldo, cabaña, palapa, gabinete de almacenamiento, cobertizo para vehículos, cerca, pórtico o vestíbulo, establecidos para el uso de los ocupantes de la casa móvil en un lote para casas móviles.

Equipo de acometida para casas móviles. Equipo que contiene los medios de desconexión, dispositivos de protección contra sobrecorriente y los receptáculos u otros medios para conectar el conjunto de alimentación de una casa móvil.

Estacionamiento para casas móviles. Un terreno destinado a ubicar casas móviles que estén ocupadas.

Lote para casas móviles. Parte de un estacionamiento para casas móviles destinada a acomodar una casa móvil y sus construcciones o estructuras accesorias, para uso exclusivo de sus ocupantes.

Tablero de distribución. Véase la definición de tablero de alumbrado y control en el Artículo 100.

Sistema de alambrado eléctrico del estacionamiento. Todo el alambrado eléctrico, luminarios, equipos y accesorios, relacionados con las instalaciones eléctricas dentro de un estacionamiento para casas móviles, incluyendo el equipo de acometida de la casa móvil.

550-3. Otros Artículos. Cuando los requisitos establecidos en otros Artículos de esta norma y el Artículo 550 difieran, se deben aplicar los del Artículo 550.

550-4. Requisitos generales

a) Casas móviles no destinadas para vivienda. Las casas móviles no destinadas para vivienda, como por ejemplo, las equipadas únicamente como dormitorios, las oficinas de contratistas en la obra, los dormitorios en las obras de construcción, camerinos de estudios móviles, bancos, clínicas, tiendas móviles o las destinadas a la exhibición o exposición de mercancías o maquinarias, no requieren reunir los requisitos de este Artículo relativos al número y capacidad de los circuitos requeridos. Sin embargo, deben cumplir con todos los demás requisitos aplicables de este Artículo si están provistas de una instalación eléctrica destinada a estar energizada con un sistema de alimentación de c.a. de 120 V o 127 V, o 120/240 V o 220Y/127 V, según el caso. Cuando se requiera una tensión eléctrica diferente por cualquier diseño o disponibilidad del

sistema de alimentación, se deben efectuar ajustes de acuerdo con otros Artículos y Secciones para la tensión eléctrica utilizada.

b) Estacionamiento en sitios diferentes a los destinados para casas móviles. Las casas móviles instaladas en sitios distintos a los estacionamientos destinados para casas móviles deben cumplir con las disposiciones de este Artículo.

c) Conexión del sistema de alambrado. Las disposiciones de este Artículo aplican a casas móviles destinadas a conectarse a un sistema de alambrado con tensión eléctrica de 120/240 V o 220Y/127 V nominales, de tres hilos en c.a. con un conductor neutro puesto a tierra.

d) Aprobado. Todos los materiales eléctricos, dispositivos, aparatos, accesorios y otros equipos deben estar aprobados y estar conectados de manera apropiada cuando sean instalados. Véase 110-2.

B. Casas móviles

550-5. Suministro de energía

a) Alimentador. El suministro de energía a la casa móvil debe ser con un conjunto alimentador consistente de no más de un cordón de alimentación aprobado para casas móviles de 50 A, con una clavija conectada firmemente o moldeada integralmente, o un alimentador instalado permanentemente.

Excepción 1: Se permite que una casa móvil equipada en fábrica con calefacción central y aparatos de cocina con quemadores a gas o petróleo, esté provista con un cordón de suministro de energía aprobado de 40 A de capacidad.

Excepción 2: Casas prefabricadas construidas de acuerdo con lo indicado en la Sección 550-23(b).

b) Cordón de suministro de energía. Si la casa móvil tiene un cordón de suministro de energía, éste debe estar permanentemente conectado al tablero de distribución o a una caja de empalme permanentemente conectada al tablero de distribución, con el extremo libre del cordón flexible terminado en una clavija.

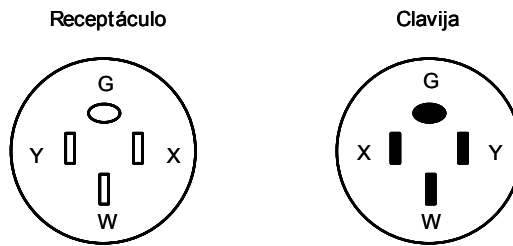
Los cordones con adaptadores o terminales en espiral, extensiones, y similares no deben instalarse en las casas móviles, ni equiparlas con ellos.

Una abrazadera adecuada o su equivalente debe proveerse en el disco desprendible del tablero de distribución, para que la tensión mecánica transmitida por el cordón de alimentación no se transmita hasta las terminales cuando el cordón de alimentación se maneja de la manera prevista.

El cordón utilizado debe ser aprobado con cuatro conductores, uno de los cuales debe estar identificado con color verde continuo o verde con una o más franjas amarillas, para ser utilizado como conductor de puesta a tierra.

c) Clavija. La clavija debe ser de tres polos cuatro hilos, con conexión de puesta a tierra, para 220Y/127 V, con una capacidad de 50 A, con una configuración como la indicada en la Figura 550-5(c), y diseñada para usarse con un receptáculo de 220Y/127 V, 50 A, con una configuración como la mostrada en la Figura 550-5(c). La clavija debe estar aprobada individualmente, o como parte de un conjunto de un cordón de alimentación para este propósito, y debe estar moldeada o instalada en el cordón flexible, de tal manera que sea herméticamente asegurada al cordón en el punto donde el cordón entra a la cubierta de la clavija. Si se utiliza una clavija de ángulo recto, la configuración debe estar orientada de tal manera que el polo de puesta a tierra sea el más alejado del cordón.

NOTA: Para información adicional sobre la configuración de receptáculos y clavijas de 50 A, véase el Apéndice B2.



127220 V, 50 A, 3 polos, 4 hilos, tipo de puesta a tierra

Donde:

G: puesta a tierra

W: puesto a tierra

X, Y: conductores de fase

FIGURA 550-5 (c).- Configuraciones de receptáculo y clavija de 220Y/127 V, 50 A, tres fases cuatro hilos, con conductor puesto a tierra, para uso con cordones de alimentación en casas móviles y sus estacionamientos.

d) Longitud total del cordón de suministro de energía. La longitud total del cordón de suministro de energía, medido desde uno de sus extremos, incluyendo sus terminales, hasta el frente de la clavija, no debe ser menor que 6,5 m y no debe exceder de 11 m, la longitud del cordón desde el frente de la clavija hasta el punto donde el cordón entra a la casa móvil no debe ser menor que 6 m.

e) Marcado. El cordón de suministro de energía debe tener el siguiente marcado:

"Para uso en casas móviles - 40 A"

o

"Para uso en casas móviles - 50 A".

f) Punto de entrada. El punto de entrada del conjunto alimentador a la casa móvil debe estar en la pared exterior, en el piso o en el techo.

g) Protección mecánica. Cuando el cordón pase a través de paredes o pisos, debe protegerse por medio de tubo (conduit) y boquillas (monitores) o su equivalente. El cordón se puede instalar dentro de las paredes de la casa móvil por medio de una canalización continua de un tamaño máximo de 35 mm, instalado desde el tablero del circuito derivado hasta la parte inferior del piso de la casa móvil.

h) Protección contra la corrosión y contra daños mecánicos. Se deben tomar medidas permanentes para la protección contra la corrosión y daños mecánicos de la clavija del cordón de suministro de energía y cualquier conjunto del cordón conector o receptáculo, si tales dispositivos se sitúan en un lugar exterior mientras la casa móvil esté en tránsito.

i) Mufa para acometida aérea o canalización. Cuando la carga calculada exceda de 50 A, o cuando se utilice un alimentador permanente, la alimentación debe hacerse por uno de los medios siguientes:

1) Una acometida aérea con mufa instalada de acuerdo con el Artículo 230, que contenga cuatro conductores continuos aislados, con conductores alimentadores codificados por colores, uno de los cuales debe ser el conductor de puesta a tierra del equipo; o

2) Una canalización metálica o un tubo (conduit) no metálico tipo pesado desde los medios de desconexión de la casa móvil hasta la parte inferior de la misma, con medios para unirse a una caja de empalme apropiada o a un accesorio a la canalización en la parte inferior de la casa móvil (con o sin conductores, según se indica en 550-5(i)(1)).

550-6. Medios de desconexión y equipos de protección de los circuitos derivados. Se permite que el equipo de los circuitos derivados esté combinado con los medios de desconexión en un solo conjunto. Se permite que tal combinación se designe como un tablero de alumbrado y control. Si se usa un tablero de alumbrado y control con fusibles, la máxima capacidad de los fusibles principales debe estar marcada claramente con letras de por lo menos 6 mm de altura, que sea claramente visible al cambiar los fusibles.

Cuando se utilicen fusibles de tapón, sus portafusibles deben ser del tipo S, resistentes a la manipulación indebida y deben estar dentro de un tablero de fusibles de frente muerto. Los tableros de distribución con interruptores automáticos deben ser también del tipo de frente muerto.

NOTA: Véase 110-22, referente a la identificación de cada medio de desconexión y cada acometida, alimentador o circuito derivado en el punto donde éste se origina y el tipo de marcado requerido.

a) Medios de desconexión. Cada casa móvil debe estar provista de un medio de desconexión único ya sea con interruptor automático o desconectador y fusibles y sus accesorios, instalados en un lugar de fácil acceso, cerca del punto de entrada del cordón o de los conductores de suministro dentro de la casa móvil. El interruptor automático principal o los fusibles deben estar claramente marcados con la palabra "Principal". Este equipo debe tener un conector de puesta a tierra sin soldadura o una barra para puesta a tierra, con suficientes terminales para todos los conductores de puesta a tierra. El conector de la barra del neutro de los conductores puestos a tierra debe estar aislada de acuerdo con lo indicado en 550-11(a). El equipo de desconexión debe tener la capacidad adecuada para la carga conectada. El equipo de distribución, ya sea del tipo interruptor automático o con fusibles, debe estar localizado a un mínimo de 60 cm, medidos desde la parte inferior de tales equipos hasta el nivel del piso de la casa móvil.

NOTA: Véase la Sección 550-15(b) para información de los medios de desconexión de circuitos derivados diseñados para energizar equipos de calefacción, aire acondicionado o ambos, localizados fuera de la casa móvil, diferentes de los acondicionadores de aire de habitación.

El tablero de alumbrado y control debe tener por lo menos una capacidad de 50 A y debe emplear un interruptor automático bipolar de 40 A para un cordón de alimentación de 40 A, o, respectivamente, de 50 A para un cordón de alimentación de 50 A. Si el tablero de alumbrado y control emplea un desconectador con fusibles, debe ser de 60 A nominales y debe tener un solo portafusibles de dos polos a 60 A, con fusibles principales de 40 A o 50 A para cordones de suministro de 40 A o 50 A, respectivamente. El exterior del tablero de distribución debe estar marcado claramente visible con la capacidad del fusible.

El tablero de alumbrado y control se debe colocar en un lugar accesible; pero no se debe colocar ni en baños ni en armarios de ropa. Se debe proveer un espacio libre de trabajo de por lo menos 75 cm de ancho por 75 cm en el frente del tablero de alumbrado y control. Este espacio debe extenderse desde el piso hasta la parte superior del tablero.

b) Equipo de protección de los circuitos derivados. En cada casa móvil se debe instalar un tablero de alumbrado y control de circuitos derivados y debe incluir una protección contra sobrecorriente para cada circuito derivado, que contenga interruptores automáticos o fusibles.

Los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados deben ser de una capacidad:

- (1) no mayor que la de los conductores del circuito, y
- (2) no mayor que 150% el valor nominal de un solo aparato electrodoméstico con capacidad de 13,3 A o mayor, que esté alimentado por un circuito derivado individual, pero
- (3) no superior a la del dispositivo de protección contra sobrecorriente del tipo marcado en aparatos electrodoméstico de aire acondicionado u otro aparato electrodoméstico accionado por motor.

Se permite un receptáculo múltiple de 15 A cuando se conecte a un circuito de lavandería de 20 A.

c) Interruptores automáticos bipolares. Cuando se provean interruptores automáticos para la protección de los circuitos derivados de 220 V, deben estar protegidos por interruptores automáticos bipolares de disparo común o simultáneo, o dos unidades monopolares de una sola palanca (con las dos palancas unidas mecánicamente en una sola).

d) Placa de datos eléctricos. Una placa de datos metálica en la parte exterior adyacente a la entrada del conjunto de alimentación, debe tener la leyenda:

"ESTA CONEXION ES PARA 127/220 V O 120/ 240 V, 3 POLOS 4 HILOS, 60 Hz, CON UN SUMINISTRO DE _____ A".

La capacidad nominal de corriente se debe indicar en el espacio en blanco.

550-7. Circuitos derivados. El número de circuitos derivados requeridos debe estar determinado de acuerdo con (a) hasta (c) siguientes:

a) Alumbrado. Se toma como base la carga unitaria de 33 VA/m², valor que se multiplica por el área de la casa móvil, se consideran las dimensiones exteriores (se excluye el acoplador de enganche), y se divide entre 120 V o 127 V para determinar el número de circuitos derivados de 15 A o de 20 A, es decir:

$$\frac{33 \times \text{longitud} \times \text{ancho}}{120 \times 15 \text{ A (o } 20 \text{ A)}} = \text{No. de circuitos de 15 A (o 20 A)}$$

$$\frac{33 \times \text{longitud} \times \text{ancho}}{127 \times 15 \text{ A (o } 20 \text{ A)}} = \text{No. de circuitos de 15 A (o 20 A)}$$

Se permite que los circuitos de alumbrado puedan alimentar hornos de gas empotrados que contengan únicamente dispositivos eléctricos tales como: lámparas, relojes, temporizadores o unidades trituradoras de basura conectados por un cordón aprobado.

b) Aparatos electrodomésticos pequeños. Los circuitos derivados para aparatos electrodomésticos pequeños se deben instalar de acuerdo con lo indicado en la Sección 210-52(b).

c) Aparatos electrodomésticos en general. (Incluidos radiadores, calentadores de agua, cocina y equipo de aire acondicionado central o de habitación o aparato similar). Debe haber uno o más circuitos derivados de capacidad adecuada de acuerdo con (1) a (4) siguientes:

NOTA 1: Para el circuito derivado de lavandería véase la Sección 220-4(c).

NOTA 2: Para equipo de aire acondicionado central véase el Artículo 440.

1) La corriente eléctrica nominal de los aparatos electrodomésticos fijos no debe ser mayor que 50% de la capacidad del circuito derivado si hay salidas de alumbrado en el mismo circuito (los receptáculos que no sean para la cocina, el comedor y la lavandería, se consideran como salidas de alumbrado).

2) Para aparatos electrodomésticos fijos en un circuito sin salidas de alumbrado, la suma de la corriente eléctrica nominal no debe exceder la capacidad del circuito derivado. Las cargas de motores u otras cargas de servicio continuo, no deben exceder 80% de la capacidad del circuito derivado.

3) La capacidad de aparatos electrodomésticos conectados con un solo cordón y clavija en un circuito que no tenga otras salidas, no debe ser mayor que 80% de la capacidad nominal del circuito.

4) La capacidad del circuito derivado se debe basar en las demandas nominales especificadas en 550-13(b)(5).

550-8. Salidas para receptáculos

a) Salidas para receptáculos del tipo con terminal de puesta a tierra. Todas las salidas para receptáculos deben:

(1) ser del tipo con terminal de puesta a tierra;

(2) instalarse de acuerdo con lo indicado en la Sección 210-7, y

(3) ser sencillos o dobles, de 15 A o 20 A, 120 V o 127 V y aceptar clavijas de espigas paralelas, excepto cuando se alimenten aparatos electrodomésticos específicos.

b) Interruptores de circuito por falla a tierra. Todas las salidas para receptáculo monofásicas de 120 V o 127 V, 15 A y 20 A instaladas en exteriores y en baños, incluyendo los receptáculos para alumbrado, deben tener un interruptor de circuito por falla a tierra para protección de personas. Estos deben proveerse para cada salida para receptáculo localizado a menos de 1,8 m de cualquier lavabo o inodoro.

Excepción: Receptáculos instalados para aparatos electrodomésticos en espacios dedicados, tales como lavavajillas, trituradoras de desperdicios, refrigeradores, congeladores, lavadoras y secadoras.

No se requieren receptáculos en áreas ocupadas por inodoros, regaderas, tinas o cualquier combinación de éstas. Si se requiere instalar un receptáculo en tales áreas, éste debe tener un interruptor de circuito por falla a tierra para protección de personas.

Se permite que los alimentadores de los circuitos derivados estén protegidos por un interruptor de circuito por falla a tierra, en lugar de lo previsto para los interruptores aquí especificados.

c) Aparato electrodoméstico fijo conectado con cordón. Se debe proveer una salida para receptáculo del tipo con terminal de puesta a tierra para cada aparato electrodoméstico fijo conectado con cordón.

d) Salidas requeridas para receptáculos. Se deben proveer salidas para receptáculos en todos los cuartos que no sean baños, armarios o estancias, de tal modo que ningún punto a lo largo de una línea recta

en el piso, esté a más de 1,8 m medidos horizontalmente, desde cualquier salida en tal espacio. Los espacios ocupados por mostradores y mesas de trabajo deben tener receptáculos a cada 1,8 m. Se permite la medición contigua de la línea del piso y el mostrador o mesa de trabajo, cuando sea medida a partir del receptáculo requerido, en los cuartos que requieran circuitos para aparatos electrodomésticos pequeños. Las salidas para receptáculos en circuitos de aparatos electrodomésticos pequeños no se deben incluir en la determinación del espaciamiento de salidas para receptáculos de otros circuitos.

Excepción 1: Cuando la distancia medida está interrumpida por una puerta interior, fregadero, refrigerador, estufa, horno u otros equipos de cocina, se debe proveer una salida adicional para receptáculo si el espacio interrumpido es cuando menos de 60 cm de ancho en la línea del piso o cuando menos de 30 cm en la parte superior del mostrador o mesa de trabajo.

Excepción 2: Los receptáculos que resulten de difícil acceso debido a aparatos electrodomésticos estacionarios, no deben considerarse como salidas requeridas.

Excepción 3: La distancia horizontal a lo largo del piso, ocupada por una puerta totalmente abierta, no se debe incluir para establecer la medida horizontal si el giro de la puerta está limitado a 90° porque se lo impide la pared.

Excepción 4: Se permite que los requisitos de receptáculos para mostradores tipo barra y divisiones de cuarto fijas, sean provistos con una salida para receptáculo en la pared en el punto más cercano, cuando la barra o división de cuarto se une a la pared siempre que:

- a. la división no exceda de 2,5 m de longitud; y
- b. la división no exceda de 1,2 m de altura, y
- c. la división se fije al muro solamente en un extremo.

e) Salidas para receptáculos en exteriores. Se debe instalar al menos una salida para receptáculo en el exterior. Se debe considerar como receptáculo exterior, a una salida para receptáculo instalada en un compartimento accesible desde el exterior de la casa móvil. La salida para receptáculo en el exterior se debe proteger según se especifica en 550-8(b).

f) Salidas para receptáculos no permitidas

1) Regaderas y tinas. No se deben instalar salidas para receptáculos en o dentro de un alcance de 75 cm de una regadera o espacio de la tina.

2) Posición con el frente hacia arriba. Un receptáculo no debe estar instalado con el frente hacia arriba en cualquier mostrador o mesa de trabajo.

g) Salidas para cable de calefacción de tubería. Cuando se instale un cable de calefacción de tubería, la salida debe estar:

- (1) Localizada a una distancia no mayor que 60 cm de la entrada de agua fría.
- (2) Conectada a un circuito derivado interior diferente de un circuito derivado de aparatos electrodomésticos pequeños. Se permite utilizar un circuito de tomacorrientes del cuarto de baño para este propósito.
- (3) En un circuito en el que todas las salidas están en el lado de carga del interruptor de circuito por falla a tierra para protección de personas.
- (4) Montada en la parte inferior de la casa móvil y no se debe considerar como la salida para receptáculo exterior exigida en la Sección 550-8(e).

550-9. Luminarios y accesorios

a) Fijación de los aparatos electrodomésticos en tránsito. Se deben proveer los medios para asegurar firmemente los aparatos electrodomésticos cuando la casa móvil esté en tránsito (véase 550-11 para los requerimientos de puesta a tierra).

b) Accesibilidad. Cada aparato electrodoméstico debe estar accesible para inspección, limpieza, reparación o reemplazo sin que sea necesario quitar cualquier parte fija de la construcción.

c) Colgantes. Los luminarios de tipo colgante o cordones de tipo colgante deben estar aprobados e identificados para la conexión de los componentes del edificio.

d) Luminarios en regaderas y tinas. Cuando un luminario se instale sobre una tina o en un compartimento para la regadera, éste debe estar cerrado, con empaques y aprobado para lugares mojados.

e) Localización de interruptores. Los interruptores para un luminario en la regadera y para ventiladores de extracción localizados sobre una tina o compartimento de regadera deben estar localizados fuera del espacio de la tina o de la regadera.

550-10. Métodos de alambrado y materiales. Con excepción de las limitaciones especificadas en esta Sección los métodos de alambrado y los materiales incluidos en esta norma deben ser utilizados en casas móviles. No se permite en circuitos derivados, el uso de conductores de aluminio, aleación de aluminio o de cobre con recubrimiento de aluminio.

a) Cajas no metálicas. Se permiten cajas no metálicas únicamente con canalizaciones no metálicas o cables con cubierta no metálica.

b) Protección del cable con cubierta no metálica. El cable con cubierta no metálica instalado a 38 cm o menos por arriba del piso, si está expuesto, se debe proteger contra daño físico con paneles, bandas de resguardo o canalizaciones. El cable susceptible de dañarse en el almacenamiento debe estar protegido en todos los casos.

c) Protección de cables con cubierta metálica o no metálica. Se permite que los cables con cubierta metálica o no metálica pasen a través del centro de la parte más ancha de los montantes de 5 cm x 10 cm. Sin embargo, se deben proteger cuando pasen a través de montantes de 5 cm x 5 cm o en otros, o marcos en los que el cable o armado, esté a menos de 3 cm de la superficie interior o exterior de los montantes, cuando los materiales que cubren la pared estén en contacto con aquéllos. Para proteger al cable se requieren placas de acero a cada lado del cable, o tubo de un espesor de pared no menor que 1,5 mm. Estas placas o tubos se deben fijar firmemente en su sitio.

d) Placas frontales metálicas. Cuando se usen placas frontales metálicas, deben estar puestas a tierra, eficazmente.

e) Requerimientos de instalación. Si una cocina, secadora de ropa u otros aparatos electrodomésticos similares, se conectan con cable con cubierta metálica o tubo (conduit) metálico flexible, se debe dejar una longitud libre de cable o de tubo (conduit) de cuando menos 90 cm, para permitir el movimiento del aparato electrodoméstico. El cable o tubo (conduit) metálico flexible debe estar asegurado a la pared. Los cables tipo dúplex no deben usarse para conectar una cocina o una secadora. Esto no prohíbe el uso del cable tipo dúplex entre el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado y la caja de conexiones, o el receptáculo de la cocina o la secadora.

f) Canalizaciones. Cuando un tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado termine en una envolvente con una conexión con contratuerca y boquilla (monitor), se deben proveer dos contratuercas, una en el interior y otra en el exterior de la envolvente. Se permite el uso de tubo (conduit) no metálico tipo pesado o ligero. Todos los extremos cortados de tubo (conduit) deben escarearse o darle un acabado para eliminar los filos cortantes.

g) Interruptores. Los interruptores deben tener las capacidades siguientes:

1) Para los circuitos de alumbrado, los interruptores deben tener una capacidad nominal no menor que 10 A, a 120 V o 127 V y en ningún caso menor que la carga conectada.

2) Para motores u otras cargas, los interruptores deben tener una capacidad en corriente eléctrica o potencia, o ambas, adecuada a la carga controlada. (Se permite un interruptor de acción rápida (por resorte) de uso general en c.a. para controlar un motor de 1 492 W (2 CP) o menos con una corriente eléctrica a plena carga no mayor que 80% del valor nominal en corriente eléctrica del interruptor).

h) Alambrado bajo el chasis (expuesto a la intemperie)

1) Cuando el alambrado de líneas de tensión eléctrica sea exterior o debajo del chasis (120 V o mayor) y esté expuesto a la humedad o a daño físico, éste debe estar protegido con tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado. Los conductores deben ser adecuados para lugares mojados.

Excepción: Se permite tubo (conduit) metálico tipo ligero o no metálico tipo pesado cuando en su recorrido esté apoyado en estructuras y cajas de equipo.

2) Los cables o conductores deben ser de los tipos NMC, THW o equivalente.

i) Cajas, accesorios y gabinetes. Las cajas, accesorios y gabinetes deben estar firmemente asegurados en su lugar y deben estar apoyados a un miembro estructural de la casa, directamente o utilizando un refuerzo resistente.

Excepción: Cajas tipo de fijación rápida (por resorte). Las cajas que están provistas con soportes especiales para pared o plafón y los artefactos eléctricos con cajas integrales, que pueden asegurarse firmemente a las paredes o al plafón, y que estén marcados para ese uso, se permiten sin soportarse de un

miembro estructural o soporte. La prueba y aprobación debe incluir a los sistemas de construcción de paredes y plafones para los cuales las cajas y dispositivos son destinados a ser utilizados.

j) Conexiones terminales de aparatos electrodomésticos. Los aparatos electrodomésticos que tengan conexiones terminales de un circuito derivado que opere a temperaturas mayores a 60°C, deben tener conductores de circuito que cumplan con lo indicado en los incisos siguientes:

1) Se permite que los conductores de circuitos derivados que tengan un aislamiento adecuado para la temperatura a la que sean sometidos, entren directamente al aparato electrodoméstico.

2) Los conductores que tengan un aislamiento adecuado para la temperatura a que son sometidos, deben ir desde la conexión terminal del aparato electrodoméstico hasta una caja de salida de fácil acceso, colocada cuando menos a 30 cm del aparato electrodoméstico. Estos conductores deben estar en una canalización adecuada, la cual se debe extender cuando menos 1,2 m.

k) Conexión de componentes. Los conectores y accesorios destinados a estar ocultos al momento del armado, deben estar aprobados e identificados para la conexión de los componentes del edificio. Los accesorios y conectores deben ser iguales al método de alambrado empleado en cuanto a su aislamiento, elevación de temperatura, resistencia a la corriente eléctrica de falla y deben ser capaces de soportar las vibraciones y golpes producidos durante el transporte de la casa móvil.

550-11. Puesta a tierra. La puesta a tierra de las partes metálicas eléctricas y no eléctricas en una casa móvil debe hacerse a través de la conexión a una barra de puesta a tierra en el tablero de distribución de la casa. La barra de puesta a tierra debe conectarse a tierra utilizando un conductor con aislamiento de color verde del cordón de suministro o del alambrado del alimentador a la puesta a tierra de la acometida, instalado en el equipo de acometida, localizado adyacente al lugar de la casa móvil. Ni la estructura de la casa móvil, ni la carcasa de cualquier aparato eléctrico, deben conectarse al conductor de circuito puesto a tierra (neutro) en la casa móvil.

a) Neutro aislado

1) El conductor puesto a tierra (neutro), debe estar aislado de los conductores de puesta a tierra y de las cajas de los equipos y de otras partes puestas a tierra. Las terminales del neutro en el tablero de distribución y en estufas portátiles, secadoras de ropa, cocinas unitarias para mostrador o mesas de trabajo y hornos montados en la pared, deben aislarse de las cajas de equipo. Los tornillos, cintas o barras de unión en el tablero de distribución o en aparatos electrodomésticos deben ser retirados y desechados.

2) Las conexiones de estufas y secadoras de ropa a 120 V o 220Y/127 V de tres hilos, se debe hacer con un cordón de cuatro conductores y una clavija con terminal de puesta a tierra de tres polos cuatro hilos, o por cables tipo AC, MC, o con conductores dentro de tubo (conduit) metálico flexible.

b) Medio de puesta a tierra de equipo

1) El conductor aislado de color verde en el cordón de suministro o en el alambrado alimentador permanente, debe estar conectado a la barra de puesta a tierra del tablero de distribución o de los medios de desconexión.

2) En el sistema eléctrico, toda parte metálica expuesta, caja, estructura, tapas ornamentales de luminarios y similares, deben estar unidas efectivamente a la terminal de puesta a tierra o a la envolvente del tablero de distribución.

3) Los aparatos electrodomésticos conectados con cordón, tales como lavadoras, secadoras de ropa, refrigeradores y los sistemas eléctricos de las estufas de gas y similares, deben estar puestos a tierra por medio de un cordón con conductor de puesta a tierra y una clavija con terminal de puesta a tierra.

c) Unión de partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica

1) Toda parte metálica expuesta no portadora de corriente eléctrica, y que puede estar energizada debe estar unida en forma efectiva a la terminal de puesta a tierra o a la envolvente del tablero de distribución. Se debe conectar un conductor de unión entre el tablero de distribución y alguna terminal accesible en el chasis.

2) Las terminales de puesta a tierra deben ser del tipo sin soldadura y aprobadas como conectores a compresión adecuados para el tamaño del conductor utilizado. El conductor de unión debe ser alambre o cable cableado, aislado o desnudo y de cobre de tamaño nominal no menor que 8,37 mm² (8 AWG). El conductor de unión se debe instalar de tal manera que no quede expuesto a daño físico.

3) La tubería metálica de gas, agua, desagüe y los ductos metálicos de circulación de aire se consideran unidos si están conectados a la terminal en el chasis (véase 550-11(c)(1)) para abrazaderas, conectores sin soldadura o para cintas del tipo de puesta a tierra.

4) Cualquier techo metálico o cubierta exterior se considera unido si:

(a) las láminas metálicas están traslapadas entre sí y están firmemente aseguradas a las partes estructurales de madera o metal con sujetadores metálicos y

(b) si la parte inferior de la lámina de la cubierta metálica exterior se asegura por medio de sujetadores metálicos en cada miembro de cruce del chasis por dos cintas metálicas por unidad de casa móvil o sección en los extremos opuestos.

El material de la cinta de unión debe ser de un ancho mínimo de 10 cm y de material equivalente al del techo o de un material de conductividad eléctrica igual o mejor. La cinta debe fijarse con un accesorio que penetre la pintura, tal como tornillos o arandelas con puntas en forma de estrella o su equivalente.

550-12. Pruebas

a) **Prueba de rigidez dieléctrica.** El alambrado de cada casa móvil debe ser sometido a una prueba de rigidez dieléctrica de 900 V durante un minuto (con todos los desconectores cerrados), que se aplique entre las partes vivas (incluyendo el neutro) y la tierra de la casa móvil. Alternativamente, se permite que la prueba se ejecute a 1 080 V durante un segundo. Esta prueba se debe hacer después de que los circuitos derivados estén terminados y que los equipos de alumbrado y aparatos electrodomésticos han sido instalados.

Excepción: Los equipos de alumbrado y aparatos electrodomésticos que estén aprobados no requieren ser sometidos a la prueba de rigidez dieléctrica.

b) **Pruebas de continuidad, operación y verificación de la polaridad. Cada casa móvil debe ser sujeta a todo lo siguiente:**

1) una prueba de continuidad eléctrica para asegurar que todas las partes expuestas eléctricamente conductoras están unidas apropiadamente;

2) una prueba de operación eléctrica, para demostrar que todo el equipo, con excepción de calentadores de agua y hornos eléctricos, estén conectados y operen adecuadamente, y

3) una verificación de la polaridad eléctrica del equipo permanentemente alambrado y de las salidas para receptáculos para determinar que las conexiones se han realizado apropiadamente.

550-13. Cálculos. El siguiente método debe ser empleado para calcular la carga del cordón de suministro y del tablero de distribución para cada conjunto alimentador, para cada casa móvil, en lugar del procedimiento indicado en el Artículo 220 y debe basarse en una alimentación de 120/240 V o 220Y/127 V, tres hilos, con cargas de 120 V o 127 V balanceadas entre dos fases de un sistema de tres hilos.

a) Carga de alumbrado y de aparatos electrodomésticos pequeños

Volt-Ampere para alumbrado: Se consideran $32,2 \text{ VA/m}^2 \times \text{longitud} \times \text{ancho} = \text{VA de alumbrado}$.

Volt-Ampere para aparatos electrodomésticos pequeños: Se consideran 1500 VA por cada circuito de receptáculos para aparatos electrodomésticos de 20 A (véase la definición de aparato electrodoméstico portátil) incluyendo 1500 VA para el circuito de lavandería, es decir:

Número de circuitos \times 1500 = VA de aparatos electrodomésticos pequeños.

Total = VA de alumbrado + VA de aparatos electrodomésticos pequeños.

Los primeros 3 000 VA se consideran a 100% y para el resto de la carga se considera un factor de 35% = _____ VA que se dividen entre 220 V o 240 V para obtener los amperes por fase.

b) **Carga total para determinar el suministro de energía.** La carga total para determinar el suministro de energía es la suma de:

1) La carga de alumbrado y de aparatos electrodomésticos pequeños calculada según lo establecido en 550-13(a).

2) Los A de la placa de datos de motores, calentadores y otras cargas (extractores, equipos de aire acondicionado, calefacción eléctrica, de gas o combustible).

Se omiten las cargas más pequeñas de calefacción o enfriamiento, excepto cuando el ventilador se use como evaporador del aparato del aire acondicionado. Cuando no esté instalado un equipo de aire acondicionado y se provea un cordón de suministro de energía de 40 A, se debe dejar una reserva de 15 A para aire acondicionado por fase.

3) 25% de la corriente eléctrica del motor mayor.

4) Los amperes de la placa de datos de un triturador de desperdicios, lavavajillas, calentador de agua, secadora de ropa, horno de pared y cocinetas.

Cuando el número de estos aparatos es mayor que tres, aplicar un factor de 75% sobre el total.

5) Calcular los amperes para estufas y hornos integrados (distintas a los hornos y cocinetas) al dividir entre 220 V o 240 V los valores indicados a continuación:

Potencia en la placa de datos (W)	Volt-Ampere a usar (VA)
0 hasta 10 000	80% de la potencia nominal
De 10 001 a 12 500	8 000
De 12 501 a 13 500	8 400
De 13 501 a 14 500	8 800
De 14 501 a 15 500	9 200
De 15 501 a 16 500	9 600
De 16 501 a 17 500	10 000

6) Si existen salidas o circuitos para aparatos electrodomésticos distintos de los instalados en fábrica, debe incluirse la carga estimada.

Véase a continuación un ejemplo de aplicación de estos cálculos.

Ejemplo:

Una casa móvil de 20 m x 3 m y con dos circuitos para aparatos, un calentador de 1 000 VA a 220 V, un extractor de aire de 200 VA a 127 V, un lavavajillas de 400 VA a 127 V y una estufa eléctrica de 6000 VA a 220 V.

Carga para alumbrado y aparatos electrodomésticos pequeños:

Alumbrado: 20 x 3 x 32,2 VA/m ²	1932 VA
Aparatos electrodomésticos pequeños 1500 x 2	3 000 VA
Lavandería 1500 x 1	<u>1500 VA</u>
Subtotal	6 432 VA
Los primeros 3 000 VA a 100%	3 000 VA
Resto a 35% (6 432 - 3 000) X 0,35	<u>1 201 VA</u>
Subtotal	4201 VA

4201 VA / 220 V = 19,09 A por fase

	Carga por fase (A)	
	A	B
Alumbrado y aparatos electrodomésticos	19,09	19,09
Calentador 1 000 VA / 220 V =	4,54	4,54
Extractor de aire 200 VA / 127 V =	1,57	
Lavavajillas 400 VA / 127 V =		3,15
Estufa 6000 VA X 0,8 / 220 V =	<u>21,82</u>	<u>21,82</u>
Carga total por fase	47,02	48,60

c) Método opcional para cálculo de la carga para alumbrado y para aparatos electrodomésticos.

Para remolques estacionados se permite el método opcional para calcular la carga para alumbrado y aparatos electrodomésticos mostrado en 220-30 y Tabla 220-30.

550-14. Conexión de unidades de casas móviles de sección múltiple. Se deben usar métodos de alambrado aprobados de tipo fijo, para unir partes de un circuito que debe estar unido eléctricamente y que está localizado en secciones adyacentes de casas móviles, después de que la casa sea instalada sobre su

cimentación de soporte. Las uniones de los circuitos deben estar accesibles para desarmarse cuando la vivienda se prepare para su reubicación.

550-15. Salidas, luminarios, equipo de enfriamiento de aire y similares en exteriores

a) Aprobado para uso en exterior. Los luminarios y equipo en exteriores deben ser del tipo aprobado para uso en exteriores. Las salidas para receptáculos y otras salidas instaladas en el exterior deben ser del tipo con tapa y empaque, adecuadas para uso en lugares mojados.

b) Equipos de calefacción y/o de aire acondicionado en exteriores. Un circuito derivado de una casa móvil para alimentar salidas de equipo de calefacción y/o de aire acondicionado localizados en el exterior, diferentes a equipo de aire acondicionado tipo ventana, debe tener sus conductores terminados en una caja registro de salida aprobada, o en un medio de desconexión localizado en el exterior de la casa móvil. Se debe fijar una etiqueta permanentemente adyacente a la caja de salida, que contenga la siguiente información:

ESTA CONEXION ES PARA EQUIPO DE CALEFACCION Y/O DE AIRE ACONDICIONADO.

EL CIRCUITO DERIVADO TIENE UNA CAPACIDAD MAXIMA DE _____ A, PARA _____ V, 60 Hz.

LA CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR ES DE _____ A

Los medios de desconexión deben estar ubicados a la vista del equipo.

En los espacios en blanco se deben indicar los valores nominales de tensión y corriente eléctricas. La etiqueta debe tener un espesor no menor que 0,5 mm y estar grabada en bronce, acero inoxidable o aluminio anodizado o recubierto o su equivalente. Las dimensiones mínimas de la etiqueta deben ser de 7,5 cm x 4,5 cm.

C. Acometida y alimentadores

550-21. Sistemas de distribución. El sistema eléctrico secundario de distribución para el estacionamiento de las casas móviles hacia los lotes de las casas móviles debe ser monofásico, de tensión eléctrica nominal de 120/240 V o 220Y/127 V. Para los fines de esta Parte C, cuando la acometida para el estacionamiento sea mayor que 240 V nominal, los transformadores y los tableros de distribución secundaria deben ser tratados como acometidas.

550-22. Factores de demanda mínimos permisibles. Los sistemas eléctricos de alambrado para estacionamientos de casas móviles deben estar calculados (a 220Y/127V) con base en el mayor que:

(1) 16 000 VA para cada lote de la casa móvil, o

(2) la carga calculada de acuerdo con lo indicado en 550-13 para la casa móvil típica más grande que cada lote acepte.

Se permite calcular la carga de la acometida o de los alimentadores de acuerdo con la Tabla 550-22. No se permite ningún factor de demanda para cualquier otra carga, con excepción de lo indicado en esta norma.

Los conductores de la acometida y los alimentadores para una casa móvil deben cumplir con lo establecido en la Sección 310-15(d).

TABLA 550-22.- Factores de demanda para conductores de entrada de acometida y alimentadores

Número de casas móviles	Factor de Demanda
1	100
2	55
3	44
4	39
5	33
6	29

7 a 9	28
10 a 12	27
13 a 15	26
16 a 21	25
22 a 40	24
41 a 60	23
más de 60	22

550-23. Equipo de acometida de la casa móvil

a) Ubicación. El equipo de acometida de una casa móvil debe estar localizado adyacente a ésta y no instalada dentro o sobre la casa móvil. El equipo de acometida debe colocarse a la vista y a una distancia no mayor que 10 m de la pared exterior de la casa móvil a la que sirve. Se permite que el equipo de acometida esté ubicado en otro lugar del predio, siempre que haya un medio de desconexión adecuado para el equipo de acometida, ubicado al alcance de la vista desde la pared exterior de la casa móvil que alimenta y a no más de 10 m de la misma. La puesta a tierra en el medio de desconexión debe estar de acuerdo con la Sección 250-24.

(b) Equipo de acometida de casas prefabricadas. Se permite que el equipo de acometida esté instalado dentro o sobre una casa prefabricada, siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:

(1) Que la casa prefabricada esté asegurada a un cimiento permanente que cumple con los códigos de construcción aplicables.

(2) Que el equipo de acometida esté instalado de modo aceptable para la persona calificada.

(3) Que la instalación del equipo de acometida cumpla lo establecido en el Artículo 230.

(4) Que existan medios para conectar el conductor del electrodo de puesta a tierra al equipo de la acometida, y para llevarlo por fuera de la estructura.

c) Capacidad nominal. El equipo de acometida de la casa móvil debe tener una capacidad nominal no menor que 100 A en 220Y/127 V y estar provisto para la conexión de un conjunto alimentador para casa móvil mediante un método de alambrado permanente. Las salidas de fuerza utilizadas como equipo de acometida de casas móviles también están permitidas para contener receptáculos hasta de 50 A, con la protección adecuada contra sobrecorriente. Los receptáculos de 50 A deben cumplir con la configuración indicada en la Figura 550-5(c).

NOTA: Para información adicional sobre la configuración de los receptáculos y clavijas de 50 A, véase el Apéndice B2.

d) Equipo eléctrico adicional en exteriores. El equipo de acometida de la casa móvil debe también contener los medios para la conexión de un edificio o estructura accesoria de una casa móvil o equipo eléctrico adicional ubicado fuera de la casa móvil mediante un método de alambrado fijo.

e) Receptáculos adicionales. Se permiten receptáculos adicionales para la conexión de equipo eléctrico situado fuera de la casa móvil, tales receptáculos deben ser de 120 V o 127 V, monofásicos, de 15 A y 20 A, y deben estar protegidos por un interruptor de circuito por falla a tierra.

f) Altura de montaje. Los medios de desconexión exteriores para las casas móviles deben estar ubicados de forma que las envolventes que los contengan estén a no menos de 60 cm sobre el nivel del piso terminado o plataforma de trabajo. Los medios de desconexión deben estar instalados de tal manera que el centro de la palanca de operación manual, cuando está en su posición más alta, esté a no más de 2 m sobre el nivel del piso terminado o plataforma de trabajo.

g) Marcado. Cuando un receptáculo a 120 V o 220Y/127 V se use en un equipo de acometida de una casa móvil, éste debe estar marcado con la siguiente leyenda:

"Desconecte el desconectador o interruptor automático antes de insertar o retirar la clavija.

La clavija debe estar completamente insertada o retirada".

El marcado debe estar localizado en un lugar visible sobre el equipo de acometida, junto al receptáculo.

550-24. Alimentador

a) Conductores alimentadores. Los conductores alimentadores de la casa móvil deben constar de un cordón aprobado, instalado de fábrica de acuerdo con lo indicado en 550-5(b), o un alimentador instalado permanentemente que conste de cuatro conductores, aislados, codificados por colores, los cuales deben estar

identificados por un marcado de fábrica o en campo de acuerdo con lo indicado en 310-12. Los conductores de puesta a tierra de equipo no se deben identificar con franjas en el aislamiento.

Excepción: Cuando el alimentador para una casa móvil se instale entre la acometida y un medio de desconexión de la casa móvil como lo indica la Sección 550-23(a), se permite omitir el conductor de puesta a tierra de equipo, cuando el conductor puesto a tierra del circuito es puesto a tierra en los medios de desconexión como se requiere en 250-24(a).

b) Capacidad adecuada del alimentador. Los conductores del circuito alimentador de un lote para casa móvil, deben tener la capacidad adecuada para las cargas que alimenten y no menor que 100 A en 120/240 V o 220Y/127 V.

ARTICULO 551-VEHICULOS DE RECREO Y SUS ESTACIONAMIENTOS

A. Disposiciones generales

551-1 Alcance. Las disposiciones de este Artículo cubren los conductores y equipos eléctricos instalados dentro o sobre vehículos de recreo, los conductores que conectan vehículos de recreo a una fuente de suministro de electricidad y la instalación del equipo y los dispositivos relacionados con instalaciones eléctricas dentro de un estacionamiento de vehículos de recreo.

551-2 Definiciones (Véase el Artículo 100 para otras definiciones)

Aparato electrodoméstico estacionario. Un aparato electrodoméstico que no se puede trasladar fácilmente de un lugar a otro en uso normal.

Aparato electrodoméstico fijo. Un aparato electrodoméstico que está sujeto o asegurado por otros medios en un sitio específico.

Aparato electrodoméstico portátil. Un aparato electrodoméstico que se mueve o puede ser fácilmente trasladado de un lugar a otro en uso normal.

NOTA: Para los propósitos de este Artículo, los siguientes aparatos electrodomésticos, se consideran portátiles si se conectan por medio de cordón: refrigeradores, cocinas de gas, lavadoras de ropa, lavavajillas sin equipos de secado u otros aparatos similares.

Baja tensión. Fuerza electromotriz de 24 V nominal o menos, suministrada desde un transformador, rectificador o batería.

Casa rodante. Vehículo diseñado para proveer alojamiento temporal para recreación, acampar o viajar, construido sobre, o unido permanentemente al chasis de un vehículo con motor de propulsión propia o a un chasis de un camión que es parte integral del vehículo completo (Véase Vehículo de recreo).

Conductores del circuito alimentador para el sitio de vehículos de recreo. Los conductores que van desde el equipo de acometida del estacionamiento al equipo de acometida del sitio de vehículos de recreo.

Cajón para vehículos de recreo. Es el área destinada para la ubicación de un vehículo de recreo.

Camión o camioneta para acampar. Unidad portátil construida para proporcionar alojamiento temporal para recreo, viajar o acampar y que consiste en un techo, piso y paredes, diseñado para ser montado y desmontado del cajón de un camión o camioneta de carga (véase Vehículos de recreo).

Conjunto alimentador. Los conductores, incluyendo los conductores de fase o los puestos a tierra, y conductores de puesta a tierra de equipo, conectores, clavijas y todos los demás accesorios, soportes aislantes para cables o dispositivos instalados con el propósito de llevar energía desde la fuente de suministro eléctrico hasta el panel de distribución dentro del vehículo de recreo.

Estacionamiento para vehículos de recreo. Un área de terreno sobre la cual dos o más vehículos de recreo se sitúan, establecen o se mantienen para ocupación de vehículos de recreo del público en general como lugar de alojamiento temporal para propósito de recreación o vacaciones.

Estructura. Riel de chasis y cualquier aditamento de metal soldado al mismo, con un espesor de 1,5 mm o mayor.

Equipo de acometida del sitio de vehículos de recreo. El equipo necesario, usualmente una salida de energía, consistente de un interruptor automático o interruptor con fusibles y sus accesorios, localizados cerca del punto de entrada de los conductores de alimentación al sitio del vehículo de recreo, con la finalidad de constituir el medio de desconexión para el suministro de dicho sitio.

Equipo de aire acondicionado o de climatización. Todo equipo destinado o instalado con el fin de procesar el tratamiento del aire para controlar simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución, con objeto de cumplir con los requisitos del espacio acondicionado.

Frente muerto. (Aplicado a desconectadores, interruptores automáticos, tableros de alumbrado y control y tableros de distribución). Diseñado, construido e instalado de forma que no estén expuestas en el frente las partes que no transporten normalmente corriente eléctrica.

Medio de desconexión. Equipo que usualmente consta de un interruptor automático o un desconector y fusibles y sus accesorios, colocado cerca de la acometida en un vehículo de recreo y destinado a ser el medio de desconexión de la energía del vehículo de recreo.

Convertidor. Dispositivo que cambia la energía eléctrica de una forma a otra, como por ejemplo de corriente alterna (c.a.) a corriente continua (c.c.).

Remolque para acampar. Vehículos portátiles montados sobre ruedas y contruidos con paredes laterales hechas de paneles desmontables, que pueden plegarse para ser remolcados por otros vehículos y desplegarse en el campamento para proporcionar alojamiento al viajar o acampar (véase vehículos de recreo).

Remolque para viajes. Un vehículo sobre ruedas diseñado y construido principalmente para proporcionar alojamiento temporal para recreo, acampar o viajar, de un tamaño y masa tales que no requiera permiso especial para circular en autopistas cuando es remolcado por un vehículo de motor y que tenga un área para vivienda menor que 30 m² (véase vehículos de recreo).

Sitio para vehículos de recreo. Un área de terreno dentro de un estacionamiento para vehículos de recreo destinado para el acomodo de cualquier vehículo de recreo, tiendas de campaña u otras unidades individuales para acampar en forma temporal.

Transformador. Dispositivo que eleva o disminuye la tensión eléctrica en c.a. de la fuente original.

Tablero de distribución (para vehículos de recreo). Un tablero o grupo de paneles diseñados para ensamblarse en un solo tablero, incluyendo barras, con o sin dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente para controlar los circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza de pequeñas capacidades individuales o conjuntas; diseñados para colocarse en un gabinete o en una caja para cortacircuitos colocada dentro o contra una pared o división, y accesible únicamente desde el frente.

Vehículo de recreo. Tipo de vehículo diseñado principalmente como alojamiento temporal para recreo, acampar o viajar, ya sea que tenga su propia fuerza motriz o esté montado sobre o remolcado por otro vehículo. Los tipos principales son: remolque para viajes, remolque para acampar, camión o camioneta para acampar y casa rodante.

551-3. Otros Artículos. Cuando los requisitos de otros Artículos de esta norma y el Artículo 551 difieran, se deben aplicar los requisitos del Artículo 551.

551-4. Requisitos generales

a) No incluidos. Un vehículo de recreo que no se utilice para los propósitos definidos en 551-2, no es necesario que cumpla con las disposiciones de la parte A, relacionadas con el número o la capacidad de los circuitos requeridos. Sin embargo, si el vehículo de recreo está provisto con una instalación eléctrica que debe estar alimentada por un sistema de c.a. de tensión eléctrica nominal de 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V, debe cumplir con todos los demás requisitos aplicables de este Artículo.

b) Sistemas. Este Artículo cubre los sistemas de batería y otros de baja tensión (24 V o menos), combinación de sistemas eléctricos, instalación de generadores y sistemas nominales de 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V.

B. Sistemas de baja tensión

551-10. Sistemas de baja tensión

a) Circuitos de baja tensión. Los circuitos de baja tensión ensamblados e instalados por el fabricante del vehículo de recreo, que no sean los que estén relacionados con el funcionamiento propio del vehículo motorizado o sus extensiones, deben someterse a las disposiciones de esta norma.

b) Alambrado de baja tensión

1) Se deben usar conductores de cobre para circuitos de baja tensión.

Excepción: Se permite utilizar el chasis o estructura de metal como vía de retorno a la fuente de suministro.

2) Los conductores deben cumplir con los requerimientos para conductores del tipo HDT, SGT, SGR, SXL, GXL o deben tener un aislamiento de acuerdo con lo indicado en la Tabla 310-13 o su equivalente. Los conductores de tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) hasta 0,824 mm² (18 AWG) deben estar aprobados.

NOTA: Para información adicional sobre los tipos GXL, HDT y SXL, véase el Apéndice B2.

3) Los monoconductores para baja tensión deben ser del tipo cableado.

4) Todos los conductores de baja tensión aislados deben estar marcados sobre su superficie a intervalos no mayores a 0,30 m como sigue:

a. Los conductores aprobados deben estar marcados según sea requerido por las normas del producto.

b. Los conductores de uso tipo automotor deben estar marcados con el nombre o logotipo del fabricante, la designación, la especificación y el tamaño nominal del conductor.

c. Otros conductores deben estar marcados con el nombre o logotipo del fabricante, temperatura de operación, tamaño nominal del conductor, material del conductor y espesor del aislamiento.

5) Los conductores deben tener un aislamiento como mínimo para 90°C en instalaciones interiores y 125°C para todo el alambrado del compartimiento del motor, o instalaciones bajo el chasis, cuando los conductores estén ubicados a menos de 45 cm de cualquier componente del sistema de escape de la máquina de combustión interna.

c) Métodos de alambrado para baja tensión

1) Los conductores deben protegerse contra daño físico y deben estar soportados firmemente. Cuando los conductores aislados se fijen con abrazaderas a la estructura, el aislamiento del conductor debe estar reforzado con una cubierta, o una capa de material equivalente, a excepción de los cables con cubierta reforzada, los cuales no necesitan estar protegidos de esta forma. El alambrado debe instalarse lejos de filos cortantes, partes móviles o fuentes de calor.

2) Los conductores deben estar unidos o empalmados por medio de dispositivos de empalme que proporcionen una conexión segura, o por soldadura con bronce o un metal o aleación fundible. Los empalmes soldados, primero deben ser unidos o empalmados de manera que sean mecánica y eléctricamente seguros sin soldadura, y luego deben soldarse. Todas las uniones, empalmes y terminales desnudas de los conductores deben cubrirse con un aislamiento equivalente al de los conductores.

3) Los circuitos de baterías y de c.c. deben estar separados físicamente de los circuitos alimentados por una fuente de energía distinta por lo menos con 13 mm u otros medios aprobados. Los métodos aprobados deben hacerse mediante abrazaderas, selección de trayectoria o medios equivalentes que aseguren una separación total y permanente. Cuando se crucen circuitos de diferentes fuentes de energía, la cubierta externa de los cables con cubierta no metálica debe considerarse como una separación adecuada.

4) Las conexiones a tierra al chasis o estructura deben estar aseguradas mecánicamente en un sitio accesibles. Las conexiones a tierra se deben hacer por medio de conductores de cobre y terminales de aleación de cobre del tipo sin soldadura, identificados para el tamaño del conductor utilizado. Las superficies de contacto de las terminales de puesta a tierra deben estar limpias y libres de óxido o pintura, y deben ser conectadas eléctricamente utilizando roldanas de presión dentadas externa e internamente de cadmio, de estaño o galvanizadas o mediante terminales de anillo de retén. Las terminales de puesta a tierra conectadas mediante tornillos, remaches o pernos, tuercas y roldanas de presión deben ser de cadmio, de estaño o galvanizadas; pero se permite que los remaches sean de aluminio no anodizado cuando se instalen en estructuras de aluminio.

5) La terminal de puesta a tierra del chasis de la batería debe estar unido al chasis del vehículo mediante un conductor de cobre de tamaño nominal mínimo de 8,37 mm² (8 AWG). En caso de que el conductor de energía de la batería exceda el tamaño nominal de 8,37 mm² (8 AWG), entonces el conductor de unión debe ser del mismo tamaño nominal.

d) Instalación de baterías. Las baterías que deben cumplir con los requerimientos de esta norma, se deben asegurar firmemente al vehículo e instalarse en un área hermética al vapor hacia el interior del vehículo

y directamente ventilada hacia el exterior de éste. Cuando las baterías estén instaladas en un compartimento, éste debe estar ventilado por medio de aberturas que tengan un área mínima de 11 cm², tanto en la parte superior como inferior. Cuando las puertas del compartimento estén equipadas con ventilación, las aberturas deben estar a no más de 50 mm de la parte superior como inferior. Las baterías no deben instalarse en compartimentos que contengan equipos que produzcan chispas o flamas, pero se pueden instalar en el compartimento del generador del vehículo, si la fuente de carga proviene únicamente del generador del vehículo.

e) Protección contra sobrecorriente

1) El alambrado del circuito de baja tensión debe estar protegido con dispositivos de protección contra sobrecorriente con una capacidad que no exceda la capacidad de conducción de corriente de los conductores de cobre, según se indica en la tabla siguiente:

TABLA 551-10(e)1.- Protección contra sobrecorriente en baja tensión

Tamaño nominal del conductor		Capacidad de conducción de corriente (A)	Tipo de conductor
mm ²	AWG		
0,824	18	6	Solamente cable
1,31	16	8	Solamente cable
2,08	14	15	Cable o alambre
3,31	12	20	Cable o alambre
5,26	10	30	Cable o alambre

2) Los interruptores automáticos o fusibles deben ser de un tipo aprobado, incluyendo los del tipo automotor. Los portafusibles deben estar claramente marcados con el tamaño máximo del fusible y protegidos contra cortos y daño físico, por una cubierta o medio equivalente.

NOTA: Para información adicional sobre fusibles, véase el Apéndice B2.

3) Los aparatos electrodomésticos de c.c. y alto consumo de corriente eléctrica, tales como: bombas, compresores, ventiladores, calentadores y aparatos electrodomésticos similares impulsados por motor, deben estar instalados de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Los motores que son controlados por des automáticos o por des de enclavamiento manual deben estar protegidos de acuerdo con lo indicado en 430-32(c).

4) El dispositivo de protección contra sobrecorriente debe instalarse en un lugar accesible del vehículo, a no más de 45 cm del punto donde se conecte el suministro de energía a los circuitos del vehículo. Si se localiza fuera del vehículo de recreo, el dispositivo debe estar protegido contra la intemperie y contra daño físico.

Excepción: Se permite que el suministro externo de baja tensión tenga fusibles a no más de 45 cm después de entrar al vehículo o después de salir de una canalización metálica.

f) **Des.** Los des deben tener una capacidad en c.c. no menor que la de la carga conectada.

g) **Luminarios.** Todos los luminarios interiores de baja tensión clasificados para más de 4 W, que utilicen lámparas clasificadas para más de 1,2 W, deben estar aprobados.

h) **Receptáculos para encendedores de cigarrillos.** Los receptáculos de 12 V que acepten y energicen encendedores para cigarrillos, deben estar instalados en cajas de salida no combustibles o el ensamble debe estar identificado por el fabricante del producto como protegido térmicamente.

C. Sistemas eléctricos combinados

551-20. Sistemas eléctricos combinados

a) **Disposiciones generales.** Se permite que el alambrado de vehículos para conexión a una batería o a una fuente de c.c., se conecte a una fuente de 120 V o 127 V, siempre y cuando el sistema completo de alambrado y el equipo tengan la capacidad y cumplan completamente con los requisitos de las partes A, C, D, E y F de este Artículo, para sistemas eléctricos de 120 V o 127 V. Los circuitos alimentados en c.a. por un transformador no deben alimentar aparatos electrodomésticos de c.c.

b) **Convertidores (de 120 V c.a. o 127 V a.c., a baja tensión en corriente continua).** El lado del convertidor de 120 V c.a. o 127 V c.a debe estar alambrado en completa conformidad con los requisitos de las partes A, C, D, E y F de este Artículo, para sistemas eléctricos de 120 V o 127 V.

Excepción: No están sujetos a lo indicado anteriormente, los convertidores suministrados como parte integral de un aparato electrodoméstico aprobado.

Todos los convertidores y transformadores deben ser aprobados para uso en vehículos de recreo, y diseñados o equipados para proporcionar protección contra altas temperaturas. Para determinar la capacidad nominal de los convertidores, se debe aplicar la siguiente fórmula a la carga total conectada, incluyendo el régimen promedio de carga de la batería de todos los equipos de 12 V.

Los primeros 20 A de la carga a 100%, más

Los segundos 20 A de la carga a 50%, más

El resto de la carga por arriba de 40 A al 25%.

Excepción: Un aparato electrodoméstico de baja tensión que es controlado por un desconectador momentáneo (normalmente abierto) que no tiene medios para mantenerse en la posición de cerrado, no debe ser considerada como una carga conectada cuando se determine la capacidad nominal del convertidor requerido. Los aparatos electrodomésticos energizados momentáneamente deben estar limitados a aquéllos utilizados para preparar la unidad para su ocupación o traslado.

c) Unión de la envolvente del convertidor de tensión. La envolvente metálica del convertidor que no está diseñada para transportar corriente eléctrica, debe ser unida a la estructura del vehículo mediante un conductor de cobre con un tamaño nominal mínimo de 8,37 mm² (8 AWG). Se permite que el conductor de puesta a tierra para la batería y la envolvente metálica sea el mismo conductor.

d) Artefactos, incluyendo luminarios y aparatos electrodomésticos de doble tensión. Los artefactos, incluyendo los luminarios y aparatos electrodomésticos, que tengan conexiones para 120 V o 127 V y con conexiones para baja tensión, deben ser del tipo aprobado para doble tensión.

e) Autotransformadores. No se deben usar autotransformadores.

f) Receptáculos y clavijas. Cuando un vehículo de recreo esté equipado con un sistema de c.a. de 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V, o con un sistema de baja tensión, o ambos, los receptáculos y clavijas del sistema de baja tensión deben tener una configuración diferente de los sistemas de 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V. Cuando un vehículo equipado con una batería o con un sistema de c.c que tiene una conexión externa para una fuente de baja tensión, el conector debe tener una configuración tal que no admita alimentación de 120 V o 127 V.

D. Otras fuentes de energía

551-30. Instalación del generador

a) Montaje. Los generadores deben estar montados de tal modo que estén unidos eficazmente al chasis del vehículo de recreo.

b) Protección del generador. El equipo debe estar instalado para asegurar que los conductores portadores de corriente procedentes del generador del motor y otra fuente de alimentación externa no sean conectados al mismo tiempo a un circuito del vehículo.

Los receptáculos usados como medios de desconexión deben estar accesibles (como se aplica a los métodos de alambrado) y ser capaces de interrumpir sus corrientes nominales sin riesgo para el operador.

c) Instalación de baterías y generadores. Las baterías y las unidades generadoras accionadas por motor de combustión interna (sometidas a los requisitos de esta norma), se deben fijar en su lugar para evitar desplazamientos por vibraciones o sacudidas en las carreteras.

d) Ventilación de los compartimentos para generadores. Los compartimentos destinados a unidades generadoras accionadas por motor de combustión interna, deben tener ventilación aprobada de acuerdo con las instrucciones suministradas por el fabricante de la unidad generadora.

NOTA: Para información adicional sobre los requisitos de construcción de los compartimentos de generadores, véase el Apéndice B2.

e) Conductores de alimentación. Los conductores de alimentación desde el generador del motor a la primera terminal en el vehículo deben ser del tipo cableado e instalados en tubo (conduit) flexible aprobado o tubo (conduit) flexible hermético a líquidos aprobado. El punto de la primera terminal debe estar:

- (1) En el tablero de distribución;
- (2) En una caja de conexiones con una tapa ciega;
- (3) En una caja de conexiones con un receptáculo;
- (4) En un desconectador de transferencia encerrado; o

(5) En un conjunto de receptáculos aprobados para su uso en conjunto con el generador.

El tablero de distribución o caja de conexiones con un receptáculo debe instalarse en el interior del vehículo y a no-más de 45 cm de la pared del compartimento, pero no dentro del compartimento. Si el generador está bajo del nivel del piso y no en un compartimento, el tablero de distribución o la caja de conexiones con el receptáculo debe ser instalada dentro del vehículo a no más de 45 cm del punto de entrada del éste. Una caja de conexiones con tapa ciega debe montarse sobre la pared del compartimento y se puede montar dentro o fuera del mismo. Un conjunto de receptáculos aprobado en conjunto con el generador debe estar montado de acuerdo con su aprobación. Si el generador está por debajo del nivel del piso y no en un compartimento la caja de conexión con la tapa ciega debe montarse en cualquier parte de la estructura del generador que lo soporta (pero no sobre el generador) o en el piso del vehículo a una distancia no mayor que 45 cm de cualquier punto directamente encima del generador en el lado interior o exterior de la superficie del piso. La protección contra sobrecorriente, de acuerdo con lo indicado en 240-3 debe ser provista para conductores de alimentación como parte integral del generador aprobado, estar ubicado a no más de 45 cm del punto de entrada al vehículo.

551-31. Fuente de alimentación múltiple

a) Fuentes de alimentación múltiple. Cuando se instale una fuente de alimentación múltiple, que conste de una fuente alterna de energía y un cordón de alimentación de energía, el alimentador de la fuente alterna de energía debe estar protegido por un dispositivo de protección contra sobrecorriente. La instalación debe cumplir con lo indicado en 551-30(a) y (b), y 551-40.

b) Cálculo de cargas. El cálculo de cargas debe cumplir con lo indicado en 551-42.

c) Capacidad de fuentes de alimentación múltiples. No se requiere que las fuentes de alimentación múltiples sean de la misma capacidad.

d) Fuentes alternas de energía que exceden de 30 A. Si una fuente alterna de energía excede de 30 A, a 120 V o 127 V nominales, se permite alambrear como un sistema de 120 V o 127 V nominales, o como un sistema de 120/240 V o 127/220 V nominales, provisto con un dispositivo de protección contra sobrecorriente de valor apropiado instalado en el alimentador.

e) Conjunto alimentador no menor que 30 A. Se permite que un conjunto alimentador externo sea menor que la carga calculada pero no-menor que 30 A, y debe tener una protección contra sobrecorriente no mayor que la capacidad del conjunto alimentador externo.

551-32. Otras fuentes. Otras fuentes de energía de c.a., tales como inversores o grupo motogenerador, deben estar aprobadas para uso en vehículos de recreo y deben estar instaladas de acuerdo con las disposiciones de su aprobación. Otras fuentes de energía de c.a. deben estar alambreadas en total conformidad con los requisitos de las Partes A, C, D, E y F de este Artículo, que cubra sistemas eléctricos de 120 V o 127 V.

551-33. Restricción de la fuente alterna de energía. El equipo de transferencia, si no está integrado a la fuente de energía aprobada, debe instalarse de modo que asegure que los conductores portadores de corriente eléctrica desde otras fuentes de energía en c.a. y otra fuente alimentación externa no sean conectados al mismo tiempo al circuito del vehículo.

E. Sistemas de 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V nominales

551-40. Sistemas de 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V nominales

a) Requisitos generales. El equipo y materiales eléctricos de vehículos de recreo, indicados para estar conectados a un sistema de alambreado de tensión nominal de 120 V o 127 V, dos hilos con tierra, o un sistema de alambreado de tensión eléctrica nominal a 120/240 V o 127/220 V, tres hilos y tierra, deben estar aprobados e instalados de acuerdo con los requisitos de las Partes A, C, D, E y F de este Artículo.

b) Materiales y equipo. Los materiales eléctricos, dispositivos, aparatos electrodomésticos, accesorios y otro equipo instalado, destinado para su uso dentro o colocados en un vehículo de recreo, deben estar aprobados. Todos los productos deben usarse sólo de la forma que han sido probados y encontrados adecuados para el uso destinado.

c) Protección con interruptor de circuito por falla a tierra. El alambreado interno de un vehículo de recreo que tenga un solo circuito derivado de 15 A o 20 A como se permite en 551-42(a) y (b), debe tener una protección para personas por medio de un interruptor de circuito por falla a tierra. El interruptor de circuito por falla a tierra se debe instalar en el punto donde el conjunto alimentador termina dentro del vehículo de recreo. Cuando no se use un juego de cordón separado, se permite que el interruptor del circuito por falla a tierra sea

parte integral de la clavija del conjunto alimentador. El interruptor de circuito por falla a tierra también debe proporcionar protección en el caso de que se desconecte un conductor del circuito puesto a tierra, o que se intercambien los conductores del circuito, o que se presente en ambos casos.

551-41. Salidas para receptáculos requeridas

a) Espaciamiento. Las salidas para receptáculos deben instalarse con un espaciamiento sobre las paredes cada 60 cm de ancho o más, de tal manera que ningún punto a lo largo de una línea en el piso esté a más de 1,8 m, medido horizontalmente de cualquier salida en ese espacio.

Excepción 1: Areas de baños y corredores.

Excepción 2: El espacio de paredes ocupado por gabinetes de cocina, armarios, muebles para ropa, muebles empotrados y partes que estén detrás de las puertas que se puedan abrir completamente contra la superficie de la pared o instalaciones similares.

b) Ubicación. Las salidas para receptáculos deben instalarse como sigue:

1) Adyacentes a las partes altas de los mostradores de cocinas (por lo menos uno en cada lado del fregadero si la parte alta del mostrador se prolonga a ambos lados y tiene un ancho de 30 cm o más).

2) Adyacentes a espacios que alojen refrigeradores y estufas de gas; excepto cuando se instalen en fábrica un refrigerador a gas o un aparato electrodoméstico de cocina y no requieran conexión eléctrica externa.

3) Adyacentes a espacios en la parte superior de mostradores de 30 cm de ancho o más, que no estén al alcance desde un receptáculo especificado en 551-41(b)(1) por medio de un cordón de 1,8 m sin cruzar áreas de paso, aparato electrodoméstico de cocina o fregaderos.

c) Protección con interruptor de circuito por falla a tierra. Cada salida para receptáculo monofásico de 125 V o 127 V y 15 A o 20 A, debe tener un interruptor de circuito por falla a tierra para protección de las personas, en los lugares siguientes:

1) Adyacentes a lavabos de los baños.

2) Donde los receptáculos están instalados para alimentar superficies de los mostradores y estén a una distancia no mayor que 1,8 m de cualquier lavabo o fregadero.

Excepción 1: Los receptáculos instalados en espacios dedicados para aparatos electrodomésticos, tales como lavavajillas, trituradores de desperdicios, refrigeradores, congeladores y equipo de lavandería.

Excepción 2: Receptáculos sencillos para las conexiones interiores de las secciones de la habitación expandibles.

3) En el área ocupada por un sanitario, regadera, tina o cualquier combinación de ellas.

4) En el exterior del vehículo.

Excepción 3: Receptáculos desenergizados que estén a una distancia no mayor que 1,8 m de cualquier lavabo o fregadero debido a la retracción de la sección de la habitación expandible.

3) En el área ocupada por un inodoro, ducha, tina o cualquier combinación de ellos.

4) En el exterior del vehículo.

Excepción: No se exige que los receptáculos que estén ubicados en el interior de un tablero accesible, instalado fuera del vehículo para dar alimentación a un aparato electrodoméstico instalado, tengan protección de interruptor de circuito por falla tierra.

Se permite una salida para receptáculo en un luminario aprobado. No se permite instalar una salida para receptáculo en una tina, o en un compartimento combinado de tina con ducha.

d) Posición hacia arriba. Un receptáculo no debe instalarse en posición de cara arriba en ninguna parte superior de un mostrador de la cocina ni en superficies horizontales similares dentro del área habitable.

551-42. Circuitos derivados requeridos. Cada vehículo de recreo que contenga un sistema eléctrico de 120 V o 127 V debe tener uno de los circuitos siguientes:

a) Un circuito de 15 A. Un circuito de 15 A para alimentar lámparas, salidas para receptáculos y aparatos fijos. Tales vehículos de recreo deben estar equipados con un desconectador de fusibles de 15 A, o un interruptor automático de 15 A.

b) Un circuito de 20 A. Un circuito de 20 A para alimentar lámparas, salidas para receptáculos y aparatos fijos. Tales vehículos de recreo deben estar equipados con un desconectador de fusibles de 20 A o un interruptor automático de 20 A.

c) De dos a cinco circuitos de 15 A o 20 A. Se permite un máximo de cinco circuitos de 15 A o 20 A para alimentar lámparas, salidas para receptáculo y aparatos electrodomésticos fijos. Tales vehículos de recreo deben estar equipados con un tablero de distribución para una tensión máxima de 120 V o 127 V con un conjunto alimentador principal máximo de 30 A nominales. En tales sistemas no debe haber instalados más de dos aparatos electrodomésticos de 120 V o 127 V controlados termostáticamente (por ejemplo, un acondicionador aire y calentador de agua) a menos que se utilicen dispositivos de conmutación para aislamiento físico de los aparatos electrodomésticos, de los sistemas de administración de la energía o por otro método similar.

Excepción: Se permiten circuitos adicionales de 15 A o 20 A cuando sea empleado dentro del sistema, un sistema administrador de energía aprobado, con capacidad máxima nominal de 30 A.

NOTA: Véase 210-23(a) para cargas permitidas. Véase 551-45(c) para los requisitos de desconexión principal y protección contra sobrecorriente.

d) Más de cinco circuitos sin un sistema administrador de energía aprobado. Un conjunto alimentador de 50 A, 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V debe ser utilizado cuando se emplean seis o más circuitos. La distribución de carga debe asegurar un razonable balanceo de corrientes entre fases.

551-43. Protección de circuitos derivados

a) Capacidad nominal. La capacidad de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados debe ser:

- 1) No mayor que la de los conductores del circuito; y
- 2) No mayor que 150% de la capacidad nominal de un aparato electrodoméstico de 13,3 A o más, y alimentado por un circuito derivado individual, pero
- 3) No mayor que el tamaño de la protección contra sobrecorriente, marcada sobre un acondicionador de aire u otros aparatos electrodomésticos accionados por motor.

b) Protección de conductores más pequeños. Se permite instalar un interruptor automático o un fusible de 20 A para la protección de los cables o cordones o aparatos electrodomésticos pequeños, y de conductores derivados de tamaño nominal de 2,08 mm² (14 AWG), de una longitud no-mayor que 1,8 m para luminarios empotrados.

c) Receptáculo de 15 A considerado protegido por un dispositivo de 20 A. Si están más de una salida o más de una carga en un circuito derivado, se permite que el receptáculo de 15 A esté protegido por un interruptor automático o por un fusible de 20 A.

551-44. Conjunto de alimentación

a) Conjunto de alimentación principal de 15 A. Los vehículos de recreo con alambrado de acuerdo con lo indicado en 551-42(a), deben emplear un conjunto alimentador principal aprobado de 15 A o mayor.

b) Conjunto alimentador principal de 20 A. Los vehículos de recreo con alambrado de acuerdo con lo indicado en 551-42(b), deben emplear un conjunto alimentador principal aprobado de 20 A o mayor.

c) Conjunto alimentador de 30 A. Los vehículos de recreo alambrados de acuerdo con lo indicado en 551-42(c), deben emplear un conjunto alimentador principal aprobado de 30 A o mayor.

d) Conjunto alimentador de 50 A. Los vehículos de recreo con alambrado de acuerdo con lo indicado en 551-42(d), deben emplear un conjunto alimentador principal aprobado de 50 A, en 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V.

551-45. Tablero de distribución

a) Aprobado y de capacidad nominal apropiada. Se debe usar un tablero de distribución aprobado, de capacidad nominal apropiada u otro equipo específicamente aprobado para este uso. La terminación de la barra del conductor puesto a tierra debe estar aislada como se indica en 551-54(c); la barra terminal de puesta a tierra de equipo debe estar unida internamente a la envolvente metálica del tablero de distribución.

b) Ubicación. El tablero de distribución debe instalarse en un sitio de fácil acceso. Los espacios de trabajo para el tablero no deben ser menores de 60 cm de ancho y de 75 cm de profundidad.

Excepción 1: Cuando la cubierta del tablero de distribución quede expuesta al espacio interior de un pasillo, se permite reducir una de las dimensiones del espacio de trabajo a no menos de 55 cm. Se considera que un tablero de distribución está expuesto cuando la cubierta del mismo está a no más de 5 cm de la superficie del acabado del pasillo.

Excepción 2: Se permite que las puertas de acceso al compartimiento de un generador estén equipadas con un sistema de bloqueo secuencial.

c) Tipo frente muerto. El tablero de distribución debe ser de tipo de frente muerto y debe consistir en uno o más interruptores automáticos o portafusibles tipo S. Cuando se usen fusibles, o más de dos interruptores automáticos debe instalarse un medio de desconexión principal. Cuando se instalen más de dos circuitos derivados, se debe instalar un dispositivo principal de protección contra sobrecorriente que no exceda la capacidad del conjunto alimentador.

551-46. Medios de conexión a la fuente de alimentación

a) Conjunto alimentador. El o los conjuntos alimentadores deben ser suministrados o instalados de fábrica y debe ser del tipo indicado a continuación:

1) Separable. Cuando un conjunto alimentador separable, conste de un cordón flexible con receptáculo y clavija moldeada de conexión, el vehículo debe estar equipado con una entrada de cavidad de superficie, montada de forma permanentemente (clavija de conexión tipo macho empotrada para base de motor), alambrado directamente al tablero de distribución por un método de alambrado aprobado. La clavija debe ser aprobada.

2) Conectado permanentemente. Cada conjunto alimentador debe estar directamente conectado a las terminales del tablero de distribución o a los conductores dentro de una caja de conexión y provista con los medios para impedir que se transmitan tensiones mecánicas a las terminales. La capacidad de conducción de corriente de los conductores entre cada caja de conexiones y las terminales de cada tablero de distribución, debe ser por lo menos igual que la del cordón de alimentación. El extremo del ensamble del alimentador debe estar equipado con una clavija del tipo descrito en 551-46(c). Cuando el cordón pase a través de paredes o pisos, debe estar protegido por medio de tubo (conduit) y monitores o su equivalente. El cordón de alimentación debe tener provisiones permanentes para la protección contra la corrosión y daño mecánico mientras el vehículo esté circulando (en tránsito).

b) Cordones. La longitud utilizable y expuesta del cordón debe estar medida desde el punto de entrada al vehículo de recreo o desde el frente de la entrada de cavidad de la superficie (clavija de conexión para base de motor) hasta el frente de la clavija en el extremo de la alimentación.

La longitud utilizable y expuesta del cordón, medida al punto de entrada en el exterior del vehículo, debe ser de al menos 7 m cuando el punto de entrada esté en un costado del vehículo, o al menos de 8,5 m cuando el punto de entrada al vehículo esté en la parte trasera.

Cuando la entrada del cordón al vehículo está a más de 90 cm sobre el terreno, las longitudes mínimas del cordón debe aumentarse en la distancia vertical de la altura de entrada del cordón, más de 90 cm.

NOTA: Véase 551-46(e).

c) Clavijas

1) Los vehículos de recreo que tengan un solo circuito derivado de 15 A, como se permite en 551-42(a), deben tener una clavija de dos polos, tres hilos, del tipo con puesta a tierra, de capacidad de 15 A, 120 V o 127 V, que tengan la configuración mostrada en la Figura 551-46(c).

NOTA: Para información adicional sobre configuraciones de clavijas, véase el Apéndice B2.

2) Los vehículos de recreo que tengan un solo circuito derivado de 20 A, como se permite en 551-42(b), deben tener una clavija de dos polos, tres hilos, del tipo con puesta a tierra, de capacidad de 20 A, 120 V o 127 V, que tengan la configuración indicada en la Figura 551-46(c).

3) Los vehículos de recreo con alambrado de acuerdo con lo indicado en 551-42(c), deben tener una clavija de dos polos, tres hilos, del tipo con puesta a tierra de capacidad de 30 A, 120 V o 127 V, que cumpla con la configuración indicada en la Figura 551-46(c), destinada para usarse con unidades de capacidad nominal 30 A, 120 V o 127 V.

4) Los vehículos de recreo que tengan un conjunto alimentador de capacidad nominal de 50 A, como lo permite 551-42(d), deben tener una clavija tres polos, cuatro hilos, del tipo con puesta a tierra, de capacidad de 50 A, 127/220 o 125/250 V, que cumpla con la configuración mostrada en la Figura 551-46 (c).

d) Etiquetado en la entrada eléctrica. Cada vehículo de recreo debe tener permanentemente adherida, en su superficie externa en o cerca del punto de entrada de los cordones de alimentación, una etiqueta de

dimensiones mínimas de 7,5 cm x 4,5 cm grabada, estampada, o en relieve, de bronce, acero inoxidable o aluminio anodizado o con recubrimiento de aluminio puro, de espesor no-menor que 0,508 mm o de otro material adecuado (por ejemplo lámina de plástico de 0,127 mm) en la cual se lea, según el caso, cualquiera de las siguientes notas:

“ESTA CONEXION ES PARA 110 - 127 V, c.a., 60 Hz, CON UN SUMINISTRO DE _____ A”

o

“ESTA CONEXION ES PARA 127/220 V o 120/240 V, c.a., 3 POLOS, 4 HILOS, 60 Hz,
CON SUMINISTRO DE _____ A”

La capacidad nominal correcta de corriente debe indicarse en el espacio en blanco.

e) Ubicación. El punto de entrada del conjunto alimentador debe estar ubicado a no-más de 4,5 m de la parte trasera del vehículo, en el lado izquierdo o en la parte trasera a la izquierda del centro longitudinal del vehículo dentro de una distancia de 45 cm de la pared exterior.

Excepción 1: Se permite que un vehículo de recreo equipado, solamente con un sistema flexible de drenaje aprobado o un sistema de ventilación y drenaje, que tenga el punto de entrada de suministro eléctrico en cualquier lado siempre que el(los) tubo(s) de drenaje de la instalación sanitaria esté(n) del mismo lado.

Excepción 2: Se permite que en un vehículo de recreo el punto de entrada de suministro eléctrico esté a más de 4,5 m desde la parte trasera. Cuando esto ocurre, la distancia que exceda de 4,5 m debe agregarse a la longitud mínima del cordón como se establece en 551-46(b).

551-47. Métodos de alambrado

a) Sistemas de alambrado. Se permite utilizar cables y canalizaciones instalados según los Artículos 330 a 352, de acuerdo con sus Artículos aplicables, excepto que se especifique algo diferente en este Artículo. Se debe instalar un medio de puesta a tierra de equipos, de acuerdo con lo indicado en 250-91.

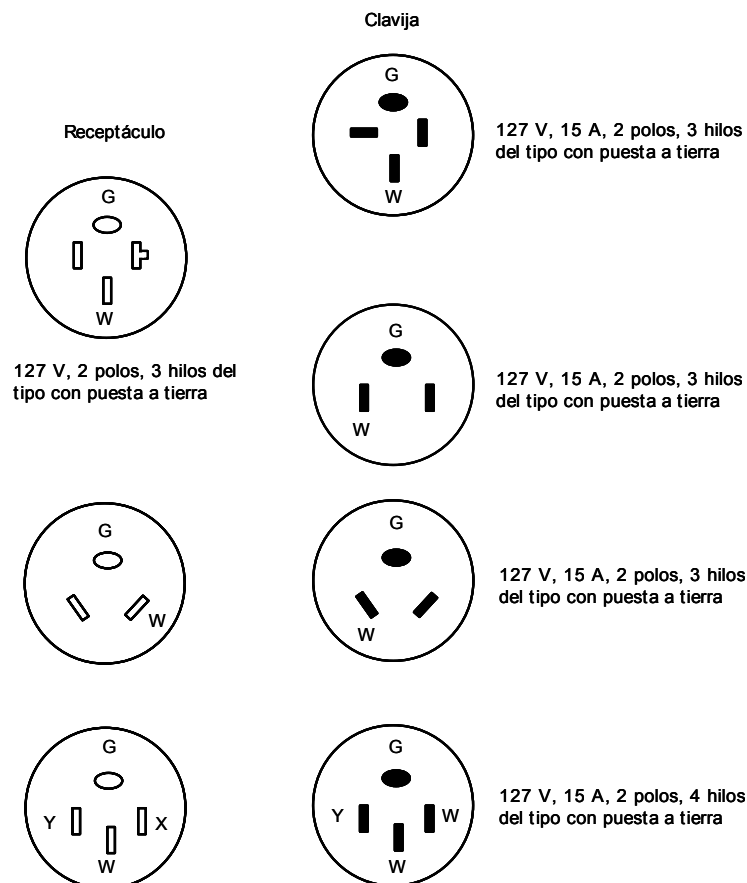


FIGURA 551-46 (c).- Configuraciones para receptáculos y clavijas del tipo con puesta a tierra utilizados para cordones para alimentar vehiculos de recreo y sus estacionamientos

b) Tubo (conduit). Cuando tubo (conduit) metálico del tipo pesado y semipesado terminen en una envolvente o en caja de conexiones con un conector, boquilla (monitor) y contratuerca, se deben proveer dos contratuercas, una dentro y otra fuera de la envolvente o caja. Los extremos del tubo (conduit) deben estar escariados o con acabado para eliminar los filos cortantes.

c) Cajas no metálicas. Las cajas no metálicas son aceptables únicamente con cable con cubierta no metálica o canalizaciones no metálicas.

d) Cajas. En paredes y plafones de madera o de otro material combustible, las cajas y accesorios deben quedar al ras con el acabado de la superficie o sobresaliendo.

e) Montaje. Las cajas en paredes y cajas para plafones deben estar montadas de acuerdo con lo indicado en el Artículo 370.

Excepción 1: Se permiten cajas del tipo de puesta a presión o cajas provistas con herrajes especiales para pared o techo que las aseguren firmemente a las paredes o plafones.

Excepción 2: Se considera como medio aprobado para el montaje de una caja de salida, una placa de madera, que brinde un soporte de 4 cm como mínimo alrededor de la caja, y de un espesor mínimo de 12 mm o mayor unida directamente al panel de la pared.

f) Cubierta armada. La cubierta de cables con cubierta no metálica, de cables armados MC y de cables tipo AC debe ser continuos entre las cajas de salida y otras envolventes.

g) Protecciones. Se permite que los cables armados tipo MC, tipo AC o los cables con cubierta no metálica y tubería (conduit) no metálica pasen a través del centro de la parte más ancha de los montantes de 5 cm x 10 cm. Sin embargo, se deben proteger cuando pasen a través de montantes de 5 cm x 5 cm o en otros montantes o marcos en los que el cable o armadura esté a menos de 3,2 cm de la superficie interior o exterior de los montantes, o cuando los materiales que cubran la pared estén en contacto con los montantes. Para proteger al cable se requieren placas de acero a cada lado del cable, o tubo de acero de un espesor de pared no menor que 1,35 mm. Estas placas o tubos se deben fijar firmemente en su sitio. Cuando los cables con cubierta no metálica pasen a través de orificios, cortes, ranuras barrenadas o agujeros en partes metálicas, el cable debe protegerse por boquillas, monitores o contratuercas aseguradas firmemente en la abertura antes de instalar el cable.

h) Dobleces. Ningún doblez debe tener un radio menor que cinco veces el diámetro del cable.

i) Soportes para cable. Cuando los cables se conecten con conectores o abrazaderas, los cables deben estar soportados a no más de 30 cm de las cajas de salida, de los tableros de distribución y de las cajas de conexión en los aparatos electrodomésticos. Los soportes deben estar colocados a cada 1,4 m en otros lugares.

j) Cajas no metálicas sin abrazaderas para cable. Los cables con cubierta no metálica deben sujetarse a no más de 20 cm de una caja de salida no metálica sin abrazaderas para cable. Cuando los dispositivos de alambrado con envolventes integrales son empleados con una coca extra de cable para permitir reemplazos futuros del dispositivo, la coca de cable se debe considerar como parte integral del dispositivo.

k) Daño físico. Cuando estén sujetos a daño físico, los cables con cubierta no metálica deben estar protegidos por cubiertas, tiras protectoras, canalizaciones u otros medios.

l) Placas frontales metálicas. Estas placas deben ser de metal ferroso de un espesor no menor que 0,8 mm o de metales no ferrosos no menores a 1 mm de espesor. Las placas frontales no metálicas deben ser de tipo aprobado.

m) Placas frontales metálicas puestas a tierra eficazmente. Cuando se utilicen placas frontales metálicas, éstas deben estar puestas a tierra eficazmente.

n) Humedad o daño físico. Cuando el alambrado al exterior o sobre el chasis sea de 120 V o 127 V, nominal o mayor, y esté expuesto a la humedad o a daño físico, el alambrado debe estar protegido por tubo (conduit) metálico del tipo pesado, semipesado, o tubo (conduit) rígido no metálico que se fije sólidamente contra las estructuras y envolventes de equipo u otras canalizaciones o cables aprobados e identificados para ese uso.

o) Conexión de componentes. Los conectores y accesorios destinados a estar ocultos al momento del armado, deben estar aprobados e identificados para la conexión de los componentes construidos. Tales accesorios y conectores deben ser iguales al método de alambrado empleado en cuanto a su aislamiento, elevación de temperatura, resistencia a la corriente eléctrica de falla y deben ser capaces de soportar las vibraciones y golpes producidos durante el transporte del vehículo de recreo.

p) Métodos de conexión de unidades expandibles

1) Se permite que aquella parte de un circuito derivado que esté instalada en una unidad expandible, sea conectada a la parte del circuito derivado en el cuerpo principal del vehículo por medio de un cordón flexible o clavija con cordón aprobado e identificado para uso rudo. El cordón y sus conexiones deben cumplir con las previsiones del Artículo 400 y debe ser considerado como de uso permitido en 400-7. Cuando la clavija y el cordón están localizados en el interior del vehículo, se permite el uso de cordones paralelos con aislamiento termofijo o elastómero, tipo SPT-3, SP-3 o SPE.

2) Si el receptáculo provisto para la conexión del cordón al circuito principal está localizado en el exterior del vehículo, debe estar protegido con un interruptor de circuito de falla a tierra para seguridad de las personas y estar aprobado para lugares mojados. Un cordón localizado en el exterior de un vehículo debe estar aprobado e identificado para uso exterior.

3) A menos que el conjunto de cordón sea removible o pueda guardarse en el interior del vehículo, debe estar protegido permanentemente contra la corrosión y daños mecánicos mientras el vehículo esté circulando (en tránsito).

4) Si se usa un cordón con clavija, éste debe estar instalado de tal manera que en las terminales de la clavija no queden expuestas partes vivas, cuando estén conectadas.

q) Prealambrado para instalaciones de aire acondicionado. El prealambrado para futuras instalaciones de aire acondicionado debe cumplir con lo siguiente y otras partes aplicables de este Artículo. Este circuito no debe servir para otros propósitos.

1) Debe estar instalado en el tablero de distribución un dispositivo de protección contra sobrecorriente con un valor nominal compatible con los conductores del circuito.

2) Las terminales de carga del circuito deben terminar en una caja de conexiones con una tapa ciega o un dispositivo aprobado para este propósito. Cuando se use una caja de conexiones con tapa ciega, las terminales libres de los conductores deben estar adecuadamente cubiertas o encintadas.

3) Debe colocarse una etiqueta conforme con lo indicado en 551-46(d) sobre o adyacente a la tapa de la caja de conexiones con la leyenda:

CIRCUITO DE AIRE ACONDICIONADO

ESTA CONEXION ES PARA AIRE ACONDICIONADO A 110 V - 127 V, c.a., 60 Hz,

_____ A.

NO SE DEBE EXCEDER LA CAPACIDAD NOMINAL DEL CIRCUITO

El valor nominal de corriente, no debe exceder 80% del valor nominal del circuito, y se debe indicar legiblemente en el espacio en blanco.

r) Prealambrado para la instalación de un generador. El prealambrado para la instalación futura de un generador debe estar conforme con lo indicado en lo siguiente y a otras partes aplicables de este Artículo.

1) Los conductores del circuito deben ser del tamaño apropiado en relación con la carga prevista y protegidos por un dispositivo de protección contra sobrecorriente de acuerdo con sus capacidades de conducción de corriente.

2) Cuando sean utilizadas cajas de conexiones en el origen del circuito o en puntos terminales, las terminales libres de los conductores deben estar adecuadamente cubiertas o encintadas.

3) Cuando se instalen dispositivos tales como salidas para receptáculo, des de transferencia u otros similares, la instalación debe estar completa, incluyendo las conexiones de los conductores del circuito. Todos los dispositivos deben estar aprobados y marcado apropiadamente su valor.

4) Debe estar colocada sobre la cubierta de cada caja de conexiones, que contenga al circuito incompleto, una etiqueta conforme con lo indicado en 551-46(d) y con la siguiente leyenda apropiada:

CIRCUITO DE GENERADOR

ESTA CONEXION ES PARA UN GENERADOR A 110 V - 127 V, c.a., 60 Hz,

PARA UNA CAPACIDAD MAXIMA DE _____ A.

o

CIRCUITO DE GENERADOR

ESTA CONEXION ES PARA UN GENERADOR A 120/240 o 127/220 V, c.a., 60 Hz,

PARA UNA CAPACIDAD MAXIMA DE _____ A

El valor correcto nominal en A debe estar marcado legiblemente en el espacio en blanco.

551-48. Conductores y cajas. El número máximo de conductores permitido en cajas debe cumplir con lo indicado en 370-16.

551-49. Conductores puestos a tierra. La identificación de los conductores puestos a tierra debe estar de acuerdo con lo indicado en 200-6.

551-50. Conexión de terminales y empalmes. Los empalmes de conductores y conexiones en terminales deben estar de acuerdo con lo indicado en 110-14.

551-51. Des. Los des deben tener un valor nominal como se indica a continuación:

a) Circuitos de alumbrado. Para los circuitos de alumbrado, los des de seguridad deben tener un valor nominal no menor que 10 A, 120 V o 127 V, y en ningún caso menor que la carga conectada.

b) Motores u otras cargas. Para motores u otras cargas, los des deben tener un valor nominal adecuado para controlar la carga, en A o potencia en W (CP), o ambos. (Se permite que un desconectador de acción rápida de uso general controle motores de 1 492 W (2 CP) de potencia o menos, con una corriente eléctrica a plena carga no mayor que el 80% del valor nominal en amperes del desconectador).

551-52. Receptáculos. Todas las salidas para receptáculos deben ser: (1) del tipo con puesta a tierra, (2) e instalados de acuerdo con lo indicado en 210-7 y 210-21.

551-53. Luminarios

a) Disposiciones generales. Cualquier plafón o muro con acabados combustibles expuestos entre las aristas del dosel de un luminario, o el soporte y la caja registro de salida, deben estar cubiertos con materiales no combustibles o un material aprobado e identificado para tal propósito.

b) Luminarios para regaderas. Si se provee un luminario sobre tinas o regaderas debe ser del tipo cerrado y con empaque aprobado para este tipo de instalación, y estar protegido por un interruptor de circuito de falla a tierra.

El desconectador para luminarios en el baño y para extractores de aire, localizados sobre la tina o en la regadera deben estar localizados fuera de estos lugares.

c) Luminarios, salidas, equipo de aire acondicionado y similares en el exterior. Los luminarios de exteriores y otros equipos deben estar aprobados para uso exterior.

551-54. Puesta a tierra. (Para la conexión de partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica, véase también 551-56).

a) Puesta a tierra del suministro de energía. El conductor de puesta a tierra en el cordón de alimentación o en el alimentador debe estar conectado a la barra de puesta a tierra u otros medios aprobados de puesta a tierra en el tablero de distribución.

b) Tablero de distribución. El tablero de distribución debe tener una barra de puesta a tierra con suficientes terminales para todos los conductores de puesta a tierra o contar con otros medios aprobados de puesta a tierra.

c) Neutro aislado

1) El conductor puesto a tierra (neutro) debe estar aislado de los conductores de puesta a tierra de equipo y de las envolventes de los equipos y otras partes puestas a tierra. Las terminales del neutro puesto a tierra en el tablero de distribución y en estufas portátiles, secadoras de ropa, cocina unitaria para mostrador o mesas de trabajo y hornos montados a pared, deben aislarse de las envolventes de equipo. Los tornillos de unión, cintas o barras de unión en el tablero de distribución o en aparatos electrodomésticos deben ser retirados y desechados.

2) La conexión de estufas eléctricas y secadoras de ropa eléctricas que utilicen un conductor puesto a tierra (neutro), si son conectados con cordón, debe estar hecha con un cordón de cuatro conductores, tres polos, cuatro hilos, con clavija y receptáculo del tipo de puesta a tierra.

551-55. Puesta a tierra de equipo interior

a) Partes metálicas expuestas. En el sistema eléctrico, todas las partes metálicas expuestas, envolventes, armaduras, doseles de luminarios, y similares, deben estar efectivamente unidas a las terminales de puesta a tierra o envoltorio del tablero de distribución.

b) Conductores de puesta a tierra de equipo. Alambres desnudos, alambres con aislamiento de color verde, o verdes con franjas amarillas deben ser empleados únicamente como conductores de puesta a tierra de equipo.

c) Puesta a tierra de equipo eléctrico. Cuando se especifique la puesta a tierra de equipo eléctrico se permite que:

1) La conexión de envolventes metálicas de las canalizaciones metálicas (tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o ligero), la cubierta de cable tipo MC y tipo MI, cuando la cubierta esté identificada para la puesta a tierra, o la armadura del cable tipo AC a las envolventes metálicas.

2) Una conexión entre uno o más conductores de puesta a tierra de equipo y una caja metálica por medio de un tornillo de puesta a tierra, el cual no debe ser usado para otro propósito o un dispositivo de puesta a tierra aprobado.

3) Se permite que el conductor de puesta a tierra de equipo de un cable con cubierta no metálica esté asegurado por medio de un tornillo roscado al dosel de un luminario, diferente a un tornillo de montaje o un tornillo de cubierta, o sujeto a un medio de puesta a tierra aprobado (placa) en una caja registro de salida no metálica para el montaje del luminario (se permiten también medios de puesta a tierra para luminarios fijados con tornillos).

d) Conexiones de puesta a tierra en cajas no metálicas. Una conexión entre uno o más conductores de puesta a tierra colocados dentro de una caja de salida no metálica debe estar dispuesta de tal forma que la conexión pueda hacerse a cualquier accesorio o dispositivo en la caja que requiere ponerse a tierra.

e) Continuidad de puesta a tierra. Cuando más de un conductor de puesta a tierra de equipo de un circuito derivado entre a una caja, los conductores deben tener un adecuado contacto eléctrico entre ellos, y el arreglo debe hacerse de tal manera que la desconexión o remoción de un receptáculo, luminario u otro dispositivo, alimentado desde la caja no interfiera o interrumpa la continuidad de la puesta a tierra.

f) Aparatos electrodomésticos conectados con cordón. Los aparatos electrodomésticos conectados con cordón, como lavadoras, secadoras de ropa, refrigeradores, y el sistema eléctrico de cocinas de gas, u otros similares, deben estar puestos a tierra por medio de un cordón aprobado con un conductor de puesta a tierra de equipo y con clavijas del tipo de puesta a tierra.

551-56. Unión de partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica

a) Unión requerida. Todas las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente eléctrica, que puedan ser energizadas, deben unirse efectivamente a las terminales de puesta a tierra o a la envolvente del tablero de distribución.

b) Unión del chasis. Un conductor de unión debe conectarse entre cualquier tablero de distribución y una terminal accesible en el chasis. Los conductores de aluminio o aleación cobre-aluminio no deben usarse para la conexión, si tales conductores o sus terminales están expuestos a elementos corrosivos.

Excepción: Debe considerarse como unido cualquier vehículo de recreo que emplee un chasis metálico de construcción unitaria al cual el tablero de distribución esté firmemente asegurado con pernos y tuercas o por soldadura o remachado.

c) Requisitos del conductor de unión. Las terminales de puesta a tierra deben ser del tipo sin soldadura y aprobados como conectores de terminales de presión y adecuados al tamaño del cable utilizado. Los conductores de unión deben ser de un solo alambre o cableados o aislados o desnudos y de cobre de tamaño nominal como mínimo de 8,37 mm² (8 AWG).

d) Unión de techos metálicos y recubrimiento exterior. El techo metálico y el recubrimiento exterior deben considerarse unidos cuando:

1) Los paneles metálicos se coloquen uno sobre otro y estén firmemente asegurados a la estructura de madera o metal por medio de sujetadores metálicos; y

2) Los paneles inferiores de la cubierta exterior metálica estén asegurados por medio de sujetadores metálicos en cada travesaño del chasis, o el panel inferior esté unido al chasis con una cinta metálica.

e) Unión de tubería de gas, agua y drenaje. Las tuberías de gas, agua y drenaje deben considerarse que están puestas a tierra cuando se unen al chasis.

f) Unión de ductos metálicos de aire y hornos. Los ductos metálicos de circulación de aire y hornos deben estar unidos.

551-57. Sujeción y acceso a los aparatos electrodomésticos. Cada aparato electrodoméstico debe ser accesible para su inspección, servicio, reparación y reemplazo sin remover la construcción permanente. Se deben proveer los medios para asegurar firmemente los aparatos electrodomésticos en su lugar cuando el vehículo de recreo esté circulando.

F. Pruebas en fábrica

551-60. Pruebas eléctricas en fábrica. Cada vehículo de recreo debe sujetarse a las siguientes pruebas:

a) Circuitos de 120 V o 127 V o 120/240 o 127/220 V. Cada vehículo de recreo diseñado con un sistema eléctrico de 120 V, 127 V o 120/240, 127/220 V, debe soportar una prueba de rigidez dieléctrica sin ruptura del dieléctrico, aplicada entre los conductores puestos a tierra y los de fase y la tierra del vehículo de recreo, a una tensión eléctrica de 900 V durante 1 min, o a una tensión eléctrica de 1 080 V durante 1 s con todos los des cerrados. Durante la prueba, todos los des y demás controles deben estar en la posición de conectado. Los luminarios y aparato electrodoméstico permanentemente instalados no requieren pasar esta prueba. La prueba debe efectuarse después de que los circuitos derivados estén terminados, antes de energizar el sistema, y nuevamente después de que todas las cubiertas exteriores y gabinetes han sido aseguradas.

Cada vehículo de recreo debe sujetarse a lo siguiente:

(1) una prueba de continuidad eléctrica para asegurar que todas las partes metálicas están adecuadamente unidas;

(2) pruebas de operación para demostrar que todos los equipos están apropiadamente conectados y operando adecuadamente; y

(3) pruebas de polaridad para verificar que las conexiones se han efectuado apropiadamente.

b) Circuitos de baja tensión. Debe realizarse una prueba operacional a todos los circuitos de baja tensión, para comprobar que todos los equipos están conectados y en estado de funcionamiento eléctrico. La prueba debe ejecutarse en las estaciones finales del proceso de producción después de que todas las cubiertas y gabinetes han sido aseguradas.

G. Estacionamientos de los vehículos de recreo

551-71. Tipo de receptáculos suministrados. Cada estacionamiento para vehículo de recreo con suministro eléctrico debe estar equipado al menos con un receptáculo de 20 A, 120 V o 127 V. Al menos 5% de todos los lugares para vehículos de recreo con suministro eléctrico, debe contar cada uno con un receptáculo de 50 A a 125/250 V o 127/220 V, que cumpla con la configuración indicada en la Figura 551-46(c). Se permite que estos suministros eléctricos incluyan receptáculos adicionales que tengan las configuraciones de acuerdo con lo indicado en 551-81. Un mínimo de 70% de todos los lugares para estacionamiento de vehículos de recreo con suministro eléctrico, debe estar equipado con un receptáculo de 30 A, 120 V o 127 V, conforme con lo indicado en la Figura 551-46(c). Se permite que este suministro incluya un receptáculo adicional conforme con lo indicado en 551-81. El resto de los lugares de vehículos de recreo con suministro eléctrico, deben estar equipados con uno o más receptáculos cuya configuración esté de acuerdo con lo indicado en 551-81.

Cuando se determine el porcentaje de lugares para vehículos de recreo con receptáculos de 30 A o 50 A, se permite excluir a los lugares dedicados a carpas (tiendas de campaña) con una alimentación de 15 A o 20 A.

Dentro del estacionamiento de vehículos de recreo se permite que haya receptáculos adicionales para la conexión de equipo eléctrico fuera del vehículo de recreo.

Todos los receptáculos monofásicos de 5 A o 20 A, 120 V o 127 V, deben tener un interruptor de circuito por falla a tierra aprobado para protección de personas.

551-72. Sistema de distribución. El sistema de distribución eléctrica secundario de un estacionamiento de vehículos de recreo, para cada lugar de un vehículo de recreo de 50 A, debe derivarse de un sistema monofásico de 3 hilos a 120/240 V o 127/220 V. Para otros lugares para vehículos de recreo con receptáculos de 20 A y 30 A a 120 V o 127 V pueden derivarse de cualquier sistema de distribución puesto a tierra que alimente una fuente monofásica de 120 V o 127. Los conductores neutros no deben reducirse en tamaño nominal por abajo de los conductores de fase para la distribución del estacionamiento. Se permite que los conductores neutros se reduzcan en tamaño nominal por abajo del mínimo requerido para los conductores de fase, únicamente para cargas conectadas permanentemente a 220 V o 240 V, fase a fase.

551-73. Cálculo de cargas

a) Bases del cálculo. La acometida y los alimentadores eléctricos deben calcularse basándose en no menos de:

(1) 9 600 VA, por lugar equipado con instalaciones de suministro de 50 A a 120/240 V o 127/220 V;

(2) 3 600 VA por lugar, equipado con instalaciones de suministro de 20 A y 30 A;

(3) 2 400 VA por lugar, equipado con instalación de suministro de 20 A; y

(4) 600 VA por lugar, equipado con instalaciones de alimentación de 20 A que son dedicados exclusivamente a carpas (tiendas de campaña).

Los factores de demanda mostrados en la Tabla 551-73 deben ser los mínimos permitidos que se utilicen en el cálculo de la carga para la acometida y los alimentadores. Cuando el suministro eléctrico para un lugar para un vehículo de recreo tenga más de un receptáculo, el cálculo de la carga debe realizarse únicamente para el receptáculo de valor nominal mayor.

TABLA 551-73.- Factores de demanda para los conductores de entrada de acometida y alimentadores para lugares de estacionamiento

Número de lugares para vehículos de recreo	Factor de demanda Por ciento	Número de lugares para vehículos de recreo	Factor de demanda Por ciento
1	100	10 a 12	50
2	90	13 a 15	48
3	80	16 a 18	47
4	75	19 a 21	45
5	65	22 a 24	43
6	60	25 a 35	42
7 a 9	55	36 y más	41

b) Transformadores y tableros de distribución secundario. Para los propósitos de esta norma, cuando la acometida del estacionamiento exceda de 220 V o 240 V, los transformadores y los tableros de distribución secundario deben considerarse como acometidas.

c) Factores de demanda. El factor de demanda para un número dado de lugares debe aplicarse a todos los lugares indicados. Por ejemplo, 20 lugares calculados a 45% de 3 600 VA, resulta con una demanda permitida de 1 620 VA por lugar, con un total de 32 400 VA para los 20 lugares.

NOTA: Estos factores de demanda pueden ser inadecuados en lugares con temperaturas extremas de calor o frío con circuitos cargados para calefacción o aire acondicionado.

d) Capacidad del circuito alimentador. Los conductores del circuito alimentador de un lugar de vehículos de recreo deben tener una capacidad de conducción de corriente adecuada para las cargas suministradas y marcados para cuando menos 30 A. Los conductores puestos a tierra deben tener la misma capacidad de conducción de corriente que los conductores de fase.

NOTA: Debido a las distancias, las longitudes típicas del circuito de la mayoría de los estacionamientos de vehículos de recreo, los tamaños nominales para conductores alimentadores indicados en las Tablas de capacidad de conducción de corriente en el Artículo 310, pueden ser inadecuados para mantener la regulación de tensión eléctrica sugerida en la Nota 4 indicada en 210-19. La caída total de tensión es la suma de las caídas de tensión de cada segmento del circuito, cuando la carga para cada segmento es calculada usando la carga de ese segmento y los factores de demanda indicados en 551-73(a).

Las cargas para otras instalaciones de recreo, pero no limitadas, tales como edificios de inmuebles, edificios de recreo y piscinas, se deben dimensionar separadamente y luego se deben agregar al valor calculado para los lugares de vehículos de recreo, cuando ellos son alimentados por una sola acometida.

551-74. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente debe proporcionarse de acuerdo con lo indicado en el Artículo 240.

551-75. Puesta a tierra. Todos los equipos eléctricos e instalaciones en los estacionamientos de vehículos de recreo deben estar puestos a tierra como lo prescribe el Artículo 250.

551-76. Puesta a tierra del equipo de suministro para sitios de vehículos de recreo

a) Partes metálicas expuestas no portadoras de corriente eléctrica. Las partes expuestas no-portadoras de corriente eléctrica de equipo fijo, cajas metálicas, gabinetes y accesorios, que no estén eléctricamente conectadas a un equipo puesto a tierra, deben estar puestas a tierra por medio de un conductor que vaya con los conductores del circuito desde el equipo de acometida o desde el transformador de un sistema de distribución secundario. Los conductores de puesta a tierra de equipo deben estar calculados de acuerdo con lo indicado en 250-95, y se permite que estén empalmados por medios aprobados.

La instalación de las conexiones de puesta a tierra de los equipos debe ser tal que la desconexión o desmontaje de un receptáculo u otro dispositivo no interfiera ni interrumpa la continuidad de la puesta a tierra.

b) Sistema de distribución secundaria. Cada sistema de distribución secundaria debe estar puesto a tierra en el transformador.

c) El conductor neutro no debe ser usado como puesta a tierra de equipo. El conductor neutro no debe ser usado como puesta a tierra de equipo para vehículos de recreo o equipo dentro de sus estacionamientos.

d) Sin conexión en el lado de la carga. Ninguna conexión a un electrodo de puesta a tierra debe hacerse al conductor neutro en el lado de la carga de los medios de desconexión de la acometida o del tablero de distribución del transformador.

551-77. Equipo de alimentación para los lugares de vehículos de recreo

a) Ubicación. Cuando se provea el equipo de alimentación eléctrica de los lugares para vehículos de recreo, deben ubicarse a la izquierda del vehículo estacionado (del lado de la vía), sobre una línea que esté a $2,75 \text{ m} \pm 0,3 \text{ m}$, del eje longitudinal central del estacionamiento y ubicado en cualquier punto de esa línea a no más de 4,60 m de la parte posterior del estacionamiento.

En lugares para reparación de los vehículos de recreo, se permite que el equipo de alimentación eléctrica esté localizado a lo largo de la línea de 5 m y 10 m de la parte posterior del lugar.

b) Medios de desconexión. Debe instalarse un desconectador o un interruptor automático en el equipo de alimentación del lugar para desconectar el suministro de energía del vehículo de recreo.

c) Acceso. Todo equipo de alimentación del lugar debe estar accesible por una entrada no obstruida o pasillo no menor que 60 cm de ancho y 2 m de alto.

d) Altura de montaje. El equipo de alimentación del lugar debe localizarse a no menos de 60 cm y no más de 2 m sobre el nivel del piso.

e) Espacio de trabajo. Se debe proporcionar y mantener espacio suficiente alrededor de todo equipo eléctrico para permitir su operación rápida y segura, de acuerdo con lo indicado en 110-16.

f) Marcado. Cuando el equipo de alimentación del lugar contenga un receptáculo a 120/240 V o 127/220 V o 125/250 V, el equipo debe marcarse como sigue: "Antes de insertar o remover la clavija, apague el interruptor de desconexión o el interruptor automático. La clavija debe estar insertada o removida totalmente". El marcado debe localizarse sobre el equipo adyacente a la salida para el receptáculo.

551-78. Protección del equipo exterior

a) Lugares mojados. Todos los desconectadores, interruptores automáticos, receptáculos, equipo de control y dispositivos de medición localizados en lugares mojados o en el exterior de un edificio, deben ser equipos a prueba de lluvia.

b) Medidores. Si están instalados medidores secundarios, las bases de los medidores, cuando no estén usados, deben estar cubiertas con una placa ciega adecuada.

551-79. Claro de los conductores aéreos. Los conductores aéreos de no más de 600 V nominal, deben tener un claro vertical no menor que 5,5 m y un claro horizontal no menor que 90 cm en todas las áreas sujetas al movimiento de vehículo de recreo. En las demás áreas, los claros deben cumplir con lo indicado en 225-18 y 225-19.

NOTA: Para información adicional sobre la distancia de seguridad de los conductores de más de 600 V nominales, véase el Apéndice B2.

551-80. Conductores de acometida subterránea, del alimentador, del circuito derivado y conductores de circuito alimentador de lugares para vehículos de recreo

a) Disposiciones generales. Todos los conductores directamente enterrados, incluyendo el conductor de puesta a tierra de equipo, si es de aluminio, deben estar aislados y aprobados para tal uso. Todos los conductores deben ser continuos de equipo a equipo. Todos los empalmes y derivaciones deben hacerse en cajas de empalme aprobadas o por el uso de material aprobado e identificado para ese propósito.

b) Protección contra daño físico. Los conductores enterrados directamente y cables que entren o salgan de una trinchera deben estar protegidos por tubo (conduit) metálico del tipo pesado o semipesado, o tipo ligero con protección adicional contra la corrosión, o conduit rígido no metálico, conduit no metálico flexible hermético a los líquidos, conduit metálico flexible hermético a los líquidos, u otras canalizaciones o envolventes aprobados. Cuando estén sujetos a daño físico, los conductores o cables deben protegerse por

tubo (conduit) metálico del tipo pesado o semipesado o no metálico tipo pesado. Esta protección debe extenderse a por lo menos 45 cm dentro de la trinchera desde el nivel del piso terminado.

NOTA: Véase 300-5 y el Artículo 339 para información de conductores o cable tipo UF, usado en instalaciones subterráneas o directamente enterrado.

551-81. Receptáculos. Un receptáculo para suministro de energía eléctrica para vehículos de recreo debe tener alguna de las configuraciones mostradas en la Figura 551-46(c) y los siguientes valores nominales:

- a) **50 A:** 127/220 V o 125/250 V, 3 polos, 4 hilos, del tipo de puesta a tierra para sistemas de 120/240 V.
- b) **30 A:** 125 V o 127 V, dos polos, tres hilos, del tipo de puesta a tierra para sistemas de 120 V o 127 V.
- c) **20 A:** 125 V o 127 V, 20 A, dos polos, tres hilos, del tipo de puesta a tierra para sistemas de 120 V o 127 V.

ARTICULO 552- REMOLQUES ESTACIONADOS

A. Disposiciones generales

552-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos para los conductores y equipo eléctrico instalados dentro o sobre remolques estacionados, no cubiertos totalmente en los Artículos 550 y 551.

552-2. Definiciones. (Véanse los Artículos 100, 550 y 551 para otras definiciones).

Remolque estacionado: Unidad que cumple con los siguientes criterios: (a) construido sobre un chasis montado sobre ruedas; (b) tiene un área total no mayor que 37 m², una vez armado.

552-3. Otros Artículos. Siempre que los requerimientos de otros Artículos de esta norma y el Artículo 552 difieran, los requerimientos del Artículo 552 prevalecen.

552-4. Requerimientos generales. Un remolque estacionado como el especificado en 552-2 está destinado para uso de temporada. No está destinado como vivienda permanente o para usos comerciales tales como bancos, clínicas, oficinas o similar.

B. Sistemas de baja tensión

552-10. Sistemas de baja tensión

a) **Circuitos de baja tensión.** Los circuitos de baja tensión suministrados e instalados por el fabricante de remolques estacionados, excepto los relacionados con los frenos, están sujetos a esta norma. Los circuitos que alimentación para las luces deben cumplir con los requerimientos federales o estatales y con esta norma.

b) Alambrado de baja tensión

1) Deben usarse conductores de cobre para los circuitos de baja tensión.

Excepción: Se permite usar el chasis o estructura metálica como trayectoria de retorno a la fuente de alimentación.

2) Los conductores deben estar conforme a los requerimientos de los tipos GXL, HDT, SGT, SGR o SXL, o deben tener un aislamiento de acuerdo con lo indicado en la Tabla 310-13 o equivalente. Los conductores de tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) hasta 0,824 mm² (18 AWG) deben estar aprobados.

NOTA: Para información adicional sobre los tipos GXL, HDT y SXL, véase el Apéndice B2.

3) Los conductores individuales de baja tensión deben ser del tipo cableado.

4) Todos los conductores aislados de baja tensión, deben estar marcados sobre la superficie exterior a intervalos no mayores a 0,30 m como sigue:

a. Deben estar marcados de acuerdo con lo indicado en esta norma o norma del producto.

b. Los conductores de uso automotriz deben estar marcados con el nombre o logotipo del fabricante, designación de especificación, y el tamaño nominal.

c. Otros conductores deben estar marcados con el nombre o logotipo del fabricante, temperatura máxima de operación, tamaño nominal, material del conductor y espesor del aislamiento.

c) Métodos de alambrado en baja tensión

1) Los conductores deben protegerse contra daño físico y deben estar asegurados. Cuando se instalen conductores aislados con abrazaderas a la estructura, el aislamiento del conductor debe estar reforzado con

una envoltura o capa de material equivalente, excepto que la cubierta del cable no requiera protegerse. El alambrado debe mantenerse lejos de filos cortantes, partes en movimiento o fuentes de calor.

Excepción: No se permite el uso del tubo de polietileno del Artículo 332.

2) Los conductores deben estar empalmados o unidos con dispositivos de empalme que provean una conexión segura o por soldadura de latón, o por soldadura de un metal o de aleación fusible. Los empalmes soldados deben primero empalmarse o unirse mecánica y eléctricamente de manera segura sin soldadura, y posteriormente soldarse. Todos los empalmes, uniones y extremos libres de los conductores deben estar cubiertos con un aislamiento equivalente al de los conductores.

3) Los circuitos de baterías y otros circuitos de baja tensión deben separarse físicamente al menos 12,7 mm de espacio o por otros medios adecuados para circuitos de diferentes fuentes de energía. Son métodos aceptables para conseguir esta separación la sujeción con abrazaderas, el tipo de trayectoria, o medios equivalentes que aseguren la separación total y permanente. Cuando se crucen circuitos de diferentes fuentes de energía, la cubierta externa de los cables con cubierta no metálica debe considerarse una separación adecuada.

4) Las conexiones a tierra al chasis o estructura deben estar accesibles y seguras mecánicamente para su servicio. Las conexiones a tierra deben hacerse por medio de conductores de cobre y terminales de cobre o aleación de cobre del tipo de sin soldadura identificados para el tamaño del conductor usado. La superficie de contacto sobre la cual las conexiones a tierra hacen contacto, debe estar limpias y libres de óxido o pintura, o estar eléctricamente conectadas a través de una roldana dentada con dientes internos y externos, de cadmio, de estaño, o galvanizadas, o mediante roldana roscadas. La conexiones a tierra sujeta con tornillos, remaches o pernos, tuercas y roldanas deben ser de cadmio, estaño, o galvanizadas; se permite que los remaches sean de aluminio sin anodizado cuando se sujeten a estructuras de aluminio.

5) La terminal de puesta a tierra del chasis de la batería debe unirse al chasis con un conductor de cobre de tamaño nominal mínimo de 8,37 mm² (8 AWG). En el caso de que la terminal de alimentación de la batería tenga un tamaño nominal mayor que 8,37 mm² (8 AWG), entonces el conductor de unión debe tener el mismo tamaño nominal.

d) Instalaciones de baterías. Las baterías que deben cumplir con los requerimientos de esta norma, se deben asegurar firmemente al vehículo e instalarse en un área hermética al vapor hacia el interior del vehículo y directamente ventilada hacia el exterior de éste. Cuando las baterías estén instaladas en un compartimento, éste debe estar ventilado por medio de aberturas que tengan un área mínima de 11 cm², tanto en la parte superior como inferior. Cuando las puertas del compartimento estén equipadas con ventilación, las aberturas deben estar a no más de 50 mm de la parte superior como inferior. Las baterías no deben instalarse en compartimentos que contengan equipos que produzcan chispas o flamas.

e) Protección contra sobrecorriente

1) El alambrado del circuito de baja tensión debe estar protegido con dispositivos de protección contra sobrecorriente con una capacidad que no exceda la capacidad de conducción de corriente de los conductores de cobre, según se indica en la tabla siguiente:

TABLA 552-10(e)(1).- Protección contra sobrecorriente para baja tensión

Tamaño o designación nominal del cable mm ² AWG		Capacidad de conducción de corriente A	Tipo de alambre
0,824	18	6	Solamente cable
1,31	16	8	Solamente cable
2,08	14	15	Cable o alambre
3,31	12	20	Cable o alambre
5,26	10	30	Cable o alambre

2) Los interruptores automáticos o fusibles deben ser de un tipo aprobado, incluyendo los del tipo automotor. Los portafusibles deben estar claramente marcados con el tamaño máximo del fusible y protegidos contra cortos y daño físico, por una cubierta o medio equivalente.

NOTA: Para información adicional sobre fusibles, véase el Apéndice B2.

3) Los aparatos electrodomésticos de c.c. y alto consumo de corriente eléctrica, tales como: bombas, compresores, ventiladores, calentadores y aparatos electrodomésticos similares impulsados por motor, deben estar instalados de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Los motores que son controlados por des automáticos o por des de enclavamiento manual deben estar protegidos de acuerdo con lo indicado en 430-32(c).

4) El dispositivo de protección contra sobrecorriente debe instalarse en un lugar accesible del vehículo, a no más de 45 cm del punto donde se conecte el suministro de energía a los circuitos del vehículo. Si se localiza fuera del remolque estacionario, el dispositivo debe estar protegido contra la intemperie y contra daño físico.

Excepción: Se permite que el suministro externo de baja tensión tenga fusibles a no más de 45 cm después de entrar a la unidad o después de salir de una canalización metálica.

f) Desconectores. Los desconectores deben tener una capacidad de c.c. no menor que la de la carga conectada.

g) Luminarios. Todas los luminarios interiores de baja tensión clasificados para más de 4 W, que utilicen lámparas clasificadas para más de 1,2 W, deben estar aprobadas.

C. Sistemas eléctricos combinados

552-20. Sistemas eléctricos combinados

a) Disposiciones generales. Se permite que el alambrado de vehículos para conexión a una batería o a una fuente de c.c., se conecte a una fuente de 120 V o 127 V, siempre y cuando el sistema completo de alambrado y el equipo tengan la capacidad y cumplan completamente con los requisitos de las partes A, C, D y E de este Artículo, para sistemas eléctricos de 120 V o 127 V. Los circuitos alimentados en c.a. por un transformador no deben alimentar aparatos de c.c.

b) Convertidores (de 120 V c.a. o 127 V a.c., a baja tensión en corriente continua). El lado del convertidor de 120 V c.a. o 127 V c.a debe estar alambrado en completa conformidad con los requisitos de las partes A, C, D y E de este Artículo, para sistemas eléctricos de 120 V o 127 V.

Excepción: No están sujetos a lo indicado anteriormente, los convertidores suministrados como parte integral de un aparato eléctrico aprobado.

Todos los convertidores y transformadores deben ser aprobados para uso en remolques estacionarios, y diseñados o equipados para proporcionar protección contra altas temperaturas. Para determinar la capacidad nominal de los convertidores, se debe aplicar la siguiente fórmula a la carga total conectada, incluyendo el régimen promedio de carga de la batería de todos los equipos de 12 V.

Los primeros 20 A de la carga a 100%, más

Los segundos 20 A de la carga a 50%, más

El resto de la carga por arriba de 40 A al 25%.

Excepción: Un aparato eléctrico de baja tensión que es controlado por un desconector momentáneo (normalmente abierto) que no tiene medios para mantenerse en la posición de cerrado, no debe ser considerada como una carga conectada cuando se determine la capacidad nominal del convertidor requerido. Los aparatos eléctricos energizados momentáneamente deben estar limitados a aquéllos utilizados para preparar la unidad para su ocupación o traslado.

c) Unión de la envolvente del convertidor de tensión. La envolvente metálica del convertidor que no está diseñada para transportar corriente eléctrica, debe ser unida a la estructura de la unidad mediante un conductor de cobre con un tamaño nominal mínimo de 8,37 mm² (8 AWG). Se permite que el conductor de puesta a tierra para la batería y la envolvente metálica sea el mismo conductor.

d) Artefactos, incluyendo luminarios y aparatos eléctricos de doble tensión. Los artefactos, incluyendo los luminarios y aparatos eléctricos, que tengan conexiones para 120 V o 127 V y con conexiones para baja tensión, deben ser del tipo aprobado para doble tensión.

e) Autotransformadores. No se deben usar autotransformadores.

f) Receptáculos y clavijas. Cuando un remolque estacionario esté equipado con un sistema de c.a. de 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V, o con un sistema de baja tensión, o ambos, los receptáculos y clavijas del sistema de baja tensión deben tener una configuración diferente de los sistemas de 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V. Cuando una unidad equipada con una batería o con un sistema de c.c que tiene una conexión externa para una fuente de baja tensión, el conector debe tener una configuración tal que no admita alimentación de 120 V o 127 V.

D. Sistemas de 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V nominales

552-40. Sistemas de 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V nominales

a) Requisitos generales. El equipo y materiales eléctricos de remolques estacionados, indicados para estar conectados a un sistema de alambrado de tensión nominal de 120 V o 127 V, dos hilos y tierra, o un sistema de alambrado de tensión eléctrica nominal a 120/240 V o 127/220 V, tres hilos y tierra, deben estar aprobados e instalados de acuerdo con los requisitos de las Partes A, C, D y E de este Artículo.

b) Materiales y equipo. Los materiales eléctricos, dispositivos, aparatos eléctricos, accesorios y otro equipo instalado, destinado para su uso dentro o colocados en un remolque estacionado, deben estar aprobados. Todos los productos deben usarse sólo de la forma que han sido probados y encontrados adecuados para el uso destinado.

552-41. Salidas para receptáculos requeridas

a) Espaciamiento. Las salidas para receptáculos deben instalarse con un espaciamiento sobre las paredes cada 60 cm de ancho o más, de tal manera que ningún punto a lo largo de una línea en el piso esté a más de 1,8 m, medido horizontalmente de cualquier salida en ese espacio.

Excepción 1: Areas de baños y corredores.

Excepción 2: El espacio de paredes ocupado por gabinetes de cocina, armarios, muebles para ropa, muebles empotrados y partes que estén detrás de las puertas que se puedan abrir completamente contra la superficie de la pared o instalaciones similares.

b) Ubicación. Las salidas para receptáculos deben instalarse como sigue:

1) Adyacentes a las partes altas de los mostradores de cocinas (por lo menos uno en cada lado del fregadero si la parte alta del mostrador se prolonga a ambos lados y tiene un ancho de 30 cm o más).

2) Adyacentes a espacios que alojen refrigeradores y estufas de gas; excepto cuando se instalen en fábrica un refrigerador a gas o un aparato electrodoméstico de cocina y no requieran conexión eléctrica externa.

3) Adyacentes a espacios en la parte superior de mostradores de 30 cm de ancho o más, que no estén al alcance desde un receptáculo especificado en 551-41(b)(1) por medio de un cordón de 1,8 m sin cruzar áreas de paso, aparato electrodomésticos de cocina o fregaderos.

c) Protección con interruptor de circuito por falla a tierra. Cada salida para receptáculo monofásico de 125 V o 127 V y 15 A o 20 A, debe tener un interruptor de circuito por falla a tierra para protección de las personas, en los lugares siguientes:

1) Adyacentes a lavabos de los baños.

2) A una distancia no mayor que 1,8 m de cualquier lavabo o fregadero.

Excepción: Los receptáculos instalados en espacios dedicados para aparatos electrodomésticos, tales como lavavajillas, trituradores de desperdicios, refrigeradores, congeladores y equipo de lavandería.

3) En el área ocupada por un sanitario, regadera, tina o cualquier combinación de ellas.

4) En el exterior de la unidad.

Excepción: No se exige que los receptáculos que estén ubicados en el interior de un tablero accesible, instalado fuera de la unidad para dar alimentación a un aparato electrodoméstico instalado, tengan protección de interruptor de circuito por falla tierra.

Se permite una salida para receptáculo en un luminario aprobada. No se permite instalar una salida para receptáculo en una tina, o en un compartimento combinado de tina con ducha.

d) Salida para cable de calefacción de tubería. Cuando se instale un cable de calefacción de tubería, la salida debe estar:

(1) Localizada a una distancia no mayor que 60 cm de la entrada de agua fría.

(2) Conectada a un circuito derivado interior diferente de un circuito derivado de aparatos electrodomésticos pequeños.

(3) En un circuito en el que todas las salidas están en el lado de carga del interruptor de circuito por falla a tierra para protección de personas.

(4) Montada en la parte inferior del remolque estacionado y no se debe considerar como la salida para receptáculo exterior exigida en la Sección 552-41(e).

e) Salidas para receptáculo en exteriores. Se debe instalar al menos una salida para receptáculo en el exterior. Se debe considerar como receptáculo exterior, a una salida para receptáculo instalada en un compartimento accesible desde el exterior del remolque estacionado. La salida para receptáculo en el exterior se debe proteger según se especifica en 552-41(c)(4).

f) Salidas para receptáculo no-permitidas

1) Regaderas y tinas. No se deben instalar salidas para receptáculos en o dentro de un alcance de 75 cm de una regadera o espacio de la tina.

2) Posición con el frente hacia arriba. Un receptáculo no debe estar instalado con el frente hacia arriba en cualquier mostrador o mesa de trabajo.

552-43. Suministro de energía

a) Alimentador. El suministro de energía al remolque estacionado debe ser con un conjunto alimentador consistente de no más de un cordón de alimentación aprobado de 30 A o 50 A, con una clavija conectada firmemente o moldeada integralmente, o un alimentador instalado permanentemente.

b) Cordón de suministro de energía. Si el remolque estacionado tiene un cordón de suministro de energía, éste debe estar permanentemente conectado al tablero de distribución o a una caja de empalme permanentemente conectada al tablero de distribución, con el extremo libre del cordón flexible terminado en una clavija.

Los cordones con adaptadores o terminales en espiral, extensiones, y similares no deben instalarse en los remolques estacionados, ni equiparlos con ellos.

Una abrazadera adecuada o su equivalente debe proveerse en el disco desprendible del tablero de distribución, para que la tensión mecánica transmitida por el cordón de alimentación no se transmita hasta las terminales cuando el cordón de alimentación se maneja de la manera prevista.

El cordón utilizado debe ser aprobado con tres hilo, 120 V o 127 V o cuatro hilos, 120/240 V o 127/220 V, uno de los cuales debe estar identificado con color verde continuo o verde con una o más franjas amarillas, para ser utilizado como conductor de puesta a tierra.

c) Mufa para acometida aérea o canalización. Cuando la carga calculada exceda de 50 A, o cuando se utilice un alimentador permanente, la alimentación debe hacerse por uno de los medios siguientes:

1) Una acometida aérea con mufa instalada de acuerdo con el Artículo 230, que contenga cuatro conductores continuos aislados, con conductores alimentadores codificados por colores, uno de los cuales debe ser el conductor de puesta a tierra del equipo; o

2) Una canalización metálica o un tubo (conduit) no metálico tipo pesado o tubo (conduit) no metálico flexible hermético a líquidos desde los medios de desconexión del remolque estacionado hasta la parte inferior del mismo, con medios para unirse a una caja de empalme apropiada o a un accesorio a la canalización en la parte inferior del remolque estacionado (con o sin conductores, según se indica en 550-5(i)(1)).

552-44. Cordón

a) Conectado permanentemente. Cada conjunto alimentador debe estar directamente conectado a las terminales del tablero de distribución o a los conductores dentro de una caja de conexión y provista con los medios para impedir que se transmitan tensiones mecánicas a las terminales. La capacidad de conducción de corriente de los conductores entre cada caja de conexiones y las terminales de cada tablero de distribución, debe ser por lo menos igual que la del cordón de alimentación. El extremo del ensamble del alimentador debe estar equipado con una clavija del tipo descrito en 552-44(c). Cuando el cordón pase a través de paredes o pisos, debe estar protegido por medio de tubo (conduit) y monitores o su equivalente. El cordón de alimentación debe tener provisiones permanentes para la protección contra la corrosión y daño mecánico mientras la unidad esté circulando (en tránsito).

b) Longitud del cordón. La longitud utilizable y expuesta del cordón debe estar medida desde el punto de entrada del remolque estacionado o desde el frente de la entrada de cavidad de la superficie (clavija de conexión para base de motor) hasta el frente de la clavija en el extremo de la alimentación.

La longitud utilizable y expuesta del cordón, medida al punto de entrada en el exterior de la unidad, debe ser de al menos 7 m cuando el punto de entrada esté en un costado de la unidad, o al menos de 8,5 m cuando el punto de entrada a la unidad esté en la parte trasera. La longitud máxima no debe exceder de 11 m.

Cuando la entrada del cordón a la unidad está a más de 90 cm sobre el terreno, las longitudes mínimas del cordón deben aumentarse en la distancia vertical de la altura de entrada del cordón, más de 90 cm.

c) Clavijas

1) Los remolques estacionados alambrados de acuerdo a la Sección 552-46(a), deben tener una clavija de dos polos, tres hilos, del tipo con puesta a tierra, de capacidad de 30 A, 125 V o 127 V, que tengan la configuración mostrada en la Figura 552-44(c), prevista para uso con unidades de 30 A y 125 V o 127 V nominales.

2) Los remolques estacionados que tengan un conjunto de fuente de alimentación a 50 A nominales, tal como lo permite la Sección 552-43(b), deben tener una clavija de conexión de tres polos y cuatro hilos, con polo a tierra, a 125/250 V 127/220 V y 50 A nominales, conforme a la configuración de la figura 552-44(c).



FIGURA 552-44(c).- Configuraciones para receptáculos y clavijas del tipo con puesta a tierra utilizados para cordones para alimentar vehículos de recreo y sus estacionamientos

d) Etiquetado en la entrada eléctrica. Cada remolque estacionado debe tener permanentemente adherida, en su superficie externa en o cerca del punto de entrada de los cordones de alimentación, una etiqueta de dimensiones mínimas de 7,5 cm x 4,5 cm grabada, estampada, o en relieve, de bronce, acero inoxidable o aluminio anodizado o con recubrimiento de aluminio puro, de espesor no-menor que 0,508 mm o de otro material adecuado (por ejemplo lámina de plástico de 0,127 mm) en la cual se lea, según el caso, cualquiera de las siguientes notas:

“ESTA CONEXION ES PARA 110 - 127 V, c.a., 60 Hz, CON UN SUMINISTRO DE _____ A”

o

“ESTA CONEXION ES PARA 127/220 V o 120/240 V, c.a., 3 POLOS, 4 HILOS, 60 Hz,
CON SUMINISTRO DE _____ A”

La capacidad nominal correcta de corriente debe indicarse en el espacio en blanco.

e) Ubicación. El punto de entrada del conjunto alimentador debe estar ubicado a no más de 4,5 m de la parte trasera del remolque en el lado izquierdo o en la parte trasera a la izquierda del centro longitudinal de la unidad dentro de una distancia de 45 cm de la pared exterior.

Excepción: Se permite que en un remolque estacionado en el punto de entrada de suministro eléctrico esté a más de 4,5 m desde la parte trasera. Cuando esto ocurre, la distancia que exceda de 4,5 m debe agregarse a la longitud mínima del cordón como se establece en 551-46(b).

552-45. Tablero de distribución

a) Aprobado y marcado apropiadamente. Se debe usar un tablero de distribución aprobado, de capacidad nominal apropiada u otro equipo específicamente aprobado para este uso. La terminación de la barra del conductor puesta a tierra debe estar aislada como se indica en 552-55(c); la barra terminal de puesta a tierra de equipo debe estar unida internamente a la envoltura metálica del tablero de distribución.

b) Ubicación. El tablero de distribución debe instalarse en un sitio de fácil acceso. Los espacios de trabajo para el tablero no deben ser menores de 60 cm de ancho y de 75 cm de profundidad.

Excepción: Cuando la cubierta del tablero de distribución quede expuesta al espacio interior de un pasillo, se permite reducir una de las dimensiones del espacio de trabajo a no menos de 55 cm. Se considera que un tablero de distribución está expuesto cuando la cubierta del mismo está a no más de 5 cm de la superficie del acabado del pasillo.

c) Tipo frente muerto. El tablero de distribución debe ser del tipo de frente muerto. Cuando se usen fusibles, o más de dos interruptores automáticos debe instalarse un medio principal de desconexión. Cuando se instalen más de dos circuitos derivados, se debe instalar un dispositivo principal de protección contra sobrecorriente cuya corriente nominal no exceda la capacidad del conjunto alimentador.

552-46. Circuitos derivados. Los circuitos derivados deben determinarse de acuerdo con lo siguiente:

a) De dos a cinco circuitos de 15 A o 20 A. Se permite un máximo de cinco circuitos de 15 A o 20 A para alimentar lámparas, salidas para receptáculo y aparatos electrodomésticos fijos. Tales remolques estacionados deben estar equipados con un tablero de distribución para una tensión máxima de 120 V o 127 V con un conjunto alimentador principal de 30 A nominales. En tales sistemas no debe haber instalados más de dos aparatos electrodomésticos de 120 V o 127 V controlados termostáticamente (por ejemplo, un acondicionador de aire y calentador de agua) a menos que se utilicen dispositivos de conmutación para aislamiento físico de los aparatos electrodomésticos, de los sistemas de administración de la energía o por otro método similar.

Excepción: Se permiten circuitos adicionales de 15 A o 20 A cuando sea empleado dentro del sistema, un sistema administrador de energía aprobado, con capacidad máxima nominal de 30 A.

b) Más de cinco circuitos. Cuando sean necesarios más de cinco circuitos, deben determinarse de acuerdo con lo siguiente:

1) Alumbrado. Se toma como base la carga unitaria de 33 VA/m², valor que se multiplica por el área del remolque estacionado, se consideran las dimensiones exteriores (se excluye el acoplador de enganche), y se divide entre 120 V o 127 V para determinar el número de circuitos derivados de 15 A o de 20 A, es decir:

$$\frac{33 \times \text{longitud} \times \text{ancho}}{120 \times 15 \text{ A (o } 20 \text{ A)}} = \text{No. de circuitos de 15 A (o 20 A)}$$

$$\frac{33 \times \text{longitud} \times \text{ancho}}{127 \times 15 \text{ A (o } 20 \text{ A)}} = \text{No. de circuitos de 15 A (o 20 A)}$$

Se permite que los circuitos de alumbrado puedan alimentar hornos de gas empotrados que contengan únicamente dispositivos eléctricos tales como: lámparas, relojes, temporizadores o unidades trituradoras de basura conectados por un cordón aprobado.

2) Aparatos electrodomésticos pequeños. Los circuitos derivados para aparatos electrodomésticos pequeños se deben instalar de acuerdo con lo indicado en la Sección 220-4(b).

3) Aparatos electrodomésticos en general. (Incluidos radiadores, calentadores de agua, estufas, calefactores y equipo de aire acondicionado central o de habitación o aparato similar). Debe haber uno o más circuitos derivados de capacidad adecuada de acuerdo con (a) a (d) siguientes:

NOTA 1: Para el circuito derivado de lavandería véase la Sección 220-4(c).

NOTA 2: Para equipo de aire acondicionado central véase el Artículo 440.

a) La corriente eléctrica nominal de los aparatos electrodomésticos fijos no debe ser mayor que 50% de la capacidad del circuito derivado si hay salidas de alumbrado en el mismo circuito (los receptáculos que no sean para la cocina, el comedor y la lavandería, se consideran como salidas de alumbrado).

b) Para aparatos electrodomésticos fijos en un circuito sin salidas de alumbrado, la suma de la corriente eléctrica nominal no debe exceder la capacidad del circuito derivado. Las cargas de motores u otras cargas de servicio continuo, no deben exceder 80% de la capacidad del circuito derivado.

c) La capacidad de aparatos electrodomésticos conectados con un solo cordón y clavija en un circuito que no tenga otras salidas, no debe ser mayor que 80% de la capacidad nominal del circuito.

d) La capacidad del circuito derivado se debe basar en las demandas nominales especificadas en 552-47(b)(5).

552-47. Cálculos. El siguiente método debe ser empleado para calcular la carga del cordón de suministro y del tablero de distribución para cada conjunto alimentador, para cada remolque estacionado, en lugar del procedimiento indicado en el Artículo 220 y debe basarse en una alimentación de 120/240 V o 220Y/127 V, tres hilos, con cargas de 120 V o 127 V balanceadas entre dos fases de un sistema de tres hilos.

a) Carga de alumbrado y de aparatos electrodomésticos pequeños

Volt-Ampere para alumbrado: La longitud por el ancho del piso del remolque (dimensiones externas), por 33 VA/m² veces. Por ejemplo:

Longitud x Ancho x 33 = Carga de alumbrado (VA alumbrado).

Volt-Ampere para aparatos electrodomésticos pequeños: Se consideran 1500 VA por cada circuito de receptáculos para aparatos electrodomésticos de 20 A (véase la definición de aparato electrodoméstico portátil) incluyendo 1500 VA para el circuito de lavandería, es decir:

Número de circuitos x 1500 = VA de aparatos electrodomésticos pequeños.

Total = VA de alumbrado + VA de aparatos electrodomésticos pequeños.

Los primeros 3 000 VA se consideran a 100% y para el resto de la carga se considera un factor de 35% = _____ VA que se dividen entre 220 V o 240 V para obtener los amperes por fase.

b) Carga total para determinar el suministro de energía. La carga total para determinar el suministro de energía es la suma de:

1) La carga de alumbrado y de aparatos electrodomésticos pequeños como se calcula en 552-47(a).

2) La corriente eléctrica (A) de la placa de datos para cargas de motores y calefactores (ventiladores de extracción, acondicionadores de aire, calentadores eléctricos, de gas o de petróleo).

Se omiten las cargas más pequeñas de calefacción o enfriamiento, excepto cuando el ventilador es utilizado como evaporador del aparato de aire acondicionado. Cuando un acondicionador de aire no está instalado pero se proporciona un cordón alimentador de 50 A, se debe dejar una reserva de 15 A por fase para acondicionamiento de aire.

3) 25% de la corriente eléctrica de los motores más grandes indicados en (2).

4) La corriente eléctrica total de la placa de datos de trituradores de basura, lavavajillas, calentadores de agua, secadoras de ropa, hornos montados en pared y cocinetas.

Cuando el número de estos aparatos excedan de tres, debe utilizarse 75% del total.

5) Calcular la corriente eléctrica (A) para estufas y hornos integrados (distintas a los hornos y cocinetas separados) al dividir entre 220 V o 240 V los valores indicados a continuación:

Valor nominal en la placa de datos	Usar (VA)
0 a 10 000	80% del valor nominal
10 001 a 12 500	8 000
12 501 a 13 500	8 400
13 501 a 14 500	8 800
14 501 a 15 500	9 200
15 501 a 16 500	9 600
16 501 a 17 500	10 000

6) Si se proporcionan salidas o circuitos para aparatos eléctricos distintos de los instalados en fábrica, debe incluirse la carga estimada.

Véase el siguiente ejemplo para ilustrar la aplicación de estos cálculos.

Ejemplo

El piso de un remolque es de 12,0 m x 3,0 m y tiene dos circuitos para aparatos eléctricos pequeños, uno para un calefactor de 1 000 VA a 220 V, un ventilador de extracción de 200 VA a 127 V, un lavavajillas de 400 VA a 127 V y una estufa eléctrica de 6 000 VA a 220 V.

Carga de alumbrado y aparatos eléctricos pequeños.

Carga de alumbrado = $12 \times 3 \times 32,26 = 1161,4 \text{ VA}$
 Carga de aparatos eléctricos pequeños = $1\ 500 \times 2 = 3\ 000,0 \text{ VA}$
 Lavandería = $1\ 500 \times 1 = \underline{1\ 500,0 \text{ VA}}$
 Subtotal 5 661,4 VA
 Los primeros 3 000 VA a 100 % = 3 000,0 VA
 El restante (5 661,4 - 3 000,0) a 35 % = 931,5 VA
 Total 1 3931,5 VA
 $3931,5 / 220 = 17,87 \text{ A}$
 Corriente por fase = ----- = 17,87 A

	Corriente por fase	
	A	B
Alumbrado y aparatos eléctricos pequeños	17,87	17,87
Calefactor = $1\ 000 / 220 =$	4,54	4,54
Ventilador = $(200 \times 125\%) / 127 =$		1,97
Lavavajillas = $400 / 127 =$	3,15	
Estufa = $(6\ 000 \times 0,8) / 220 =$	<u>21,82</u>	<u>21,82</u>
Totales	47,38	46,20

Basado en la corriente eléctrica más alta calculada para cualquier fase, se requiere un cordón de alimentación de 50 A.

c) Método opcional de cálculo para cargas de alumbrado y aparatos eléctricos. Para remolques, se permite usar el método opcional para cálculo de cargas de alumbrado y aparatos eléctricos que se muestra en 220-30 y en la Tabla 220-30.

552-48. Métodos de alambrado

a) Sistemas de alambrado. Se permite utilizar cables y canalizaciones instalados según los Artículos 330 a 352, de acuerdo con sus Artículos aplicables, excepto que se especifique algo diferente en este Artículo. Se debe instalar un medio de puesta a tierra de equipos, de acuerdo con lo indicado en 250-91.

b) Tubo (conduit). Cuando tubo (conduit) metálico del tipo pesado y semipesado terminen en una envolvente o en caja de conexiones con un conector, boquilla (monitor) y contratuerca, se deben proveer dos contratuercas, una dentro y otra fuera de la envolvente o caja. Los extremos del tubo (conduit) deben estar escariados o con acabado para eliminar los filos cortantes.

c) Cajas no metálicas. Las cajas no metálicas son aceptables únicamente con cable con cubierta no metálica o canalizaciones no metálicas.

d) Cajas. En paredes y plafones de madera o de otro material combustible, las cajas y accesorios deben quedar al ras con el acabado de la superficie o sobresaliendo.

e) Montaje. Las cajas en paredes y cajas para plafones deben estar montadas de acuerdo con lo indicado en el Artículo 370.

Excepción 1: Se permiten cajas del tipo de puesta a presión o cajas provistas con herrajes especiales para pared o techo que las aseguren firmemente a las paredes o plafones.

Excepción 2: Se considera como medio aprobado para el montaje de una caja de salida, una placa de madera, que brinde un soporte de 4 cm como mínimo alrededor de la caja, y de un espesor mínimo de 12 mm o mayor unida directamente al panel de la pared.

f) Cubierta armada. La cubierta de cables con cubierta no metálica, de cables armados MC y de cables tipo AC debe ser continuos entre las cajas de salida y otras envolventes.

g) Protecciones. Se permite que los cables armados tipo MC, tipo AC o los cables con cubierta no metálica y tubería (conduit) no metálica pasen a través del centro de la parte más ancha de los montantes de 5 cm x 10 cm. Sin embargo, se deben proteger cuando pasen a través de montantes de 5 cm x 5 cm o en otros montantes o marcos en los que el cable o armadura esté a menos de 3,2 cm de la superficie interior o exterior de los montantes, o cuando los materiales que cubran la pared estén en contacto con los montantes. Para proteger al cable se requieren placas de acero a cada lado del cable, o tubo de acero de un espesor de

pared no menor que 1,35 mm. Estas placas o tubos se deben fijar firmemente en su sitio. Cuando los cables con cubierta no metálica pasen a través de orificios, cortes, ranuras barrenadas o agujeros en partes metálicas, el cable debe protegerse por boquillas, monitores o contratueras aseguradas firmemente en la abertura antes de instalar el cable.

h) Soportes para cable. Cuando los cables se conecten con conectores o abrazaderas, los cables deben estar soportados a no más de 30 cm de las cajas de salida, de los tableros de distribución y de las cajas de conexión en los aparatos electrodomésticos. Los soportes deben estar colocados a cada 1,4 m en otros lugares.

i) Cajas no metálicas sin abrazaderas para cable. Los cables con cubierta no metálica deben sujetarse a no más de 20 cm de una caja de salida no metálica sin abrazaderas para cable. Cuando los dispositivos de alambrado con envolventes integrales son empleados con una coca extra de cable para permitir reemplazos futuros del dispositivo, la coca de cable se debe considerar como parte integral del dispositivo.

j) Daño físico. Cuando un cable con cubierta no metálica expuesto esté sujeto a daño físico, debe protegerse con cubiertas, tiras protectoras, tubos u otros medios.

k) Placas frontales metálicas. Las placas frontales metálicas deben ser de metal ferroso de un espesor no menor que 0,8 mm o de metales no ferrosos no menores a 1 mm de espesor. Las placas frontales no metálicas deben ser aprobadas.

l) Placas frontales metálicas puestas a tierra eficazmente. Cuando se utilicen placas frontales metálicas, éstas deben estar puestas a tierra eficazmente.

m) Humedad o daño físico. Cuando el alambrado al exterior o sobre el chasis sea de 120 V o 127 V, nominales o mayores, y esté expuesto a la humedad o daño físico, el alambrado debe protegerse por tubo (conduit) metálico del tipo pesado, semipesado, o tubería rígida no metálica que quede estrechamente fija contra las estructuras y envolventes de equipo u otras canalizaciones o cables aprobadas e identificadas para ese uso.

n) Conexión de componentes. Los conectores y accesorios destinados a estar ocultos al momento del armado, deben estar aprobados e identificados para la conexión de los componentes construidos. Tales accesorios y conectores deben ser iguales al método de alambrado empleado en cuanto a su aislamiento, elevación de temperatura, resistencia a la corriente eléctrica de falla y deben ser capaces de soportar las vibraciones y golpes producidos en el remolque estacionado.

o) Métodos de conexión de unidades expandibles

1) Se permite que aquella parte de un circuito derivado que esté instalada en una unidad expandible, se conecte al circuito derivado en el cuerpo principal del vehículo por medio de un cordón flexible o clavija con cordón aprobado e identificado para uso rudo. El cordón y sus conexiones deben cumplir con las provisiones del Artículo 400 y deben estar considerados como de uso permitido en 400-7.

2) Si el receptáculo provisto para la conexión del cordón al circuito principal está localizado en el exterior de la unidad, debe protegerse con un interruptor de circuito de falla a tierra para seguridad del personal y estar aprobado para lugares mojados. Un cordón localizado en el exterior de la unidad debe estar aprobado e identificado para uso exterior.

3) A menos que el conjunto de cordón alimentador sea removible o pueda guardarse dentro de la unidad, debe estar protegido permanentemente contra daños mecánicos o corrosión mientras la unidad está en tránsito.

4) Si se usa un cordón con clavija, debe instalarse de tal manera que en las terminales de la clavija no queden expuestas partes vivas cuando estén conectadas.

p) Prealambrado para instalaciones de aire acondicionado. El prealambrado para facilitar futuras instalaciones de aire acondicionado debe cumplir con lo siguiente y otras Partes aplicables de este Artículo. Este circuito no debe servir para otros propósitos.

1) Debe estar instalado en el tablero de distribución un dispositivo de protección contra sobrecorriente con un valor nominal compatible con los conductores del circuito y todas las conexiones del alambrado deben estar completas.

2) Las terminales de carga del circuito deben terminar en una caja de conexiones con una tapa ciega o un dispositivo aprobado para este propósito. Cuando se use una caja de conexiones con tapa ciega, las terminales libres de los conductores deben estar adecuadamente cubiertas o encintadas.

3) Debe colocarse una etiqueta conforme con lo indicado en 552-44(b) sobre o adyacente a la tapa de la caja de conexiones con la leyenda:

CIRCUITO DE AIRE ACONDICIONADO
ESTA CONEXION ES PARA AIRE ACONDICIONADO A 110 V - 127 V, c.a., 60 Hz,
DE ____ A

NO SE DEBE EXCEDER LA CAPACIDAD NOMINAL DEL CIRCUITO

El valor nominal de corriente, no debe exceder 80% del valor nominal del circuito, y se debe indicar legiblemente en el espacio en blanco.

552-49. Conductores y cajas

a) **Número máximo de conductores.** El número máximo de conductores permitido en cajas debe cumplir con lo indicado en 370-16.

b) **Conductores libres en cada caja.** Deben dejarse al menos 15 cm de conductor libre en cada caja, excepto cuando los conductores estén destinados a tener curvas sin uniones.

552-50. Conductores puestos a tierra. La identificación de los conductores puestos a tierra debe estar de acuerdo con lo indicado en 200-6.

552-51. Conexión de terminales y empalmes. Los empalmes de conductores y conexiones en terminales deben estar de acuerdo con lo indicado en 110-14.

552-52. Desconectores. Los desconectores deben tener un valor nominal como se indica a continuación:

a) **Circuitos de alumbrado.** Para los circuitos de alumbrado, los desconectores deben tener un valor nominal no menor que 10 A, 120 V o 127 V y en ningún caso menor que la carga conectada.

b) **Motores u otras cargas.** Para motores u otras cargas, los des deben tener un valor nominal adecuado para controlar la carga, en A o potencia en W (CP), o ambos. (Se permite que un desconector de acción rápida de uso general, controle motores de 1 492 W de potencia (2 CP) de potencia o menos, con una corriente eléctrica a plena carga no mayor que el 80% del valor nominal en amperes del desconector).

552-53. Receptáculos. Todas las salidas para receptáculos deben ser: (1) del tipo con puesta a tierra, (2) instalados de acuerdo con lo indicado en 210-7 y 210-21.

552-54. Luminarios

a) **Disposiciones generales.** Cualquier plafón o muro con acabados combustibles expuestos entre las aristas del dosel de un luminario, o el soporte y la caja registro de salida, deben estar cubiertos con materiales no combustibles o un material aprobado e identificado para tal propósito.

b) **Luminarios para regaderas.** Si se provee un luminario sobre tinas o regaderas debe ser del tipo cerrado y con empaque aprobado para este tipo de instalación, y estar protegido por un interruptor de circuito de falla a tierra.

El desconector para luminarios en el baño y para extractores de aire, localizados sobre la tina o en la regadera deben estar localizados fuera de estos lugares.

c) **Luminarios, salidas, equipo de aire acondicionado, y similares en el exterior.** Los luminarios de exteriores y otros equipos deben estar aprobados para uso exterior.

552-55. Puesta a tierra. (Para la conexión de partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica véase también 552-57).

a) **Puesta a tierra del suministro de energía.** El conductor de puesta a tierra en el cordón de alimentación o en el alimentador debe estar conectado a la barra de puesta a tierra u otros medios aprobados de puesta a tierra en el tablero de distribución.

b) **Tablero de distribución.** El tablero de distribución debe tener una barra de puesta a tierra con suficientes terminales para todos los conductores de puesta a tierra, o contar con otros medios aprobados de puesta a tierra.

c) Neutro aislado

1) El conductor puesto a tierra (neutro) debe estar aislado de los conductores de puesta a tierra de equipo y de las envolventes de los equipos y otras partes puestas a tierra. Las terminales del neutro puesto a tierra en el tablero de distribución y en estufas portátiles, secadoras de ropa, cocina unitaria para mostrador o

mesas de trabajo y hornos montados a pared, deben aislarse de las envolventes de equipo. Los tornillos de unión, cintas o barras de unión en el tablero de distribución o en aparatos electrodomésticos deben ser retirados y desechados.

2) La conexión de estufas eléctricas y secadoras de ropa eléctricas que utilicen un conductor puesto a tierra (neutro), si son conectados con cordón, debe estar hecha con un cordón de cuatro conductores, tres polos, cuatro hilos, con clavija y receptáculo del tipo de puesta a tierra.

552-56. Puesta a tierra de equipo interior

a) **Partes metálicas expuestas.** En el sistema eléctrico, todas las partes metálicas expuestas, envolventes, armaduras, doseles de luminarios y similares, deben estar efectivamente unidas a las terminales de puesta a tierra o envolvente del tablero de distribución.

b) **Conductores de puesta a tierra de equipo.** Alambres desnudos, alambres con aislamiento de color verde, o verdes con franjas amarillas deben ser empleados únicamente como conductores de puesta a tierra de equipo.

c) **Puesta a tierra de equipo eléctrico.** Cuando se especifique la puesta a tierra de equipo eléctrico se permite que:

1) La conexión de envolventes metálicas de las canalizaciones metálicas (tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o ligero), la cubierta de cable tipo MC y tipo MI, cuando la cubierta esté identificada para la puesta a tierra, o la armadura del cable tipo AC a las envolventes metálicas.

2) Una conexión entre uno o más conductores de puesta a tierra de equipo y una caja metálica por medio de un tornillo de puesta a tierra, el cual no debe ser usado para otro propósito o un dispositivo de puesta a tierra aprobado.

3) Se permite que el conductor de puesta a tierra de equipo de un cable con cubierta no metálica esté asegurado por medio de un tornillo roscado al dosel de un luminario, diferente a un tornillo de montaje o un tornillo de cubierta, o sujeto a un medio de puesta a tierra aprobado (placa) en una caja registro de salida no metálica para el montaje del luminario (se permiten también medios de puesta a tierra para luminarios fijados con tornillos).

d) **Conexiones de puesta a tierra en cajas no metálicas.** Una conexión entre uno o más conductores de puesta a tierra colocados dentro de una caja de salida no metálica debe estar dispuesta de tal forma que la conexión pueda hacerse a cualquier accesorio o dispositivo en la caja que requiere ponerse a tierra.

e) **Continuidad de puesta a tierra.** Cuando más de un conductor de puesta a tierra de equipo de un circuito derivado entre a una caja, los conductores deben tener un adecuado contacto eléctrico entre ellos, y el arreglo debe hacerse de tal manera que la desconexión o remoción de un receptáculo, luminario u otro dispositivo, alimentado desde la caja no interfiera o interrumpa la continuidad de la puesta a tierra.

f) **Aparatos electrodomésticos conectados con cordón.** Los aparatos electrodomésticos conectados con cordón, como lavadoras, secadoras de ropa, refrigeradores, y el sistema eléctrico de cocinas de gas, u otros similares, deben estar puestos a tierra por medio de un cordón aprobado con un conductor de puesta a tierra de equipo y con clavijas del tipo de puesta a tierra.

552-57. Unión de partes metálicas no-portadoras de corriente eléctrica

a) **Unión requerida.** Todas las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente eléctrica, que puedan ser energizadas, deben unirse efectivamente a las terminales de puesta a tierra o a la envolvente del tablero de distribución.

b) **Unión del chasis.** Un conductor de unión debe conectarse entre cualquier tablero de distribución y una terminal accesible en el chasis. Los conductores de aluminio o aleación cobre-aluminio no deben usarse para la conexión, si tales conductores o sus terminales están expuestos a elementos corrosivos.

Excepción: Debe considerarse como unido cualquier remolque estacionado que emplee un chasis metálico de construcción unitaria al cual el tablero de distribución esté firmemente asegurado con pernos y tuercas o por soldadura o remachado.

c) **Requisitos del conductor de unión.** Las terminales de puesta a tierra deben ser del tipo sin soldadura y aprobados como conectores terminales de presión y adecuados al tamaño del cable usado. Los conductores de unión deben ser de un solo alambre o cableados o, aislados o desnudos y de cobre con tamaño nominal como mínimo de 8,37 mm² (8 AWG).

d) Unión de techos metálicos y recubrimiento exterior. El techo metálico y el recubrimiento exterior deben considerarse unidos cuando:

1) Los paneles metálicos se sobrepongan uno sobre otro y estén firmemente asegurados a la estructura de madera o de metal por medio de sujetadores metálicos; y

2) Los paneles inferiores de la cubierta exterior metálica estén asegurados por medio de sujetadores metálicos en cada travesaño del chasis, o el panel inferior esté unido al chasis con una cinta metálica.

e) Unión de tubería de gas, agua y drenaje. Las tuberías de gas, agua y drenaje deben considerarse que están puestas a tierra cuando se unen al chasis.

f) Unión de ductos metálicos de aire y hornos. Los ductos metálicos de circulación de aire y hornos deben estar unidos.

552-58. Sujeción y acceso a los aparatos electrodomésticos. Cada aparato electrodoméstico debe ser accesible para su inspección, servicio, reparación y reemplazo sin remover la construcción permanente. Se deben proveer los medios para asegurar firmemente los aparatos electrodomésticos en su lugar cuando el remolque estacionado esté en tránsito.

552-59. Luminarios, salidas, equipo de aire acondicionado y similares en el exterior

a) Aprobados para uso exterior. Los luminarios y equipo en exteriores deben estar aprobados para uso exterior. Los receptáculos en exteriores o salidas necesarias deben ser del tipo con cubierta con empaques para uso en lugares mojados.

b) Equipo calefactor, equipo de aire acondicionado, o ambos en el exterior. Un remolque provisto con un circuito derivado, diseñado para energizar al equipo de calefacción o al equipo de acondicionamiento de aire de exteriores, o ambos, localizados en el exterior del remolque, diferentes a los acondicionadores de aire de ventana, deben tener los conductores del circuito derivado terminados en una caja registro de salida aprobada o medios de desconexión localizados en el exterior del remolque estacionado. Debe pegarse una etiqueta permanentemente adyacente a la caja registro que contenga la siguiente información:

ESTA CONEXION ES PARA EQUIPO DE CALEFACCION Y/O PARA AIRE ACONDICIONADO

EL CIRCUITO ES PARA UNA CAPACIDAD MAXIMA DE ____ A, ____ V, 60 Hz,

DEBE COLOCARSE UN MEDIO DE DESCONEXION A LA VISTA DEL EQUIPO

El valor nominal de la tensión y de la corriente eléctricas deben estar indicadas en los espacios en blanco. La etiqueta no debe ser menor que 0,5 mm de espesor y debe estar grabada en bronce, acero inoxidable, aluminio anodizado o con cubierta pura de aluminio, o su equivalente. La etiqueta no debe tener un tamaño menor que 80 mm por 45 mm.

E. Pruebas en fábrica

552-60. Pruebas eléctricas en fábrica. Cada remolque estacionado debe sujetarse a las siguientes pruebas:

a) Circuitos de 120 V o 127 V o 120/240 V o 220Y/127 V. Cada remolque estacionado diseñado con un sistema eléctrico de 120 V o 127 V o 120/240 V o 220Y/127 V, debe soportar una prueba de rigidez dieléctrica sin ruptura del dieléctrico, aplicada entre los conductores puestos a tierra y los de fase y la tierra del remolque estacionado, a una tensión eléctrica de 900 V durante 1 minuto, o a una tensión eléctrica de 1080 V durante un segundo, con todos los des cerrados. Durante la prueba, todos los des y demás controles deben estar en la posición de conectado. Los luminarios y aparatos electrodomésticos instalados permanentemente no requieren pasar esta prueba.

Cada remolque estacionado debe sujetarse a lo siguiente:

(1) una prueba de continuidad eléctrica para asegurar que todas las partes metálicas están adecuadamente unidas; y

(2) las pruebas de operación para demostrar que todos los equipos están adecuadamente conectados y operando adecuadamente; y

(3) pruebas de polaridad para verificar que las conexiones han sido hechas apropiadamente, y

(4) Los receptáculos que requieran de un interruptor de circuito por falla a tierra (ICFT) deben ser probados para la correcta operación por medio de un dispositivo de prueba para ICFT.

b) Circuitos de baja tensión. Los conductores del circuito de baja tensión de cada remolque estacionado deben soportar un potencial aplicado sin ruptura eléctrica en una prueba de rigidez dieléctrica a una tensión

eléctrica de 500 V durante 1 min, o a una tensión eléctrica de 600 V durante 1 s. El potencial debe ser aplicado entre conductores puestos a tierra y de fase.

Se permite que la prueba de los circuitos de alumbrado se efectúe antes de que se instalen las luces, previendo que las cubiertas exteriores y la cabina interior hayan sido aseguradas. Se permite que el circuito de frenos sea probado antes de ser conectado a los frenos, previendo que el alambrado ha sido asegurado completamente.

ARTICULO 553-CONSTRUCCIONES FLOTANTES

A. Disposiciones generales

553-1. Alcance. Este Artículo cubre el alambrado, acometida, alimentadores y puesta a tierra de construcciones flotantes.

553-2. Definición

Construcción flotante. Una construcción como se define en el Artículo 100 que flota en el agua, está amarrado en un lugar permanentemente, y tiene un sistema de acometida en el predio alimentada a través de la conexión de un alambrado permanente a un sistema de suministro eléctrico no localizado en el predio.

553-3. Aplicación de otros Artículos. El alambrado de construcciones flotantes debe cumplir con las previsiones aplicables de otros Artículos de esta norma, excepto por lo que se modifique en este Artículo.

B. Acometidas y alimentadores

553-4. Localización del equipo de acometida. El equipo de acometida para una construcción flotante debe ubicarse adyacente a la construcción, pero no dentro o sobre la misma.

553-5. Conductores de acometida. Se permite que un juego de conductores de acometida alimente a más de un equipo de acometida.

553-6. Conductores alimentadores. Cada construcción flotante debe estar alimentada por un juego individual de conductores alimentadores desde su equipo de acometida.

Excepción: Cuando una construcción flotante tenga varios usuarios, se permite a cada usuario tener un juego de conductores alimentadores individual desde el equipo de acometida del usuario, hasta el tablero de distribución del mismo.

553-7. Instalación de acometidas y alimentadores

a) Flexibilidad. Debe mantenerse la flexibilidad del sistema de alambrado entre la construcción flotante y los conductores de alimentación. Todo el alambrado debe instalarse de tal manera que el movimiento del agua en su superficie o a su nivel, no resulte en condiciones inseguras.

b) Métodos de alambrado. Se permite el uso de tubo (conduit) metálico o no metálico flexible a prueba de líquidos con accesorios aprobados para alimentadores y donde se requieran conexiones flexibles para la acometida. Se permiten cables de energía de uso extra rudo aprobados tanto para lugares mojados como resistentes a la luz del Sol, así como alimentadores para una construcción flotante cuando se requiera flexibilidad.

NOTA: Véanse 555-1 y 555-6.

C. Puesta a tierra

553-8. Requisitos generales. La puesta a tierra de partes eléctricas y no eléctricas en una construcción flotante debe hacerse mediante la conexión a una barra de puesta a tierra en el tablero de alumbrado y control de la construcción. La barra de puesta a tierra debe estar puesta a tierra a través de un conductor de puesta a tierra de equipo, aislado de color verde que corra con los conductores alimentadores y conectado a una terminal puesta a tierra en el equipo de acometida. La terminal de puesta a tierra en el equipo de acometida debe ponerse a tierra con el electrodo de puesta a tierra en la costa mediante el conductor aislado del electrodo de puesta a tierra.

553-9. Neutro aislado. El conductor del circuito puesto a tierra (neutro) debe ser un conductor aislado de color blanco. El conductor neutro debe conectarse a la terminal de puesta a tierra de equipo, en el equipo de acometida, y excepto por esta conexión, debe estar aislado de los conductores de puesta a tierra de equipo, envolventes de equipo, y cualquier otra parte puesta a tierra. Las terminales del circuito neutro en el tablero de distribución, y en las cocinas unitarias para mostrador, secadoras de ropa, unidades de cocina montadas sobre barras de servicio, y otras similares, deben aislarse de las envolventes.

553-10. Puesta a tierra de equipos

a) **Sistemas eléctricos.** Todas las envolventes y partes metálicas expuestas de los sistemas eléctricos deben unirse a la barra de puesta a tierra.

b) **Aparatos electrodomésticos conectados por cordón.** Cuando requieran estar puestos a tierra los aparatos electrodomésticos conectados por cordón, deben estarlo por medio de un conductor de puesta a tierra de equipo en el cordón y una clavija del tipo de puesta a tierra.

553-11. Unión de partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica. Todas las partes metálicas en contacto con agua, toda la tubería metálica, y todas las partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica que puedan energizarse, deben unirse a la barra de puesta a tierra del tablero de alumbrado y control.

ARTICULO 555-MARINAS Y MUELLES

555-1. Alcance. Este Artículo cubre la instalación del alambrado y equipo en áreas comprendidas en muelles fijos o flotantes, embarcaderos y otras áreas en marinas, diques, dársenas, atracaderos para yates, casas bote y otras ocupaciones similares que se usen con propósito de reparación, amarre, botado, almacenamiento o abastecimiento de combustible de pequeñas embarcaciones y amarre de construcciones flotantes.

555-2. Aplicación de otros Artículos. El equipo y alambrado para marinas y muelles deben cumplir con este Artículo y también con todas las condiciones aplicables de otros Artículos de esta norma.

NOTA: Para información adicional sobre la desconexión de las fuentes auxiliares de los barcos, véase el Apéndice B2.

555-3. Receptáculos. Cuando se suministre energía desde la costa, las instalaciones para botes de 6 m o menos de largo deben estar equipadas con receptáculos de no menos de 20 A del tipo de seguridad y de puesta a tierra.

Cuando se suministre energía desde tierra a instalaciones para botes de más de 6 m de largo, se deben proporcionar receptáculos de 30 A o más del tipo de seguridad y de puesta a tierra.

Los receptáculos de 15 A y 20 A, monofásicos, de 125 V o 127 V deben protegerse con interruptores de circuito de falla a tierra, diferentes a aquellos que suministran energía desde la costa a los botes ubicados en los muelles, embarcaderos, y otros lugares.

NOTA 1: Para las distintas configuraciones y capacidades nominales de los receptáculos y clavijas de seguridad y con puesta a tierra, así como para los receptáculos de seguridad del tipo puesta a tierra para instalaciones auxiliares de los barcos, véase el Apéndice B2.

NOTA 2: Al ubicar los receptáculos, se recomienda tener en cuenta el nivel máximo de la marea y la acción de las olas. Para establecer un plano de referencia, véase el Apéndice B2, para protección para marinas y puertos.

555-4. Medios de desconexiones. Debe suministrarse un medio de desconexión fácilmente accesible, mediante el cual cada embarcación pueda quedar aislada de su circuito de alimentación. El medio de desconexión debe consistir en un interruptor automático o desconector, o ambos, y debe estar localizado a la vista desde la desconexión de alimentación en la costa y estar previsto para constituir el medio de interrupción de la alimentación a la embarcación.

555-5. Circuitos derivados. Cada receptáculo individual que suministre energía desde la costa a las embarcaciones, debe alimentarse desde una salida de energía o tablero de alumbrado y control mediante un circuito derivado individual del tipo de tensión eléctrica y capacidad nominales que correspondan a las del receptáculo.

NOTA: Los receptáculos de alimentación de tensión eléctrica diferentes a las tensiones marcadas en el receptáculo, pueden causar sobrecalentamiento o mal funcionamiento del equipo conectado. Por ejemplo si se alimentan cargas monofásicas, de tres hilos, a 120/240 V desde una fuente de tres hilos a 208Y/120 V.

555-6. Alimentadores y acometidas. La carga para cada conductor del alimentador y conductor de acometida que alimenta receptáculos que suministran energía desde la costa a embarcaciones, debe ser calculada como se indica a continuación:

De 1 a 4 receptáculos	100%	de la suma del valor nominal de los receptáculos
De 5 a 8	90%	"

De 9 a 14	80%	"
De 15 a 30	70%	"
De 31 a 40	60%	"
De 41 a 50	50%	"
De 51 a 70	40%	"
De 71 en adelante	30%	"

(a) En donde los lugares para atraque para embarcaciones tienen dos receptáculos específicamente para un muelle individual y estos receptáculos tienen diferentes tensiones (por ejemplo: uno de 30 A, 125 V, y otro de 50 A, 125/250 V), sólo se requiere calcular el receptáculo con la mayor demanda de kilowatts.

(b) Si la instalación que se monta incluye kilowattómetros auxiliares individuales para cada muelle, y se calcula usando los criterios mencionados en la sección 555-6, la demanda total de amperes se puede multiplicar por 0,9 para obtener la demanda final en amperes.

NOTA: Estos factores de demanda pueden ser inadecuados para áreas de calor o frío extremos, cuando los circuitos llevan equipos de aire acondicionado, calefacción o refrigeración.

555-7. Métodos de alambrado. El método de alambrado debe ser aprobado e identificado para uso en lugares mojados. En los alimentadores que deban tener cierta flexibilidad se permite el uso de cables portátiles de uso extra rudo aprobados tanto para lugares mojados como resistente a la luz del Sol.

NOTA: Para mayor información sobre los métodos de alambrado para diferentes lugares y para el establecimiento de planos de referencia, véase el Apéndice B2.

555-8. Puesta a tierra

a) Equipos puestos a tierra. Los siguientes elementos deben conectarse a un conductor de puesta a tierra de equipo que corra junto con los conductores del circuito en una canalización o cable:

- 1) Cajas, envoltorios y toda otra envolvente metálica.
- 2) Armazones metálicas de equipos de utilización.
- 3) Terminales puestas a tierra de receptáculos del tipo de puesta a tierra.

b) Tipo del conductor de puesta a tierra de equipo. El conductor de puesta a tierra de equipo debe ser un conductor de cobre aislado con un acabado exterior continuo de color verde, o verde con una o más franjas amarillas.

Excepción: Se permite identificar en los extremos el conductor de puesta a tierra de equipos de un cable de tipo MI.

c) Tamaño del conductor de puesta a tierra de equipo. El conductor de cobre aislado de puesta a tierra de equipo debe calcularse de acuerdo con lo indicado en 250-95, pero no debe tener tamaño nominal menor que 3,31 mm² (12 AWG).

d) Conductor de puesta a tierra de equipo para circuitos derivados. El conductor aislado de puesta a tierra de equipo para circuitos derivados, debe terminar en una terminal puesta a tierra en un tablero de distribución remoto o en la terminal de puesta a tierra en el equipo de acometida principal.

e) Conductor de puesta a tierra de equipo para alimentadores. Cuando un alimentador proporciona servicio a un tablero de distribución remoto, debe extenderse un conductor aislado de puesta a tierra desde una terminal puesta a tierra del equipo de acometida hasta la terminal puesta a tierra en el tablero de distribución remoto.

555-9. Alambrado sobre y bajo aguas navegables. El Alambrado sobre y bajo aguas navegables debe ser aprobado para ese uso.

555-10. Gasolineras-Areas peligrosas (clasificadas). El equipo eléctrico y alambrado localizado en las gasolineras debe cumplir con lo indicado en el Artículo 514.

555-11. Ubicación del equipo de acometida. El equipo de acometida para muelles flotantes o marinas debe ubicarse adyacente a la construcción flotante, pero no dentro o sobre ésta.

4.6 EQUIPOS ESPECIALES**CAPITULO 6****ARTICULO 600-ANUNCIOS LUMINOSOS Y ALUMBRADO DE REALCE****A. Disposiciones generales**

600-1. Aplicación. Las disposiciones de este Artículo se aplican a la instalación de conductores eléctricos y equipo para anuncios luminosos y alumbrado de realce como se definen en el Artículo 100.

Para tal efecto se considera cualquier tipo de anuncio luminoso fijo o portátil, iluminado exterior o interiormente con:

- a) Tubos neón
- b) Lámparas de descarga tales como: fluorescente, vapor de mercurio, vapor de sodio baja o alta presión
- c) Lámparas incandescentes
- d) Lámparas de aditivos metálicos y cualquier combinación de las anteriores.

600-2. Medios de desconexión. Cada instalación de alumbrado de realce y cada anuncio luminoso, deben controlarse por medio de un interruptor o desconectador accionado externamente, el cual abra todos los conductores portadores de corriente. Adicionalmente se permite la utilización de dispositivos de desconexión automática tales como: temporizadores y celdas fotoeléctricas, entre otros, de tal forma que los anuncios luminosos sólo estén energizados durante los periodos necesarios y así tener un mejor aprovechamiento de la energía.

a) El medio de desconexión debe estar a la vista del anuncio luminoso que controla

Excepción 1: Los anuncios luminosos operados por controles electrónicos o electromecánicos colocados fuera del anuncio luminoso, deben tener medios de desconexión visibles desde el lugar donde está ubicado el control. Los medios de desconexión deben desconectar al anuncio luminoso y al control de todos los conductores portadores de corriente de alimentación, y deben estar diseñados para que ningún polo pueda ser accionado independientemente. Los medios de desconexión y el control pueden ubicarse dentro de la misma envolvente. Los medios de desconexión deben tener forma para bloquearse en la posición de abierto.

b) Capacidad nominal del interruptor de control. Los medios de desconexión, interruptores de acción intermitente y dispositivos similares que controlen transformadores, deben tener capacidad para cargas inductivas de control, o una capacidad nominal en amperes de cuando menos el doble de la capacidad en amperes del transformador.

NOTA: Véase 380-14 para la capacidad y uso de los interruptores de resorte.

600-3. Envolventes utilizados como cajas de paso. El método de alumbrado utilizado para alimentar anuncios luminosos o alumbrado de realce, debe terminar dentro del envolvente del transformador o del anuncio luminoso.

Excepción: Las envolventes de transformadores y anuncios luminosos pueden usarse como cajas de paso para conductores que alimenten a otros anuncios luminosos, aparatos de alumbrado de realce o proyectores adyacentes que formen parte del anuncio luminoso, siempre que los conductores que se prolonguen más allá del equipo, estén protegidos por un dispositivo de sobrecorriente de capacidad nominal de 20 A o menor.

600-4. Instrucciones. Todos los anuncios luminosos de cualquier tipo, fijos o portátiles, deben proveerse de instrucciones y deben instalarse de acuerdo con ellas.

600-5. Puesta a tierra. Los anuncios luminosos, canaletas, cajas terminales de tubos y otras estructuras metálicas, deben ponerse a tierra como se especifica en el Artículo 250.

Excepción. Partes metálicas separadas. Las partes metálicas separadas que no transportan corriente eléctrica, de un alumbrado de realce, pueden ponerse a tierra por conductores de tamaño nominal 2,08 mm² (14 AWG) y deben protegerse de daño físico y ponerse a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250.

600-6. Circuitos derivados

a) Capacidad. Los circuitos que alimentan lámparas, balastos y transformadores o combinaciones de éstos, deben tener una capacidad de acuerdo a la carga por alimentar.

b) Circuitos derivados. Cada edificio comercial y cada local de comercio que esté a nivel de la calle, accesible a los peatones, debe tener en la parte exterior por lo menos una salida para anuncios luminosos o alumbrado de realce. Esta salida debe alimentarse por un circuito derivado exclusivo de 20 A.

Excepción: Los corredores y pasillos interiores no deben considerarse como parte exterior de los edificios.

c) Carga mínima calculada. Debe considerarse una carga mínima de 1 200 VA, en el cálculo del circuito derivado que alimenta a anuncios luminosos o alumbrados de realce.

600-7. Marcado

a) Anuncios luminosos. Todos los anuncios luminosos deben marcarse con el nombre del fabricante, y en los de lámparas incandescentes se debe indicar el número de portalámparas que les corresponda; en el caso de anuncios luminosos basados en lámparas de descarga (tubos) se debe indicar la corriente eléctrica de entrada a plena carga y su tensión eléctrica nominal de entrada. La identificación del anuncio luminoso debe estar visible y permanente después de su instalación.

b) Transformadores. Para su identificación, los transformadores deben indicar en forma visible y permanente los datos de entrada en amperes o volts-amperes, la tensión eléctrica nominal de entrada, y la de salida en circuito abierto.

600-8. Envoltentes. Las partes vivas que no sean lámparas ni tubos de neón deben estar encerradas.

a) Resistencia estructural. Las envoltentes deben tener una apropiada resistencia estructural y rigidez.

b) Material. Los anuncios deben estar contruidos de metal o de un material aprobado.

c) Protección del metal. Las partes metálicas del equipo deben estar protegidas contra la corrosión.

600-9. Anuncios portátiles. Los anuncios portátiles o sus secciones, letras, aparatos, símbolos y elementos similares que se utilicen con anuncios luminosos fijos, se deben usar solamente cuando cumplan con las disposiciones aplicables de esta norma y además deben cumplir los requisitos siguientes:

a) Receptáculo y clavija a prueba de intemperie. El receptáculo y clavija a prueba de intemperie debe contar con un polo de puesta a tierra, para cada conexión individual, aparato o anuncio.

b) Cordones. Todos los cordones deben ser del tipo de uso rudo como se designa en la Tabla 400-4 y deben ser de tres conductores, con uno para puesta a tierra, como se prevé en 600-9(a).

c) Altura del cordón. Ningún cordón debe estar a una altura menor que 3,0 m desde el nivel del suelo en distancia vertical.

600-10. Separaciones

a) Altura. La parte baja de los anuncios y alumbrado de realce debe estar a una altura no menor que 5 m por encima de áreas accesibles al tráfico de vehículos.

Excepción: La parte baja puede estar a menos de 5,0 m por encima de áreas accesibles a vehículos, si está protegida contra daños materiales.

600-11. Anuncios luminosos portátiles exteriores. El alumbrado de un anuncio luminoso portátil o móvil exterior, debe estar accesible fácilmente y tener un interruptor de circuito por falla a tierra para protección del personal. Dicho interruptor debe localizarse en el cordón de la fuente de alimentación a una distancia no mayor que 30 cm del receptáculo alimentador. Los soportes de los conductores de corriente eléctrica especificados en esta Sección deben considerarse como parte integral del anuncio.

B. Anuncios luminosos y alumbrado de realce de 1 000 V o menos

600-21. Instalación de conductores

a) Método de alambrado. Los conductores deben instalarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, no metálico tipo pesado, metálico flexible, metálico flexible hermético a los líquidos, no metálico flexible hermético a los líquidos, cable con envoltente metálica, cable tipo AC, ductos metálicos, cables con envoltente metálica o aislamiento mineral, y postes metálicos que cumplan con los requisitos indicados en 410-15(b).

b) Aislamiento y tamaño nominal. Los conductores deben ser de un tipo aprobado para uso general y deben ser de tamaño nominal no menor que 2,08 mm² (14 AWG).

Excepción 1: Los conductores pueden ser de un tamaño nominal no menor que 0,824 mm² (18 AWG) del tipo especificado en la Tabla 402-3, para los casos indicados a continuación:

a) Anuncios luminosos portátiles.

b) Las terminales cortas permanentemente unidas a portalámparas o balastros para lámparas de descarga.

c) Las terminales alambradas en canales, que estén permanentemente unidas a portalámparas de lámparas de descarga o balastros de descarga eléctrica y que no tengan una longitud mayor que 2,4 m.

d) En los anuncios luminosos con varias lámparas incandescentes múltiples, que necesitan un conductor para un control a una o más lámparas y cuya carga total no sea mayor que 250 W, si forman parte de un cable dos o más conductores.

Excepción: Se permite el uso de conductores de tamaño nominal no menor que 0,519 mm² (20 AWG) como terminales cortas permanentemente unidas a motores síncronos.

e) **Expuestos a la intemperie.** Los conductores en canalizaciones, cables blindados o envolventes expuestas a la intemperie, deben ser del tipo con cubierta de plomo u otro tipo especial aprobado para estas condiciones.

Excepción: Esto no se aplica cuando las canalizaciones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o ligero, no metálico tipo pesado, o las envolventes, son herméticas a la lluvia e instalados de forma que drenen.

f) **Número de conductores en canalizaciones.** Los conductores incluyendo su aislamiento en una canalización para anuncios luminosos no deben rebasar una ocupación máxima de 40% del área interior útil de la canalización.

600-22. Portalámparas. Los portalámparas deben ser del tipo sin interruptor, con cuerpo de material aislante adecuado y construidos e instalados para que no puedan girar. Los casquillos tipo roscado de los portalámparas de los anuncios luminosos, en circuitos puestos a tierra, deben conectarse al conductor puesto a tierra del circuito.

600-23. Conductores en anuncios y canaletas. Los conductores dentro de anuncios y canaletas de alumbrado de realce, deben sujetarse firmemente y protegerse mecánicamente.

600-24. Protección de conductores. Se deben utilizar boquillas para proteger los conductores alimentadores que traspasen envolventes.

C. Anuncios luminosos y alumbrado de realce de más de 1 000 V

600-31. Instalación de conductores

a) **Métodos de alambrado.** Los conductores deben instalarse como conductores ocultos sobre aisladores, en tubo (conduit) metálico, tipo ligero, semipesado y pesado, tubo (conduit) rígido no metálico, tubo (conduit) metálico flexible, tubo (conduit) metálico flexible a prueba de líquidos, en tubería metálica eléctrica o cable tipo MC.

NOTA: Véase 600-5 para requerimientos de puesta a tierra.

Excepción: Se permite el uso de tubo (conduit) flexible hermético a los líquidos, donde se requiere flexibilidad y cuando esté expuesto a condiciones corrosivas.

b) **Aislamiento y tamaño nominal.** Los conductores deben ser para una tensión eléctrica no menor que la del circuito y deben ser de tamaño nominal no menor que 2,08 mm² (14 AWG).

Excepción: Se permite el uso de conductores de tamaño nominal no menor que 0,824 mm² (18 AWG) en las siguientes condiciones:

1) Como terminales de longitud no mayor que 2,4 m permanentemente fijas a portalámparas o a balastros para lámparas de descarga eléctrica, si dichas terminales están encerradas en un canal de alambrado.

2) En anuncios luminosos sobre vidrieras de exhibición o anuncios luminosos pequeños portátiles, como terminales de una longitud no mayor que 2,4 m desde las terminales del tubo a los devanados del secundario del transformador, si están permanentemente fijos dentro de la envolvente del transformador.

c) **Curvas en conductores.** Se deben evitar curvas pronunciadas en los conductores.

d) Conductores ocultos sobre aisladores en interiores. Los conductores ocultos sobre aisladores deben estar separados entre sí y de todos los demás objetos, excepto de los aisladores donde están montados, por una distancia no menor que 4 cm para tensiones eléctricas mayores de 10 000 V y no menor que 2,5 cm para tensiones eléctricas de 10 000 V o menos. Deben instalarse en canaletas revestidas con material no combustible y no deben utilizarse para otro propósito, excepto para los conductores primarios del circuito, los que se permiten en el mismo canal. Los aisladores deben ser de material no combustible y no absorbente.

No se permiten conductores ocultos sobre aisladores en el exterior de la envolvente del anuncio.

e) Conductores en tubería. Cuando los conductores tengan una cubierta de plomo u otra cubierta metálica, ésta debe prolongarse más allá del extremo final de la tubería, y la superficie del cable no debe dañarse donde termina su cubierta, de acuerdo con lo siguiente:

1) En lugares húmedos o mojados, el aislamiento de los conductores debe prolongarse más allá de la cubierta metálica o canalización a no más de 10 cm para tensiones eléctricas mayores a 10 000 V, 7,5 cm para tensiones eléctricas mayores a 5 000 V, pero menores a 10 000 V, y 5 cm para tensiones eléctricas de 5 000 V o menos.

2) En lugares secos, el aislamiento se debe prolongar más allá de la cubierta metálica o canalización no menos de 6,4 cm para tensiones eléctricas mayores de 10 000 V, 5 cm para tensiones eléctricas mayores de 5 000 V pero no mayores a 10 000 V y 4 cm para tensiones eléctricas de 5 000 V o menos.

3) Para los conductores conectados a las terminales de puesta a tierra del punto medio no se necesita separación.

4) Un tubo (conduit) metálico que contenga un solo conductor, de una terminal secundaria de un transformador, no debe exceder una longitud de 6 m.

f) Aparadores y lugares similares. Los conductores que cuelgan libremente en el aire, lejos de material combustible, y que no estén sujetos a daño físico como en algunos aparadores de exhibición, deben aislarse únicamente para la tensión eléctrica de diseño del conductor, sin necesitar de alguna otra protección.

g) Entre el tubo de descarga y el punto medio puesto a tierra. Los conductores pueden ser instalados desde el extremo del tubo, hasta los bornes del punto medio puesto a tierra de los transformadores diseñados específicamente para este fin y provistos de terminales en el punto medio. Cuando tales conexiones son hechas al punto medio puesto a tierra del transformador, las conexiones entre las terminales de alta tensión del transformador y los extremos de la línea del tubo de descarga deben ser lo más cortas posible.

600-32. Transformadores

a) Tensión eléctrica. La tensión eléctrica en el circuito abierto del secundario del transformador no debe ser mayor que 15 000 V, con una tolerancia para pruebas de 1 000 V adicionales. En los transformadores con un extremo puesto a tierra, la tensión eléctrica en circuito abierto del secundario no debe ser mayor que 7 500 V, con una tolerancia para pruebas de 500 V adicionales.

b) Tipo y capacidad. Los transformadores deben ser adecuados para uso con tubo de descarga eléctrica y tener una capacidad máxima de 4 500 VA.

Los transformadores del tipo de núcleo y devanados abiertos, deben limitarse a una tensión eléctrica en el secundario no mayor que 5 000 V, con una tolerancia de 500 V para pruebas, y utilizarse sólo en anuncios pequeños portátiles dentro de inmuebles.

Los transformadores para instalaciones de alumbrado de realce con tubo neón, deben tener una capacidad de corriente en el secundario no mayor que 60 mA.

Excepción: Donde los transformadores y todo el alumbrado conectado a ellos estén instalados de acuerdo con las disposiciones del Artículo 410 para alumbrado con lámparas de descarga de la misma tensión.

c) Expuestos a la intemperie. Los transformadores para uso en exteriores deben ser del tipo a prueba de intemperie o protegerse ubicándolos dentro del cuerpo del anuncio luminoso o en una caja metálica por separado.

d) Conexión del secundario del transformador. Los devanados de alta tensión de los transformadores no deben conectarse en paralelo o en serie.

Excepción 1: Si se tienen dos transformadores, cada uno de los cuales tiene una de sus terminales de alta tensión conectada a la cubierta metálica, se pueden conectar los devanados de alta tensión eléctrica en serie para formar el equivalente de un transformador con su punto medio puesto a tierra. Las terminales puestas a tierra deben conectarse por conductores aislados de tamaño nominal no menor que $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG).

Excepción 2: Los transformadores para anuncios luminosos pequeños portátiles, vidrieras de exhibición y lugares similares, se pueden conectar en serie cuando estén equipados con terminales permanentemente fijas al devanado secundario dentro de la envolvente del transformador y las conexiones no deben extenderse más allá de 2,44 m de la cubierta que une los extremos de la tubería y los conductores deben ser de tamaño nominal no menor que $0,824 \text{ mm}^2$ (18 AWG).

e) Accesibilidad. Los transformadores deben ubicarse en lugares accesibles y deben sujetarse firmemente.

f) Espacio de trabajo. Cuando un transformador no esté instalado dentro de un anuncio, se debe proveer alrededor del transformador o de su cubierta, un espacio de trabajo de 1,0 m por 1,0 m horizontalmente y por lo menos de 1,0 m de altura.

g) Ubicación en plafones. Los transformadores pueden instalarse en plafones, siempre que haya un acceso de 90 cm de altura y 60 cm de ancho provisto de un pasillo adecuado, permanente y fijo, con un ancho no menor que 30 cm y que se extienda desde un punto de entrada al plafón hasta cada transformador.

(Continúa en la Sexta Sección)

SEXTA SECCION

SECRETARIA DE ENERGIA

(Viene de la Quinta Sección)

600-33. Tubos luminosos de descarga eléctrica

a) Diseño. Los tubos luminosos deben ser de longitud y diseño tales que no produzcan una sobretensión continua en el transformador.

b) Soporte. Los tubos luminosos deben estar adecuadamente sostenidos en soportes de material no combustible y no absorbente. Los soportes de los tubos deben ser ajustables cuando sea factible.

c) Contacto con materiales inflamables y otras superficies. Los tubos no deben tener contacto con materiales inflamables y deben estar ubicados donde no estén expuestos normalmente a daños materiales. Cuando los tubos trabajen a tensiones mayores de 7 500 V, sus soportes deben ser de material aislante no combustible y no absorbente, que mantenga una separación no menor que 6 mm entre el tubo y la superficie más próxima.

600-34. Terminales y portaelectrodos de los tubos de descarga eléctrica.

a) Terminales. Las terminales de los tubos deben ser inaccesibles a personas no idóneas y estar separadas de materiales combustibles y de metal conectado a tierra, o bien estar encerradas en cubiertas. En este último caso, las terminales deben separarse de metal puesto a tierra y de material combustible, por medio de un material aislante no combustible y no absorbente o por un espacio libre en aire de 4 cm. Las terminales deben estar preparadas para que las conexiones no hagan falsos contactos y con el fin de evitar calentamiento y pérdidas de energía. Las terminales no deben estar sometidas a esfuerzos mecánicos.

b) Conexiones de tubos sin usar portaelectrodos. Si no se usan portaelectrodos especiales para el objeto, las partes vivas de las terminales de los tubos y de los conductores, deben soportarse en tal forma que se mantenga una separación de por lo menos 4 cm entre conductores o entre conductores y cualquier parte metálica conectada a tierra.

c) Portaelectrodos. Los portaelectrodos para los tubos deben ser de material aislante, no combustible y no absorbente.

d) Boquillas. Donde los electrodos entren a la envolvente de anuncios luminosos para exteriores o interiores, que funcionen a una tensión eléctrica mayor que 7 500 V, deben usarse boquillas de paso, a menos que se haya provisto de portaelectrodos. Los soportes más próximos a las conexiones terminales deben quedar a no más de 15 cm del electrodo.

e) Aparadores. En los anuncios luminosos de tipo descubierto para aparadores, las terminales deben estar encerradas en portaelectrodos aprobados para este fin y evitar falsos contactos y pérdidas de energía.

f) Sellado de portaelectrodos y boquillas. Para impedir la entrada de polvo o humedad pueden utilizarse sellos flexibles no conductores para tapar la abertura entre el tubo y el portaelectrodo o boquilla. Este sello no debe estar en contacto con material conductor puesto a tierra y no debe confiarse en él como aislamiento del tubo.

g) Cubierta de metal. Las cubiertas de metal para electrodos deben tener una chapa metálica de espesor no menor que 0,7 mm (No. 24 SSG).

h) Envoltentes de material aislante. Las envoltentes de material aislante deben ser no combustibles, no absorbentes y adecuadas para la tensión eléctrica del circuito.

i) Partes vivas. Las partes vivas deben estar encerradas o adecuadamente resguardadas para impedir cualquier contacto.

600-35. Interruptores en puertas. Las puertas o tapas que den acceso a partes no aisladas de anuncios luminosos para interiores o alumbrado de realce, de tensiones nominales mayores que 600 V y accesibles al público en general, deben estar provistas de desconectores de bloqueo que, al abrir las puertas o retirar las tapas, desconecten el circuito primario, o estén fijadas de tal manera que para abrirlas se necesiten herramientas especiales.

600-36. Alumbrado de realce fijo y avisos luminosos de tipo de estructura para uso interior

a) Soporte de tubos. Los tubos de gas deben soportarse independientemente de los conductores, por medio de aisladores de material no combustible no absorbente, tal como vidrio o porcelana, o suspenderse con alambres o cadenas adecuadas.

b) Transformadores. Se deben instalar en envolventes metálicos y tan cerca como sea posible del sistema de tubos de gas.

c) Conductores del secundario. Los conductores del secundario para los transformadores, deben aislarse de la tensión eléctrica del circuito y deben estar encerrados en canalización metálica puesta a tierra.

Excepción: Los conductores que no excedan de 1,2 m de longitud entre el tubo de gas y la envolvente metálica adyacente, pueden alojarse en otro tipo de canalización tal como vidrio continuo o mangas aislantes.

600-37. Anuncios luminosos portátiles de tubos de gas para aparadores de uso interior. Esta Sección se aplica a las instalaciones y al uso de anuncios luminosos portátiles basados en tubos de gas.

a) Ubicación. Los anuncios luminosos portátiles con tubos de gas se deben usar solamente en interiores.

b) Transformador. El transformador debe ser del tipo ventana o estar dentro de una envolvente metálica.

c) Conductores de alimentación. Los conductores de alimentación deben ser de cordón tipo uso rudo o extrarrudo que contenga un conductor de puesta a tierra de equipo. El cordón debe tener una longitud no mayor que 3 m.

d) Conductores secundarios. Los conductores secundarios deben tener una longitud no mayor que 1,8 m y deben instalarse donde no estén expuestos a daño mecánico, deben aislarse de la tensión eléctrica del circuito y deben protegerse por un tubo de vidrio continuo u otros mangos aislantes o tubería.

e) Puesta a tierra. Los transformadores y las partes metálicas unidas que no transportan corriente eléctrica deben ponerse a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250.

f) Soportes. Los anuncios luminosos portátiles interiores deben mantenerse en su lugar por un número de ganchos abiertos no mayor que dos, sujetos a la estructura del transformador.

ARTICULO 604-SISTEMAS DE ALAMBRADO PREFABRICADOS

604-1. Alcance. Las disposiciones de este Artículo se aplican al alambrado instalado en campo utilizando subconjuntos prefabricados, para circuitos derivados, paneles de control, circuitos de control remoto, de señalización y de comunicaciones en áreas accesibles.

604-2. Definición. Sistema de alambrado prefabricado: Es un sistema formado por componentes ensamblados en fábrica, y no pueden ser inspeccionados en el sitio donde se instalen, sin dañar o destruir el propio conjunto ensamblado, por lo cual sus conexiones internas no deben tener falsos contactos para evitar calentamiento y consumos innecesarios de energía.

604-3. Otros Artículos. Se deben cumplir los requisitos de todos los otros Artículos aplicables de esta norma, excepto por las modificaciones establecidas en este Artículo.

604-4. Uso permitido. Se permite el uso de sistemas de alambrado prefabricados, en lugares visibles, secos, accesibles y dentro de plafones y espacios usados para aire ambiental cuando estén aprobados para esta aplicación y se instalen de acuerdo con lo indicado en 300-22.

Excepción 1: En espacios ocultos, se permite que un extremo de un cable en derivación, se extienda dentro de muros huecos accesibles, para terminar en un desconector o en una salida eléctrica.

Excepción 2: Para instalaciones exteriores, cuando están aprobadas para ese uso.

604-5. Uso no permitido. Cuando los conductores o cables se limiten por las disposiciones de los Artículos 333 y 334.

604-6. Construcción

a) Tipos de cable o tubo (conduit). Los sistemas de alambrado prefabricados pueden ser de uno de los tipos indicados a continuación:

1) Los cables deben ser armados o tener cubierta metálica de un tipo aprobado y deben contener conductores de cobre aislados de 600 V nominales, de tamaño nominal de 5,26 mm² o de 3,31 mm² (10 AWG o 12 AWG) con un conductor de cobre aislado o desnudo para conexión a tierra, equivalente en área de sección transversal a un conductor activo o portador de corriente.

2) La canalización debe ser tubo (conduit) metálico flexible y aprobado para contener conductores de cobre aislados de tamaño nominal de 5,26 mm² o de 3,31 mm² (10 AWG o 12 AWG) para 600 V nominales con un conductor de cobre para conexión puesta a tierra, equivalente en área de sección transversal a la de un conductor activo o portador de corriente.

Excepción 1: para los incisos (1) y (2): Para conectar un aparato, se permite una derivación de longitud máxima de 1,8 m con conductores menores de 3,31 mm² (12 AWG) pero no menores de 0,824 mm² (18 AWG).

Excepción 2: para los incisos (1) y (2): Para circuitos de control remoto, señalización o comunicaciones, se permite el uso de conductores menores de 3,31 mm² (12 AWG). El sistema de alambrado debe estar aprobado para este uso.

- 3) Cada subconjunto prefabricado debe marcarse para identificar el tipo de cable o canalización.
- b) **Receptáculos y clavijas.** Los receptáculos y clavijas deben ser con bloqueo de seguridad debidamente polarizados e identificados para este uso.
- c) **Otros componentes.** Otros componentes del sistema deben estar aprobados para el uso.

604-7. Salidas no utilizadas. Todas las salidas disponibles no utilizadas, deben ser tapadas para cerrar efectivamente las aberturas de los receptáculos y así evitar accidentes.

ARTICULO 605-INSTALACIONES EN OFICINAS

(Accesorios de alumbrado y alambrado de muros prefabricados)

605-1. Alcance. Esta Sección se refiere a equipo eléctrico, accesorios de alumbrado y sistemas de alambrado usados para conectar, colocar dentro, o instalar en muros alambrados prefabricados.

605-2. Generalidades. Los sistemas de alambrado se deben identificar como apropiados para suministrar energía a los accesorios y aparatos eléctricos de alumbrado en muros prefabricados. Estos muros no deben extenderse desde el piso hasta el techo.

- a) **Usos.** Estos conjuntos deben instalarse y usarse sólo como se indica en este Artículo.
- b) **Otros Artículos.** Se deben cumplir los requisitos de todos los Artículos aplicables de esta norma, excepto las modificaciones requeridas en este Artículo.
- c) **Áreas peligrosas (clasificadas).** Cuando se usen muros alambrados prefabricados en áreas peligrosas (clasificadas), deben cumplir con los Artículos 500 a 517, además de lo indicado en éste.

605-3. Canalizaciones. Todos los conductores y las conexiones deben estar dentro de ductos o canalizaciones metálicas para alambrado o de otro material adecuado para las condiciones de uso. Los ductos o canalizaciones del alambrado deben estar libres de protuberancias u otras condiciones que puedan dañar al aislamiento del conductor. No se deben utilizar como canalización el tubo (conduit) de Polietileno indicado en el Capítulo 332.

605-4. Conexiones entre muros. La conexión eléctrica entre muros debe ser un ensamble flexible adecuado para este uso.

Excepción: Se permite cordón flexible para la conexión entre muros siempre que se cumpla con las siguientes condiciones:

- a) Que el cordón sea del tipo para uso extrarrudo.
- b) Que los muros estén mecánicamente contiguos.
- c) Que el cordón no sea más largo de lo necesario para la máxima separación entre los muros y que no exceda de 60 cm.
- d) Que el cordón termine en una clavija y en un receptáculo, con seguridad a la tensión mecánica.

605-5. Accesorios de alumbrado. El equipo de alumbrado apropiado para usarse en muros alambrados debe cumplir con los requisitos siguientes:

- a) **Soporte.** Se debe contar con medios de unión o soporte seguros.
- b) **Conexión.** Cuando se utilice una conexión de cordón y clavija, la longitud del cordón debe ser adecuada para el uso que se pretende, pero no debe exceder de 2,7 m de longitud. El cordón debe ser del tipo para uso rudo, de tamaño nominal no menor que 0,824 mm² (18 AWG) y debe contener un conductor de conexión de puesta a tierra. Si se emplea otro tipo de conexiones, deben identificarse como adecuadas para este uso.
- c) **Salida del receptáculo.** No se permiten salidas del receptáculo en los accesorios de alumbrado.

605-6. Muros de tipo fijo. Los muros alambrados que estén unidos permanentemente a una parte del edificio, deben estar conectados al sistema eléctrico del edificio por uno de los métodos de alambrado indicados en el Capítulo 3.

605-7. Muros de tipo no permanente. Los muros que no estén unidos permanentemente a una parte del edificio, pueden estar conectados permanentemente al sistema eléctrico del edificio por uno de los métodos de alambrado indicados en el Capítulo 3.

605-8. Muros del tipo no permanente, conectados con cordón y clavija. Los muros individuales de tipo no permanente o grupos de muros individuales que estén eléctricamente unidos y que no excedan de 9 m, cuando sean ensamblados, pueden estar conectados al sistema eléctrico del edificio por un cordón flexible con clavija, siempre que satisfagan los siguientes requisitos:

- a) **Cordón alimentador flexible.** El cordón alimentador flexible no debe exceder de 60 cm de longitud y debe ser del tipo para uso extrarrudo con conductores de 3,31 mm² (12 AWG) o mayores, con un conductor de conexión de puesta a tierra aislado.
- b) **Receptáculos para suministro de energía.** El receptáculo que suministre la energía eléctrica, debe estar alimentado por un circuito independiente que sirva exclusivamente a los muros y no a otras cargas, y debe ubicarse a no más de 30 cm del muro que alimente.
- c) **Máximo número de salidas de los receptáculos.** Los muros individuales o grupos interconectados, no deben tener más de 10 salidas de receptáculos de 15 A, 120 V o 127 V.
- d) **Circuitos multiconductores.** Los muros individuales o grupos de muros individuales interconectados no deben contener circuitos multiconductores.

NOTA: Véase 210-4 para circuitos derivados multiconductores que alimenten a los muros indicados en 605-6 y 605-7.

ARTICULO 610-GRUAS Y POLIPASTOS

A. Disposiciones generales

610-1. Alcance. Este Artículo cubre la instalación de equipo eléctrico y la instalación eléctrica relacionada con grúas y polipastos, polipastos de monorraíl y de todo tipo de carriles.

610-2. Requisitos especiales para áreas particulares

- a) **Áreas peligrosas (clasificadas).** Todo equipo que funcione en un área clasificada como peligrosa debe cumplir con el Artículo 500.
 - 1) El equipo utilizado en áreas peligrosas (clasificadas) debido a la presencia de gases o vapores inflamables debe cumplir con el Artículo 501.
 - 2) El equipo utilizado en áreas peligrosas (clasificadas) debido a la presencia de polvos combustibles debe cumplir con el Artículo 502.
 - 3) El equipo utilizado en áreas peligrosas (clasificadas) debido a la presencia de fibras o pelusas de fácil ignición debe cumplir con el Artículo 503.
- b) **Materiales combustibles.** Si la grúa, polipasto o polipasto de monorraíl opera sobre materiales de fácil combustión, las resistencias eléctricas deben instalarse de acuerdo con las siguientes condiciones:
 - (1) En un gabinete bien ventilado, de material no combustible y construido de forma que no emita llamas o metal fundido.
 - (2) En una jaula o cabina hecha de material no combustible que rodee todos sus lados desde el piso hasta un punto ubicado como mínimo a 15 cm por encima del nivel superior de dichas resistencias.
- c) **Celdas electrolíticas en línea.** Véase 668-32.

B. Alambrado

610-11. Métodos de alambrado. Los conductores deben instalarse en canalizaciones o ser cable Tipo AC con el conductor de puesta a tierra aislado, cable tipo MC o MI, a menos que se permita de otra manera en los siguientes incisos (a) a (e):

- (a) Los conductores de contacto no requieren encerrados en canalizaciones.
- (b) No se requiere que longitudes cortas de conductores descubiertos en las resistencias, colectores, o troles y otro equipo, estén encerrados en canalizaciones.
- (c) Cuando sea necesario hacer conexiones flexibles para motores y equipo similar, deben instalarse conductores flexibles dentro de tubo (conduit) metálico flexible, metálico flexible hermético a los líquidos, no metálico flexible hermético a los líquidos, cable multiconductor o una canalización no metálica aprobados.

(d) Cuando se utilice cable multiconductor en una estación de botones colgante, ésta debe estar soportada de una manera satisfactoria que proteja a los conductores eléctricos contra los esfuerzos de la tensión mecánica.

(e) Cuando se requiere flexibilidad para alimentar energía o controlar partes en movimiento, se permite el uso de un cordón o cable flexible adecuado para el propósito, siempre que:

(1) Se suministre liberación satisfactoria contra esfuerzos de tracción y protección contra daño físico; y

(2) En áreas peligrosas (clasificadas) dentro de la Clase 1, División 2, el cable debe estar aprobado para uso extrarrudo.

610-12. Accesorios terminales de canalización o cable. Los conductores o los cables que salgan de una canalización deben cumplir con una de las siguientes condiciones:

a) **Abertura independiente con boquilla.** Cuando la trayectoria de conductores cambie del tipo de instalación en cable o en canalización a una instalación de tipo visible, debe utilizarse una caja o accesorio terminal que esté provisto con abertura independiente emboquillada para cada conductor. Un accesorio usado para este propósito no debe tener derivaciones, tomas de corriente eléctrica, ni empalmes y no debe usarse como caja de salida para aparatos.

b) **Boquilla en lugar de caja.** Se permite utilizar una boquilla en lugar de una caja al final de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o ligero, donde la canalización termine en motores de corriente eléctrica continua de carcasa abatible, controles no encerrados o equipo similar, incluyendo conductores de contacto, colectores o troles, resistencias, frenos y desconectores de límite operando en el circuito de fuerza.

610-13. Tipo de conductores. Los conductores deben cumplir con lo indicado en la Tabla 310-13.

Excepción 1: Los conductores expuestos al calor exterior o conectados a resistencias, deben tener una cubierta exterior resistente a la flama o deben estar cubiertos con cinta resistente a la flama, individualmente o en grupos.

Excepción 2: Los conductores de contacto a lo largo de trabes, puentes de grúas y monorraíles pueden ser desnudos y deben ser de cobre, aluminio, acero, u otras aleaciones o combinaciones de estos metales en forma de alambre duro estirado, de perfil redondo, en "T", angular, rieles en "T", u otra forma rígida.

Excepción 3: Donde se requiera flexibilidad, se permite emplear cordones o cables flexibles con carretes enrolladores o dispositivos recuperadores.

610-14. Tamaño nominal de los conductores y capacidad de conducción de corriente

a) **Capacidad de conducción de corriente.** La capacidad de conducción de corriente permitida en los conductores se indica en la Tabla 610-14(a):

NOTA- Para la capacidad de conducción de corriente de los conductores entre controladores y resistencias véase 430-23.

TABLA 610-14(a). Capacidad de conducción de corriente (A) para conductores de cobre aislados basados en una temperatura ambiente de 30°C, utilizados para motores de grúas y polipastos, con régimen de trabajo de corta duración, hasta cuatro conductores en canalizaciones o cable (*). Hasta tres conductores de c.a. () o cuatro en c.c. (*) en canalización o cable.**

Temperatura máxima de operación		75°C		90°C		125°C	
Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil)		Tipos MTW, RHW, THW, THW-LS, XHHW, DRS, THWN		Tipos FEP, FEPB, PFA, PFAH, SA, TFE, ZW		Tipos FEP, FEPB, PFA, PFAH, SA, TFE, ZW	
mm ²	AWG	60 min	30 min	60 min	30 min	60 min	30 min
1,31	(16)	10	12	31	32	38	40
2,08	(14)	25	26	36	40	45	50
3,31	(12)	30	33	49	52	60	65
5,26	(10)	40	43	63	69	73	80

8,37	(8)	55	60				
13,3	(6)	76	86	83	94	101	119
16,8	(5)	85	95	95	106	115	134
21,2	(4)	100	117	111	130	133	157
26,7	(3)	120	141	131	153	153	183
33,6	(2)	137	160	148	173	178	214
	(1)	143	175	158	192	210	253
	(1/0)	190	233	211	259	253	304
	(2/0)	222	267	245	294	303	369
	(3/0)	280	341	305	372	370	452
	(4/0)	300	369	319	399	451	555
127	(250)	364	420	400	461	510	635
152	(300)	455	582	497	636	587	737
177	(350)	486	646	542	716	663	837
203	(400)	538	688	593	760	742	941
253	(500)	660	847	726	914	896	1143
FACTOR DE CORRECCION PARA CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE							
Temperatura ambiente °C	Para temperaturas ambientes diferentes a 30°C multiplicar la capacidad de conducción de corriente mostrada arriba por el factor correspondiente abajo indicado						
21-25	1,05	1,05	1,04	1,04	1,02	1,02	1,02
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35	0,94	0,94	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97
36-40	0,88	0,88	0,91	0,91	0,95	0,95	0,95
41-45	0,82	0,82	0,87	0,87	0,92	0,92	0,92
46-50	0,75	0,75	0,82	0,82	0,89	0,89	0,89
51-55	0,67	0,67	0,76	0,76	0,86	0,86	0,86
56-60	0,58	0,58	0,71	0,71	0,83	0,83	0,83
61-70	0,33	0,33	0,58	0,58	0,76	0,76	0,76
71-80			0,41	0,41	0,69	0,69	0,69
81-90					0,61	0,61	0,61
91-100					0,51	0,51	0,51
101-120					0,40	0,40	0,40

NOTA- Otros aislamientos indicados en las Tablas 310-13 y aprobados para lugares y temperaturas específicos se permite sustituirlos por los indicados en la Tabla 610-14 a). Las capacidades de conducción de corriente de los conductores utilizados para motores para servicio de 15 minutos, deben ser las de 30 minutos incrementadas en 12%.

(*) Para cinco a ocho conductores de fuerza energizados simultáneamente y alojados en tubo (conduit), canalización o cable, la capacidad de conducción de corriente de los conductores de fuerza se reduce a un valor equivalente a 80% del valor mostrado en esta tabla.

(**) Para cuatro a seis conductores de fuerza de c.a. energizados simultáneamente a 125°C y alojados en tubo (conduit), canalización o cable, la capacidad de conducción de corriente de los conductores de fuerza se reduce a un valor equivalente al 80% del valor mostrado en esta tabla.

- b) Conductores para resistencias de control (secundarias).** Cuando las resistencias de control (secundarias) estén separadas del controlador, el tamaño nominal mínimo de los conductores entre las resistencias y el controlador, se debe calcular multiplicando la corriente eléctrica secundaria del motor por el factor adecuado tomado de la Tabla 610-14 b), y seleccionar el conductor adecuado de la Tabla 610-14(a).

TABLA 610-14 (b)

Factores para determinar la capacidad de conducción de corriente de los conductores entre el controlador y las resistencias de control (secundarias) de grúas.	
Tiempo en segundos	Capacidad de conducción de la corriente secundaria a plena carga

Energizadas (conectadas)	Sin energía (desconectadas)	Por ciento
5	75	35
10	70	45
15	75	55
15	45	65
15	30	75
15	15	85
Servicio continuo		110

- c) **Tamaño nominal mínimo.** Los conductores externos a motores y a controladores no deben ser menores de 1,31 mm² (16 AWG).

Excepción 1: En circuitos de control con no más de 7 A, se permite el uso de conductor de tamaño nominal de 0,824 mm² (18 AWG), en cordones multiconductores.

Excepción 2: En circuitos electrónicos se permite el uso de conductores de tamaño nominal no menor que 0,519 mm² (20 AWG).

- d) **Conductores de contacto.** Los conductores de contacto deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la indicada en la Tabla 610-14 a) para conductores de 75°C, y en ningún caso deben ser menores que lo siguiente:

Distancias entre aisladores extremos de tensión mecánica o soportes intermedios del tipo mordaza	Designación del conductor
	Tamaño nominal mm ² (AWG)
Menos de 9 m	13,3 (6)
9 a 18 m	21,2 (4)
más de 18 m	33,6 (2)

- e) **Cálculo de la carga de motores**

- 1) Para un motor, se debe tomar como base 100% de la corriente eléctrica a plena carga indicada en su placa de datos.
- 2) Para una grúa o polipasto, con varios motores, la capacidad de conducción de corriente mínima de los conductores que los alimentan debe ser la suma de corriente eléctrica nominal de plena carga (en amperes) indicada en la placa de datos del motor más grande o grupo de motores, más 50% de la corriente eléctrica nominal (en amperes) a plena carga de la placa de datos del motor inmediato más grande o grupo de motores, usando la columna de la Tabla 610-14 (a) que aplique al motor con el mayor tiempo de régimen de trabajo.
- 3) Para varias grúas o polipastos o ambas cosas, alimentados con un sistema común de conductores, se debe calcular la capacidad de conducción de corriente mínima para los motores de cada grúa como se indica en 610-14(e), sumar todas las capacidades de conducción de corriente y multiplicar la suma por el factor de demanda adecuado de la Tabla 610-14(e).

TABLA 610-14 e). Factores de demanda

Número de grúas o polipastos	Factor de demanda
2	0,95
3	0,91
4	0,87
5	0,84
6	0,81
7	0,78

- f) **Otras cargas.** Las cargas adicionales, tales como calefacción, alumbrado, electroimanes y aire acondicionado, deben registrarse por la aplicación de las Secciones correspondientes de esta norma.
- g) **Placa de datos.** Cada grúa, monorriel o polipasto debe tener una placa de datos, visible, con lo siguiente: Nombre del fabricante, valores nominales de tensión eléctrica, frecuencia, número de fases y la capacidad de corriente del circuito, calculada según lo indicado en 610-14 (e) y (f).

610-15. Conductores de retorno común. Cuando una grúa o polipasto es accionado por más de un motor, puede utilizarse un conductor de retorno común con capacidad de conducción de corriente adecuada.

C. Conductores de contacto

610-21. Instalación de los conductores de contacto. Los conductores de contacto deben cumplir con los incisos a) al h) descritos a continuación:

- a) **Ubicación y resguardo de los conductores de contacto.** Los conductores de contacto de traveses carril deben estar resguardados, y los conductores de contacto del puente deben estar ubicados y resguardados de manera que las personas no puedan hacer contacto accidental con las partes energizadas.
- b) **Conductores de contacto.** Los conductores que se utilicen como conductores de contacto deben estar fijos en sus extremos por medio de aisladores de tensión y deben montarse sobre aisladores, de forma que el límite de desplazamiento del conductor no lo aproxime a menos de 40 mm de la superficie sobre la que está instalado el conductor.
- c) **Soportes a lo largo de traveses carril.** Los conductores de contacto instalados a lo largo de los traveses carril deben estar sostenidos por soportes aislantes colocados a intervalos no mayores a 6 m.

Excepción: Los soportes para conductores de rieles puestos a tierra como está previsto en (f) siguiente, no necesitan ser del tipo aislante.

Dichos conductores deben estar separados entre sí no menos de 150 mm, excepto en los monorrieles para polipastos, donde puede existir una separación no menor que 75 mm. Donde sea necesario, los intervalos entre los soportes aislantes pueden ser aumentados hasta 12 m, aumentando proporcionalmente la separación entre conductores.

- d) **Soportes sobre puentes.** Los conductores de contacto del puente deben estar separados por lo menos 65 mm, y cuando el largo del puente sea mayor que 24 m se deben colocar soportes aislantes a intervalos no mayores a 15 m.
- e) **Soportes para conductores rígidos.** Los conductores a lo largo de traveses carril y puentes de grúas, que sean del tipo rígido especificado en la Excepción 2 de 610-13, y que no estén dentro de un conjunto encerrado aprobado, se deben instalar sobre soportes aislantes, a intervalos no mayores a 80 veces la dimensión vertical del conductor, pero en ningún caso mayor que 4,5 m y espaciados suficientemente para dar una separación eléctrica de los conductores o a los colectores adyacentes no menor que 25 mm.
- f) **Rieles como conductor del circuito.** Los rieles de monorriel, rieles del carro o de traveses carril para grúa, pueden ser utilizados como conductores de suministro de energía para una fase de un sistema trifásico de c.a. de alimentación de un transportador, grúa o carro, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:
 - 1) Los conductores que alimentan a las otras dos fases deben estar aislados;
 - 2) El suministro de energía para todas las fases debe ser desde un transformador de aislamiento;
 - 3) La tensión eléctrica no debe ser mayor que 300 V;
 - 4) El riel que sirva como conductor debe estar puesto a tierra eficazmente en el transformador y se permite conectarlo a tierra por medio de los accesorios utilizados para la suspensión o fijación del riel al edificio o estructura.
- g) **Continuidad eléctrica de los conductores de contacto.** Todas las secciones de los conductores deben estar mecánicamente unidas para proporcionar una conexión eléctrica continua.
- h) **Alimentación a otro equipo.** Los conductores de contacto no deben utilizarse como alimentadores para otro equipo que no sean la(s) grúa(s) o montacarga(s) para los cuales fueron designados.

610-22. Colectores. Los colectores se deben diseñar de forma que se reduzca al mínimo el arqueado entre ellos y los conductores de contacto y cuando se instalen en locales utilizados para el almacenamiento de fibras y materiales fácilmente inflamables, deben cumplir con lo indicado en 503-13.

D. Medio de desconexión

610-31. Medio de desconexión de los conductores de la trabe carril. Se debe instalar un medio de desconexión entre los conductores de contacto de la trabe carril y la fuente de alimentación, este medio debe tener una capacidad continua de corriente eléctrica no menor que la calculada según lo indicado en 610-14(e) y (f). Este medio de desconexión del circuito del motor debe ser un desconectador, un interruptor automático o un medio de desconexión en caja moldeada. Dicho medio de desconexión debe ser:

- 1) Accesible fácilmente y operable desde el nivel del piso.
- 2) Provisto con un medio para inmovilizarse o bloquearse en la posición "abierto".
- 3) Provisto para desconectar simultáneamente todos los conductores de fase.
- 4) Ubicado a la vista desde la grúa o polipasto y desde los conductores de contacto de la trabe carril.

610-32. Medios de desconexión para grúas y polipasto de monorriel. Se debe instalar en las terminales de los conductores de contacto, en las trabes carril, o para otras fuentes de alimentación en todas las grúas y polipastos de monorriel, un desconectador para el circuito del motor o un interruptor automático que pueda bloquearse en la posición de "abierto".

Excepción: Se debe suministrar un desconectador para circuito, un interruptor automático o un desconectador en caja moldeada provisto de bloqueo en la posición "abierto". Se puede omitir el medio de desconexión cuando un polipasto de monorriel o una instalación de grúa puente de accionamiento manual, cumpla las siguientes condiciones:

- a) la unidad se controla desde el piso,
- b) la unidad está a la vista desde los medios de desconexión de la fuente de alimentación,
- c) no exista plataforma fija para inspección o mantenimiento a la unidad.

Cuando el medio de desconexión no esté accesible fácilmente desde el puesto de mando de la grúa o polipasto de monorriel, se debe disponer en el puesto de mando de medios para interrumpir el circuito de alimentación de energía de todos los motores de la grúa o polipasto de monorriel.

610-33. Capacidad nominal de los medios de desconexión. La capacidad nominal de corriente eléctrica del desconectador o interruptor automático requerido por el Artículo 610-32, no debe ser menor que 50% de la combinación de las capacidades de corriente eléctrica nominales de régimen de trabajo de corta duración de los motores, ni menor que 75% de la suma de las capacidades de corriente eléctrica de los motores de régimen de trabajo de corta duración requeridos para un solo movimiento de la grúa.

E. Protección contra sobrecorriente

610-41. Conductores alimentadores de la trabe carril. Los conductores de alimentación y de contacto principales de la trabe carril, grúa o polipasto se deben proteger mediante un dispositivo o dispositivos de protección contra sobrecorriente, y no deben ser mayores que la mayor capacidad nominal o el máximo ajuste de calibración de cualquier dispositivo de protección del circuito derivado más la suma de todas las capacidades nominales de las otras cargas indicadas en la placa de datos, aplicando los factores de demanda de la Tabla 610-14 (e).

610-42. Protección de los circuitos derivados contra cortocircuito y falla a tierra. Los circuitos derivados se deben proteger como sigue:

a) Capacidad de los fusibles o del interruptor automático. Los circuitos derivados de motores de grúas, polipastos y polipastos de monorriel, se deben proteger con fusibles o interruptores automáticos de tiempo inverso, con una capacidad de acuerdo a la Tabla 430-152. Se permite derivar circuitos de control del lado de carga de un dispositivo de protección del circuito derivado, siempre y cuando cada derivación y cada equipo estén protegidos en forma apropiada.

Excepción 1: Cuando dos o más motores actúen en un mismo movimiento, la suma de sus corrientes nominales indicadas en la placa de datos se considera como la de un solo motor para los cálculos anteriores.

Excepción 2: Se permite conectar dos o más motores al mismo circuito derivado, si ninguna conexión en derivación para un motor tiene una capacidad de conducción de corriente menor que un tercio de la corriente eléctrica del circuito derivado y si cada motor está protegido contra sobrecarga de acuerdo con lo indicado en 610-43.

b) Derivaciones a devanados de freno. Las derivaciones a los devanados de freno no necesitan protección independiente contra sobrecorriente.

610-43. Protección contra sobrecarga del circuito del motor y del circuito derivado. Todos los conductores de los motores, controladores de motores y circuitos derivados, deben estar protegidos contra sobrecorriente por alguno de los medios siguientes:

1) Un motor se considera protegido cuando el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado reúne los requisitos de capacidad indicados en 610-42.

2) Por relevadores de sobrecarga en cada conductor de fase, con todos los relevadores protegidos contra cortocircuito por medio del dispositivo de la protección del circuito derivado.

3) Instalación de dispositivos sensibles a la temperatura del motor o a la temperatura y corriente eléctrica y que estén térmicamente en contacto con el devanado del motor. Una grúa o polipasto se considera protegida, si los dispositivos sensibles a la temperatura están conectados en el circuito de un desconector de límite de carrera superior de la grúa o polipasto, de manera que se impida el levantamiento de la carga cuando exista una condición de sobrecalentamiento en cualquier motor.

Excepción 1: Si el motor es controlado manualmente con mandos de resorte de retorno, para el motor no se requiere el dispositivo de protección de sobrecarga para condiciones de rotor bloqueado.

Excepción 2: Donde dos o más motores accionen un solo carro o puente, y estén controlados como una unidad y protegidos por un solo juego de dispositivos de sobrecarga, con una capacidad igual que la suma de sus corrientes eléctricas de plena carga. El polipasto de carga o carro se considera protegido si los dispositivos sensibles a la temperatura están conectados en el circuito de un desconector de límite superior del polipasto, de manera que impida su funcionamiento cuando exista una condición de sobrecalentamiento en cualquier motor.

Excepción 3: En los dispositivos elevadores y polipastos de monorraíl y sus carros que no se utilicen como parte de una grúa eléctrica viajera, los motores no requieren protección contra sobrecarga de funcionamiento individual, siempre que el motor más grande no sea mayor que 5,60 kW (7,5 CP) y que todos los motores estén bajo un control manual del operador.

F. Control

610-51. Controladores separados. Cada motor debe estar provisto de un controlador individual.

Excepción 1: Cuando dos o más motores accionan a un solo dispositivo elevador, polipasto, carro o puente se permite utilizar un solo controlador.

Excepción 2: Un controlador se puede utilizar para varios motores siempre que:

- a) El controlador tenga capacidad nominal no menor que la del motor más grande.
- b) Se accione un solo motor a la vez.

610-53. Protección contra sobrecorriente. Los conductores de circuitos de control se deben proteger contra sobrecorriente. Los circuitos de control se consideran protegidos por dispositivos contra sobrecorriente, cuando tienen una capacidad de conducción de corriente nominal o están ajustados a no más de 300% de la capacidad de conducción de corriente de los conductores de control.

Excepción 1: Las derivaciones de los transformadores de control se consideran protegidas cuando el circuito secundario está protegido por un dispositivo calibrado o ajustado a no más de 200% de la corriente eléctrica nominal del secundario del transformador, y a no más de 200% de la capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito de control.

Excepción 2: Cuando la apertura del circuito de control produzca un riesgo, por ejemplo, el circuito de control de una grúa para metal fundido, los conductores del circuito de control se consideran protegidos adecuadamente por medio de los dispositivos contra sobrecorriente del circuito derivado.

610-55. Desconectores límite de carrera. Se debe instalar un desconector de límite u otro dispositivo para impedir que la carga sobrepase el límite superior del recorrido de cada uno de los mecanismos de levantamiento.

610-57. Espacio libre de trabajo. Las dimensiones del espacio libre de trabajo para tener acceso a partes vivas que requieran revisión, ajuste, servicio o mantenimiento, mientras estén energizadas deben ser de un mínimo de 760 mm. Cuando los controles estén encerrados en envolventes, las puertas de los mismos deberán abrir por lo menos a 90° o deben ser desmontables.

G. Puesta a tierra

610-61. Puesta a tierra. Todas las partes metálicas descubiertas no conductoras de corriente eléctrica en grúas, polipastos de monorraíl, polipastos y sus accesorios, incluyendo los controladores colgantes, deben

estar metálicamente unidas entre sí formando un conductor eléctrico continuo, de tal forma que toda la grúa o polipasto esté puesta(o) a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250.

Las partes en movimiento, salvo los accesorios desmontables o aditamentos que tengan superficies de rodamiento en contacto de metal con metal, deben ser consideradas como conectadas eléctricamente entre sí a través de las superficies de apoyo, para los efectos de la puesta a tierra.

Las armazones de los carros y del puente se consideran eléctricamente puestos a tierra a través de las ruedas del puente y del carro y sus respectivos rieles, a menos que las condiciones locales, tales como pintura u otro material aislante, impidan obtener un contacto seguro de metal a metal. En este caso se debe suministrar un conductor separado como puente de unión.

ARTICULO 620-ELEVADORES, MONTACARGAS, ESCALERAS ELECTRICAS Y PASILLOS MOVILES, ESCALERAS Y ELEVADORES PARA SILLAS DE RUEDAS

A. Disposiciones generales

620-1. Alcance. Este Artículo cubre la instalación de equipo eléctrico y el alambrado utilizado en la conexión de elevadores, montacargas, escaleras eléctricas, pasillos móviles, escaleras y elevadores para sillas de ruedas.

620-2. Definiciones

Controlador del motor. Las unidades de operación de un sistema de control lo integra un dispositivo de arranque (arrancador) y un equipo de conversión de energía usados para poner en funcionamiento un motor eléctrico o una bomba para un sistema hidráulico.

Control de movimiento. El dispositivo eléctrico que como parte del sistema de control regula la aceleración, velocidad, retardo y paro del movimiento.

Control de operación. El dispositivo eléctrico que como parte del sistema de control, inicia el arranque, paro y dirección del movimiento, en respuesta a una señal del dispositivo de operación.

Dispositivo de operación. El dispositivo de operación está integrado por el desconectador de la cabina, botones, pulsadores, desconectores de llave o palanca, y otros elementos eléctricos usados para activar el control de operación.

Equipo de señalización. Incluye equipo tanto audible como visual como son: campanas, timbres, luces y presentaciones visuales conteniendo información para el usuario.

Sistema de control. El sistema de control regula al arranque, paro, dirección de movimiento, aceleración, velocidad y retardo del movimiento.

NOTA: Para mayor información ver Apéndice B.1.1.

620-3. Limitaciones de tensión eléctrica. La tensión eléctrica de suministro no debe exceder de 400 V entre conductores, a no ser que se permita algo diferente como en los siguientes incisos:

- a) **Circuitos de fuerza.** Los circuitos derivados para los controles de operación y motor de la puerta, así como los circuitos derivados y alimentadores de los controles del motor, motores y frenos de la máquina, no deberán emplear una tensión eléctrica que exceda 600 V. En las tensiones internas para la conversión de energía y equipo asociado funcionalmente, incluyendo el alambrado de conexión, se permite emplear una tensión eléctrica más alta, si este equipo y sus conductores están aprobados e identificados para la tensión eléctrica apropiada. Cuando la tensión eléctrica exceda de 600 V las señales o letreros de precaución con la leyenda

“PELIGRO ALTA TENSION ELECTRICA”

deben fijarse al equipo y ser totalmente visibles.

- b) **Circuito de alumbrado.** Los circuitos de alumbrado deben cumplir con lo requerido en el Artículo 410.

- c) **Circuitos de calefacción y aire acondicionado.** Los circuitos derivados para equipo de calefacción y aire acondicionado de la cabina, no deben operar a más de 600 V.

620-4. Partes vivas encerradas. Todas las partes vivas de aparatos eléctricos, en los cubos de elevadores, dentro o sobre la cabina del mismo, montacargas, escaleras eléctricas, pasillos móviles y área de máquinas, para elevadores y escaleras y para sillas de ruedas, deben estar encerrados a fin de evitar contactos accidentales.

NOTA- Véase 110-17 para el resguardo de partes vivas, 600 V o menos.

620-5. Espacios de trabajo. Deben preverse espacios de trabajo junto a los controladores eléctricos, medios de desconexión y otro equipo eléctrico. El espacio de trabajo no debe ser menor que lo especificado en 110-16(a).

Donde las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personal calificado examine, ajuste, dé servicio y mantenimiento al equipo, los espacios requeridos en 110-16(a) deben cubrir lo permitido en los siguientes incisos:

- a) **Conexión flexible al equipo.** El equipo eléctrico indicado de 1 a 4 siguientes, debe proveerse con terminales flexibles en todas las conexiones externas, de modo que pueda reubicarse para cumplir con las condiciones del área de trabajo indicada en la Sección 110-16(a).
 1. Controladores y medios de desconexión para montacargas, escaleras eléctricas, pasillos móviles, elevadores y elevadores para sillas de rueda, instaladas en el mismo espacio con los motores de accionamiento de máquinas.
 2. Controladores y medios de desconexión de elevadores instalados en el cubo o en la cabina.
 3. Controladores para la operación de las puertas.
 4. Otro equipo eléctrico instalado en los cubos o en la cabina.
- b) **Guardas.** Es conveniente guardar o separar las partes vivas del equipo eléctrico. El equipo debe tener forma de examinarse, ajustarse o repararse, mientras se encuentre energizado sin retirar la protección.
- c) **Examen, ajuste y servicio.** Cuando el equipo eléctrico esté energizado, y sea examinado, ajustado o reparado debe realizarse únicamente por personal calificado.
- d) **Baja tensión eléctrica.** Las partes no aisladas deben estar a una tensión eléctrica no mayor que 30 V eficaces de c.a., 42 V pico o 60 V en c.c.

Excepción: Cuando los equipos por su propio diseño estén aprobados para no contar con cuarto de máquinas.

B. Conductores

620-11. Aislamiento de conductores. El aislamiento de los conductores instalados en conexión con elevadores, montaplatos, escaleras mecánicas o pasillos móviles debe cumplir con lo siguiente:

- a) **Instalación del dispositivo de bloqueo de la puerta del elevador.** Los conductores para bloqueo de la puerta del elevador desde el mecanismo de elevación, deben ser resistentes a la propagación de la flama y en caso de contar con puertas a prueba de fuego, deben ser adecuados para una temperatura no menor que 200°C. Los conductores deben ser de tipo SF o equivalente.
- b) **Cables viajeros.** Los cables viajeros utilizados como conexiones flexibles entre la cabina del elevador o montacargas o contrapeso y la canalización, deben ser cables para elevadores de los tipos indicados en la Tabla 400-4, o de un tipo aprobado.
- c) **Otros alambrados.** Todos los conductores colocados en las canalizaciones y dentro o sobre las cabinas de elevadores en los fosos de escaleras eléctricas y pasillos móviles, y en sus cuartos de máquinas (cuando existan), deben tener un aislamiento resistente a la propagación de la flama y resistente a la humedad.

Los conductores deben ser tipo MTW, TF, TFF, TFN, TFFN, THHN, THW, THWN, TW, XHHW, AWN, THW-LS, THHW-LS, XHHW-LS, o cualquier otro conductor con aislamiento diseñado como resistente a la propagación de la flama. Los conductores con pantalla se permiten siempre que estén aislados para la tensión eléctrica máxima que se encuentre dentro del cable o sistema de canalización.

- d) **Aislamiento.** Todos los conductores deben tener un nivel de aislamiento por lo menos igual que la capacidad máxima nominal de la tensión eléctrica del circuito de cualquier conductor dentro de la cubierta, cable o canalización. El aislamiento o cubierta exterior debe estar aprobado y designado con el subfijo "LS".

620-12. Tamaño nominal mínimo de los conductores. El tamaño nominal mínimo de los conductores utilizados para el alambrado de elevadores, montacargas, escaleras eléctricas, pasillos móviles y otros conductores que no formen parte integral del equipo de control, debe ser como sigue:

- a) **Cables viajeros**
 - 1) Circuitos de alumbrado: Se permite utilizar conductores de tamaño 1,31mm² (16 AWG) y 0,519 mm² (20 AWG) o mayores en paralelo, siempre que proporcionen una sección con

capacidad de conducción de corriente que sea equivalente como mínimo a la de tamaño nominal de 2,08 mm² (14 AWG) de cobre.

2) Para otros circuitos: Se permite utilizar conductores de tamaño 0,519 mm² (20 AWG).

b) **Otros alambrados.** Se permite el uso de cables de cobre aprobados de tamaño más pequeño de 0,205 mm² (24 AWG).

620-13. Conductores de los circuitos de alimentación y derivados. Los conductores deben tener una capacidad de conducción de corriente de acuerdo con lo indicado en los párrafos (a), (b) y (c) que siguen. Para el control de campo del generador, la capacidad de conducción de corriente debe basarse en la corriente eléctrica nominal de la placa de datos del motor del grupo motor-generador que suministra la energía al motor del elevador.

a) **Conductores que alimenten a un solo motor.** Los conductores que alimenten a un solo motor deben tener una capacidad de conducción de corriente de acuerdo con lo indicado en 430-22, y en la Tabla 430-22(b).

b) **Conductores que alimenten a un solo controlador.** Los conductores que alimenten a un solo controlador deberán tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la capacidad indicada en la placa de datos del controlador, más la suma de otras cargas conectadas.

c) **Conductores que alimenten a un solo transformador.** Los conductores que alimenten a un solo transformador deberán tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la corriente eléctrica de placa del transformador, más otras cargas conectadas.

d) **Conductores que alimenten a más de un motor, controlador o transformador.** Los conductores que alimenten a más de un motor, controlador o transformador, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la suma de las corrientes eléctricas de placa del equipo más otras cargas conectadas. La capacidad de corriente eléctrica de motores para usarse en la suma, debe determinarse de acuerdo con lo indicado en la Tabla 430-22(b), en la Sección 430-24 y en la Excepción 1 de ésta.

620-14 Factor de demanda del alimentador. Se permite instalar conductores para el alimentador de menor capacidad de conducción de corriente que la requerida en (b) anterior, sujeto a los requisitos establecidos en la Tabla 620-14.

TABLA 620-14. Factores de demanda del alimentador para elevadores

Número de elevadores en un solo alimentador	Factor de demanda
1	1,00
2	0,95
3	0,90
4	0,85
5	0,82
6	0,79
7	0,77
8	0,75
9	0,73
10 o más	0,72

NOTA: El factor de demanda está basado en la mitad de un ciclo de trabajo.

620-15. Capacidad nominal del controlador. La capacidad nominal del controlador debe cumplir con lo requerido en 430-83. Se permite que la capacidad nominal del controlador sea menor que la capacidad del motor del elevador cuando el propio controlador limite la energía disponible para el motor y el mismo esté aprobado y marcado para energía limitada.

NOTA: Para el marcado de los controladores. Véase la Sección 430-8.

C. Instalación eléctrica

620-21. Métodos de instalación. Los conductores y cables de fibra óptica localizados en los cubos, escaleras eléctricas, pasillos móviles, elevadores y elevadores para sillas de ruedas, área de máquinas, dentro o encima de la cabina, cuartos de control (excepto los cables móviles conectados a la cabina o contrapeso y alambrados de cubos), deben instalarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o

ligero, no metálico tipo pesado, canalizaciones, o cables del tipo MC, MI o AC, a menos que se permita otra cosa en los siguientes incisos:

a) Elevador

1) Cubos

- a. Se permite el uso de tubo (conduit) metálico flexible, metálico o no metálico flexible a prueba de líquidos, entre los conductores verticales, desconectores de límite de recorrido, botones operadores y dispositivos similares.
- b. Los cables utilizados en circuitos limitados de energía de Clase 2 (V_{ef} de 30 V o menos o 42 V de c.c. o menos), se permiten instalarse entre conductores verticales, equipo de señalización y dispositivos de operación, siempre y cuando los cables sean del tipo resistentes a la propagación de la flama y se protejan contra daño físico.

2) Cabinas

- a. Se permite en las cabinas el uso de tubo (conduit) metálico flexible, tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos y tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos con designación 12 (3/8) o mayores, siempre que no exceda de una longitud de 1,8 m y donde su localización esté libre de aceite y sujetados firmemente.

Excepción: Se permite instalar tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos con designación 12 (3/8), en longitudes mayores a 1,8 m, siempre que cumpla con lo definido en la Sección 351-22(2).

- b. Los cordones de uso rudo y extrarrudo, de acuerdo con lo especificado en el Artículo 400, Tabla 400-4 se permiten como conexiones flexibles entre el alambrado fijo de la cabina y otros dispositivos de la cabina. Los cordones de uso rudo se permiten únicamente como conexiones flexibles para el dispositivo de operación del techo de la cabina y de la luz de trabajo del mismo. Estos dispositivos o aparatos deben ponerse a tierra por medio de un conductor de puesta a tierra que vaya junto con los conductores del circuito. Los cables conductores más pequeños, de otros tipos, espesores de aislamiento y forros, se permiten como conexiones flexibles entre el alambrado fijo de la cabina y los otros dispositivos de cabina.

3) Cuartos de máquinas y áreas de máquinas

- a. Se permite instalar tubo (conduit) metálico flexible, tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos y tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos, con designación 12(3/8) o mayores, siempre que no exceda de una longitud de 1,8 m entre paneles de control y los motores de máquinas, frenos de máquinas, grupo motor-generador, medios de desconexión, motores de bombas, y válvulas.

Excepción: Se permite instalar tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos, en longitudes mayores a 1,8 m, siempre que cumpla con lo definido en la Sección 351-22(2).

- b. Donde el grupo motor-generador, los motores de máquinas o motores de bombas y válvulas estén ubicados, junto o abajo del equipo de control y tengan conductores de longitud suficiente, pero no mayor que 1,8 m; tales conductores pueden extenderse para conectarse directamente a los pernos terminales del controlador, sin tener en cuenta los requisitos de capacidad de conducción de corriente de los Artículos 430 y 445. Se permiten los ductos auxiliares en máquinas y cuartos de control entre los controladores, arrancadores y aparatos similares.
- c. Los conductores flexibles que son componentes del equipo aprobado y usado en equipo de baja tensión eléctrica, no deben exceder de 1,8 m de largo. Estos cordones deben estar soportados y protegidos contra daño físico y deben ser del tipo resistentes a la propagación de la flama.
- d. En equipo aprobado se permiten los conductores agrupados y encintados fuera de lo instalado en tubo (conduit), tal grupo de cable debe soportarse a intervalos no mayores a 1 m y localizarse de forma que esté protegido contra daño físico.

4) Contrapeso

Se permite el uso de tubo (conduit) metálico flexible, flexible a prueba de líquidos, no metálico flexible; cordones flexibles, conductores agrupados y encintados que son parte del equipo mencionado. El aislamiento de los conductores debe ser de tipo resistente a la propagación de la flama.

b) Escaleras

- 1) Se permite el uso de tubo (conduit) metálico flexible, metálico hermético a los líquidos y no metálico flexible hermético a los líquidos; esto es válido para escaleras y pasillos móviles. Se permite el uso de tubo (conduit) metálico flexible y metálico hermético a los líquidos con designación 12(3/8) o mayores en longitudes que no excedan de 1,8 m.

Excepción: Se permite instalar tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos con designación 12 (3/8), en longitudes mayores a 1,8 m, siempre que cumpla con lo definido en la Sección 351-22(2).

- 2) Se permite que los cables empleados en circuitos de potencia limitada Clase 2 (hasta 30 V c.a. eficaces, y hasta 42 V c.c., o menos.), sean instalados dentro de escaleras y pasillos móviles donde los cables deben soportarse y protegerse contra daño físico. Deben tener aislamiento y cubierta resistentes a la propagación de la flama.
- 3) Se permite el uso de cordones de uso rudo de acuerdo a los requerimientos del Artículo 400, Tabla 400-4, como conexiones flexibles entre paneles de control, escaleras y pasillos móviles donde los paneles de control completos y sus medios de desconexión estén preparados para reubicarse por el espacio de máquinas como se permite en 620-5 y 620-5 (a) (1).

c) Canalizaciones en elevadores para sillas de rueda y elevadores de sillas en escaleras

- 1) Se permite el uso de tubo (conduit) metálico flexible, metálico hermético a los líquidos en elevadores y elevadores para sillas de rueda y área de máquinas. Se permite el uso de tubo (conduit) con designación 12(3/8) o mayor en longitudes que no excedan 1,8 m de longitud.

Excepción: Se permite instalar tubo (conduit) no metálico flexible hermético a los líquidos con designación 12 (3/8), en longitudes mayores a 1,8 m, siempre que cumpla con lo definido en la Sección 351-22(2).

- 2) Se permite que los cables empleados en circuitos de potencia limitada de clase 2 (hasta 30 V c.a. eficaces, y hasta 42 V c.c., o menos), sean instalados dentro de elevadores para sillas de ruedas y elevadores de sillas en escaleras donde los cables deben soportarse y protegerse contra daño físico. Los cables deben tener aislamiento y cubierta resistentes a la propagación de la flama.

620-22. Circuitos derivados para alumbrado, receptáculos, ventilación, calefacción y aire acondicionado de la cabina

a) Alumbrado de la cabina. Se debe instalar un circuito derivado independiente para alimentar exclusivamente al alumbrado, receptáculos, luces auxiliares y ventilación de la cabina del elevador.

b) Aire acondicionado y calefacción. Se debe instalar un circuito independiente exclusivo para alimentar al aire acondicionado y a la calefacción de la cabina del elevador.

620-23. Circuito derivado de alumbrado y contactos para el cuarto de máquinas

a) En la casa de máquinas se debe instalar un circuito derivado exclusivo para alumbrado y otro para receptáculos. El alumbrado no debe conectarse en el lado de la carga de receptáculos con interruptor de circuito con protección por falla a tierra.

b) El desconectador de alumbrado debe ubicarse en la entrada del cuarto de máquinas.

c) Se debe instalar al menos un receptáculo dúplex de 120 V o 127 V, una fase, en cada cuarto de máquinas o en cada espacio para maquinaria.

620-24. Circuitos derivados de alumbrado y receptáculos en el cubo del elevador

a) En el cubo del elevador se debe instalar un circuito derivado exclusivo para alumbrado y otro para receptáculos. El alumbrado no debe conectarse en el lado de la carga de receptáculos con interruptor de circuito por falla a tierra.

b) El desconectador del alumbrado debe ubicarse en la puerta de entrada al cubo del elevador.

c) Se debe instalar al menos un receptáculo dúplex de 120 V o 127 V, una fase, en el cubo del elevador.

D. Instalación de conductores

620-32. Ductos metálicos y no metálicos. La suma del área de la sección transversal de los conductores incluyendo su aislamiento en los ductos para cables, no debe ser mayor que 50% del área transversal interior del conducto. Cuando se instale un ducto para cables vertical, éste debe fijarse a intervalos que no excedan

de 5 m y no deben tener más de una junta entre soportes. Cuando se tengan ductos para cables juntos deben fijarse ambos firmemente para asegurar una unión rígida.

620-33. Número de conductores en canalizaciones. La suma de las áreas de la sección transversal de los conductores incluyendo su aislamiento en una canalización no debe ser mayor que 40% del área transversal interior de la canalización.

Excepción: En ductos cuadrados como se permite en 620-32.

620-34. Soportes. Los soportes para cables o canalizaciones en un cubo del elevador, o en fosos de los pasillos móviles, en la trayectoria de elevadores, en escaleras eléctricas, elevadores para sillas de ruedas o de elevadores de sillas en escaleras deben asegurarse firmemente al riel guía o a la estructura o armazón de la construcción.

620-35. Canales auxiliares. Los canales auxiliares no deben estar sujetos a las restricciones indicadas en 374-5 respecto al número de conductores o en cuanto a su longitud de acuerdo a lo indicado en 374-2.

620-36. Sistemas diferentes en una canalización o en cables viajeros. Se permite que los cables de fibra óptica y conductores para dispositivos de operación, control de movimientos y operación, potencia, circuitos de señalización, alarma contra incendios, alumbrado, calefacción y aire acondicionado de 600 V o menos se alojen con los mismos cables viajeros o en el mismo sistema de canalización, si todos los conductores tienen aislamiento aprobado para la máxima tensión eléctrica aplicada a algún conductor dentro de la canalización y si todas las partes vivas del equipo están aisladas de tierra para esta misma tensión eléctrica. Se permite también que el cable viajero o canalización incluya conductores con pantalla y/o uno o más cables coaxiales, si tales conductores tienen aislamiento aprobado para la tensión eléctrica máxima aplicada a un conductor dentro de las canalizaciones. Si los conductores están cubiertos con una pantalla adecuada, se permite alojar cables de telefonía, audio, video o circuitos de comunicación de alta frecuencia en la misma canalización.

620-37. Alambrado en elevadores y cuartos de máquinas

- a) **Usos permitidos.** Solamente se permiten alambrado eléctrico y canalizaciones directamente en la conexión de la cabina del elevador o montacargas, incluyendo el alambrado para señalización, comunicación en la cabina, alumbrado, calefacción, aire acondicionado y ventilación de la cabina, sistemas de detección de humos, dentro del cubo del elevador y del cuarto de máquinas.
- b) **Protección contra descargas atmosféricas.** Se permiten conductores del sistema de puesta a tierra acoplados a los rieles del elevador para protección contra descargas atmosféricas. Los conductores de la bajada al sistema de puesta a tierra para protección contra descargas atmosféricas, no deberán estar localizados dentro del cubo. No se permite que los rieles del elevador u otro equipo del cubo se utilice como conductores de bajada de puesta a tierra para el sistema de protección contra descargas atmosféricas.
- c) **Alimentadores principales.** Los conductores del alimentador principal para suministrar energía al elevador y al montacargas, deben instalarse fuera del cubo, excepto por lo permitido en los siguientes incisos:
 - 1) Bajo condiciones especiales se permite que los conductores del alimentador del elevador estén dentro de un cubo existente, si estos conductores no están unidos dentro del mismo.
 - 2) Se permite que los conductores del alimentador se ubiquen dentro del cubo del elevador para equipo con motor de la máquina localizado en el cubo, en la cabina o en el contrapeso.

620-38. Equipo eléctrico en estacionamientos y locales similares. El equipo eléctrico y alambrado utilizado para elevadores, montacargas, escaleras eléctricas, en pasillos móviles, y elevadores para sillas de ruedas, elevadores de sillas en escaleras, en estacionamientos y locales similares, deben cumplir con los requisitos del Artículo 511.

NOTA: Según la Sección 511-2, no son áreas clasificadas (peligrosas) los garajes utilizados como estacionamiento o depósito y en los que no se realizan trabajos de reparación.

E. Cables viajeros

620-41. Suspensión de cables viajeros. Los cables viajeros se suspenden de la cabina y del extremo superior del cubo o en el contrapeso donde sea posible, para reducir al mínimo el esfuerzo aplicado a los conductores individuales de cobre. Los cables viajeros deben soportarse por uno de los siguientes medios:

- 1) Por sus propios miembros estructurales de acero.
- 2) Por medio de vueltas del cable alrededor de los soportes para longitudes no soportadas de menos de 30 m.

3) Suspendiéndolos con soportes que automáticamente se aprieten alrededor del cable, cuando la tensión mecánica se aumenta para longitudes no soportadas hasta de 60 m.

NOTA: La longitud no soportada del medio de suspensión existente en el cubo del elevador es la longitud del cable medida desde su punto de suspensión en el cubo del elevador hasta la parte inferior de la coca, cuando la cabina está ubicada en su punto inferior de parada. La longitud no soportada del medio de suspensión de la cabina es la longitud del cable medida desde el punto de suspensión en la cabina hasta la parte inferior de la coca, cuando la cabina está ubicada hasta su punto superior de parada.

620-42. Áreas peligrosas (clasificadas). En áreas peligrosas (clasificadas) los cables viajeros deben ser de un tipo aprobado para áreas peligrosas (clasificadas), y deben cumplir con lo especificado en 501-11, 502-12 o 503-10, según sea la aplicación.

620-43. Ubicación y protección de los cables. Los soportes de los cables viajeros se deben colocar de manera que se reduzca al mínimo la posibilidad de daños, debido a contactos de los cables con la construcción o equipo que esté en el interior del cubo del elevador. Cuando sea necesario se deben suministrar guardas adecuadas para proteger los cables contra daño.

620-44. Instalación de cables viajeros. Se permite instalar el cable viajero sin canalización o en tubo (conduit) para una distancia que no exceda de 1,8 m, medido desde el primer punto de soporte en la cabina del elevador (montacarga) o pared del cubo del elevador, siempre que los conductores estén agrupados, protegidos con cinta o cordón, o en revestimiento original.

Se permite que los cables viajeros estén junto a los tableros de control del elevador y hasta las conexiones de la cabina del mismo y del cuarto de máquinas, como alambrado fijo, siempre que estén provistos de soportes y protección contra daño físico.

F. Medios de desconexión y control

620-51. Medios de desconexión. Se debe proveer un medio individual para desconectar todos los conductores de fuerza no puestos a tierra para cada unidad y estar diseñado de tal forma que ningún polo pueda operarse independientemente. Cuando estén conectadas máquinas de accionamiento múltiple a un solo elevador, escalera eléctrica o pasillo móvil o a una unidad de potencia hidráulica, debe haber un medio de desconexión para el motor y la válvula magnética de control de la unidad de potencia hidráulica.

El medio de desconexión de los conductores de la alimentación principal no debe desconectar al circuito derivado, de acuerdo con lo indicado en 620-22, 620-23 y 620-24.

a) Tipo. El medio de desconexión debe ser un interruptor automático o desconectador con fusibles encerrado que pueda ser operado externamente y que pueda bloquearse en la posición de abierto. El dispositivo de desconexión debe ser de un tipo aprobado.

NOTA: Para información adicional sobre seguridad en escaleras y elevadores, véase el Apéndice B2.

b) Operación. No deben poder abrirse o cerrarse estos medios de desconexión de ninguna otra parte de la instalación. Si están instalados rociadores en el cubo, cuarto de máquinas o en áreas de máquinas (lo que corresponda), el medio de desconexión debe abrir automáticamente la alimentación del elevador antes de la aplicación del agua. El medio de desconexión no debe ser de cierre automático. La energía debe ser restaurada solamente por medios manuales.

NOTA: Estas disposiciones tienen por objeto reducir los riesgos que pone la caída de agua sobre las partes vivas del equipo eléctrico en el elevador.

c) Ubicación. Los medios de desconexión deben ubicarse en un sitio fácilmente accesible a personal calificado.

1) En elevadores sin control de campo del generador. En los elevadores sin control de campo del generador debe instalarse el medio de desconexión a la vista del controlador del motor. Las máquinas de accionamiento o los controladores de movimiento y operación que no se encuentre a la vista desde el medio de desconexión deben estar dotados de un desconectador adicional de operación manual, instalado en el circuito de control para evitar el arranque. El desconectador o interruptores operados manualmente se deben instalar adyacentes a estos equipos.

Cuando la maquinaria de accionamiento del elevador esté ubicada en un sitio remoto de maquinaria, debe instalarse un solo medio que desconecte todos los conductores de fase de la alimentación principal y que sea capaz de bloquearse en posición de abierto.

2) En elevadores con control de campo del generador. El medio de desconexión debe instalarse a la vista desde el control del motor de accionamiento del grupo motor-generador, en elevadores con control de

campo del generador. Las máquinas de accionamiento, grupos motor-generador, o de los controles de operación y movimiento, que no estén a la vista desde el medio de desconexión deben estar dotados de un desconectador de operación manual instalado en el circuito de control para evitar el arranque. Los desconectores de operación manual deben instalarse adyacentes a estos equipos.

Cuando la maquinaria de accionamiento o el grupo motor-generador estén ubicados en un sitio remoto de maquinaria se debe instalar un solo medio de desconexión para los conductores de fase del circuito de alimentación principal de fuerza y que se capaz de bloquearse en posición de abierto.

3) En escaleras y pasillos móviles el desconectador se debe instalar en el mismo sitio donde esté ubicado el controlador.

4) En elevadores para sillas de ruedas y elevadores de sillas en escaleras, el desconectador debe estar ubicado a la vista del controlador del motor.

d) Identificación y señales. Cuando haya más de una máquina de accionamiento en un cuarto de máquinas, los medios de desconexión deben estar numerados para que correspondan al número de identificación de cada máquina de accionamiento.

El medio de desconexión debe tener una marca que identifique la localización del lado de alimentación del dispositivo de protección contra sobrecorriente.

620-52. Energía desde más de una fuente

a) Instalaciones en cabinas individuales y múltiples. En las instalaciones de cabinas individuales y múltiples, el equipo que recibe energía de más de una fuente, debe estar provisto de un medio de desconexión para cada fuente de energía eléctrica, a la vista del equipo alimentado.

b) Señal de precaución para medios de desconexión múltiple. Cuando se usen medios de desconexión múltiple y las partes del controlador permanezcan energizadas desde fuentes diferentes a la que esté desenergizada, se debe instalar una señal de precaución sobre o junto al medio de desconexión. La señal debe ser clara, legible y debe decir:

**"PRECAUCION ____ PARTES DEL CONTROLADOR QUEDAN ENERGIZADAS AUN ABIERTO
ESTE INTERRUPTOR"**

c) Interconexión de los controladores de cabinas múltiples. Cuando existan interconexiones entre los controladores para el funcionamiento del sistema en instalaciones de cabinas múltiples que permanecen energizadas de una fuente que no sea la que está desconectada, se debe instalar una señal de precaución sobre o junto al medio de desconexión, de acuerdo con lo indicado en 620-52 (b).

620-53. Medios de desconexión del alumbrado, receptáculos y ventilación. Los elevadores deben tener un solo medio para desconectar todos los conductores de fase que alimentan al alumbrado, receptáculos y ventilación para cada cabina.

Los medios de desconexión deben estar dispuestos de tal manera que queden asegurados en la posición de abierto y deben localizarse en el cuarto de máquinas de la cabina. Cuando no exista cuarto de máquinas, el medio de desconexión debe ubicarse en el sitio de la maquinaria para dicha cabina.

Cuando en el cuarto de máquinas haya equipo para más de una cabina, los medios de desconexión deben estar numerados y deben corresponder al número de la cabina cuya fuente de alumbrado, receptáculos y ventilación controlan.

Los medios de desconexión deben tener una señal que identifique la ubicación del punto de suministro de los dispositivos de protección contra sobrecorriente.

620-54. Medios de desconexión para calefacción y aire acondicionado. Los elevadores deben tener un solo medio para desconexión para todos los conductores de fase que alimentan al sistema de calefacción y al aire acondicionado para cada cabina.

Los medios de desconexión deben estar colocados de tal forma que queden asegurados en la posición de abierto y localizarse en el cuarto de máquinas para cada cabina. Cuando no exista cuarto de máquinas, el medio de desconexión debe ubicarse en el sitio de la maquinaria para dicha cabina.

Cuando en el cuarto de máquinas haya equipo para más de una cabina, los medios de desconexión deben estar numerados y deben corresponder al número de la cabina cuya fuente de calefacción y aire acondicionado controlan.

Los medios de desconexión deben tener una señal que identifique la ubicación del punto de suministro de los dispositivos de protección contra sobrecorriente.

G. Protección contra sobrecorriente

620-61. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente debe estar provista como se indica a continuación:

- a) **Dispositivos de operación, control y circuitos de señalización.** Los dispositivos de operación, control y circuitos de señalización deben estar protegidos contra sobrecorriente de acuerdo con lo indicado en 725-23 y 725-24.
- b) **Protección de motores contra sobrecarga**
 - 1) Los motores que accionan elevadores, montacargas y los de los grupos motor-generator utilizados con control de campo del generador, deben estar aprobados para servicio intermitente. Los motores deben estar protegidos contra sobrecorriente de acuerdo con lo indicado en 430-33.
 - 2) Los motores que accionen máquinas de las escaleras eléctricas y de pasillos móviles deben estar aprobados para servicio continuo. Los motores deben estar protegidos contra sobrecargas de acuerdo con lo indicado en 430-32.
 - 3) Los motores que accionen las máquinas de las escaleras eléctricas y de pasillos móviles y los motores de accionamiento de los grupos motor-generator, deben protegerse contra sobrecargas como se indica en la Tabla 430-37.
 - 4) Los motores que accionan los elevadores para sillas de ruedas deben de estar aprobados para servicio intermitente. Los motores deben protegerse contra sobrecarga de acuerdo con lo indicado en 430-33.
- c) **Protección del alimentador del motor contra cortocircuitos y fallas a tierra**

La protección del alimentador del motor contra cortocircuito y falla a tierra deben ser como se requiere en el Artículo 430 Parte E.
- d) **Protección del circuito derivado del motor contra cortocircuito y falla a tierra.**

La protección del circuito derivado del motor contra cortocircuito y falla a tierra debe ser como se requiere en el Artículo 430 Parte D.

620-62 Coordinación de protecciones. Cuando un solo alimentador suministra energía a más de un medio de desconexión de una máquina, el dispositivo de protección contra sobrecarga en cada medio de desconexión debe estar coordinado selectivamente con otros puntos del lado de alimentación de dispositivos de protección contra sobrecorriente.

H. Cuarto de máquinas

620-71. Resguardo del equipo. Las máquinas que accionen elevadores, montacargas, escaleras eléctricas y pasillos móviles, grupos motor-generator, controladores de motores y medios de desconexión, se deben instalar en un cuarto o área cerrada exclusiva para este uso, con excepción de lo permitido en los incisos (a) y (b) siguientes. El local debe estar resguardado para evitar el acceso no autorizado.

a) **Controladores de motores.** Los controladores de motores de montacargas, escaleras eléctricas o pasillos móviles se pueden instalar fuera del lugar indicado anteriormente, siempre que éstos se encuentran en envoltentes con puertas o paneles removibles capaces de ser asegurados en la posición de cerrado, y los medios de desconexión estén ubicados junto o en una parte de los controladores de los motores. Se permite que los envoltentes de controladores de motores para escaleras o pasillos móviles se ubiquen en la barandilla lateral sobre el lado localizado fuera de los escalones o tramos móviles. Si el medio de desconexión es una parte integral del controlador del motor, aquél debe operarse sin abrir la envoltente.

b) **Máquinas de accionamiento.** Los elevadores con máquinas de accionamiento localizadas en la cabina, en el contrapeso o en el cubo y máquinas motrices para montacargas, escaleras eléctricas y elevadores para sillas de ruedas pueden usarse fuera de las áreas especificadas.

I. Puesta a tierra

620-81. Canalizaciones metálicas fijas a las cabinas. Las canalizaciones metálicas, los cables tipo MC, MI o AC, fijos a las cabinas de elevadores, deben estar unidos a las partes metálicas puestas a tierra de la cabina con las que hagan contacto.

620-82. Elevadores eléctricos. En los elevadores eléctricos los armazones de todos los motores, máquinas elevadoras, controladores y envoltentes metálicas de todos los equipos dispositivos eléctricos por

dentro o por fuera de la cabina o en el cubo del elevador, deben estar puestos a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250.

620-83. Elevadores no eléctricos. En los elevadores no eléctricos, cuando cualquier conductor esté fijado a la cabina, el marco metálico de ésta, que es normalmente accesible a personas, debe estar puesto a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250.

620-84. Escaleras móviles, pasillos móviles y elevadores para sillas de ruedas. Las escaleras móviles, pasillos móviles y elevadores de sillas de ruedas deben cumplir con el Artículo 250.

620-85. Interruptores de circuito por fallas a tierra para protección de personas. Todos los receptáculos monofásicos de 125 V o 127 V de 15 A y 20 A, instalados en cuartos de máquinas, foso, cubo parte alta de la cabina del elevador, en escaleras eléctricas y pasillos móviles, deben ser del tipo con interruptor de circuito por falla a tierra.

Todos los receptáculos monofásicos de 125 V o 127 V de 15 A y 20 A, instalados en el cuarto de máquinas deben ser del tipo con interruptor de circuito por falla a tierra.

Un receptáculo sencillo que alimente una bomba de desagüe instalada permanentemente, no requiere tener este tipo de protección.

J. Sistema de energía en emergencia y de reserva

620-91. Sistema de emergencia y de reserva. Se permite que un elevador se alimente de un sistema de energía de emergencia o de reserva.

a) Potencia regenerativa. Para los sistemas de elevador que regeneran energía y la regresan al sistema de suministro de energía, y donde es incapaz de absorber la energía regenerativa sobre el arreglo de las condiciones de carga del elevador, se debe proveer de un medio para absorber esa energía.

b) Otras cargas. Se permite que otras cargas, tales como fuentes y luminarios se utilicen como los medios requeridos para la absorción de la energía, de forma que dichas cargas sean automáticamente conectadas al sistema de emergencia o de reserva para la operación de los elevadores, y sean lo bastante grandes para absorber la energía regenerativa del elevador.

c) Medios de desconexión. Los medios de desconexión requeridos 620-51 deben desconectar al elevador tanto del sistema de energía de emergencia o de reserva, como del sistema de energía normal.

Donde se conecte una fuente de energía adicional al lado de la carga del medio de desconexión, el cual permite el movimiento de la cabina para evacuación de los pasajeros, este medio de desconexión requerido en 620-51 debe incluir un contacto auxiliar. Este contacto causará que la fuente de energía adicional se desconecte de su carga cuando el medio de desconexión esté en posición de abierto.

ARTICULO 625 EQUIPOS PARA CARGA DE VEHICULOS ELECTRICOS

A. General

625-1. Alcance. Las disposiciones de este Artículo cubren los conductores y equipos eléctricos externos a los vehículos eléctricos y que sirven para conectar el vehículo al suministro eléctrico por un medio conductivo o inductivo y a la instalación de los equipos y dispositivos para la carga de vehículos eléctricos.

NOTA: Para información adicional sobre vehículos industriales, véase el Apéndice B2.

625-2 Definiciones

Vehículo eléctrico: Vehículo automotor para uso en carretera, como vehículo de turismo, autobuses, camiones, vagonetas y similares, propulsados fundamentalmente por un motor eléctrico que demanda su corriente de una batería recargable, celda de combustible, arreglo fotovoltaico u otra fuente de corriente eléctrica. Este Artículo incluye las motocicletas eléctricas y vehículos de tipo similares, los vehículos eléctricos automotores que no transiten en las carreteras, como camiones industriales, carritos de golf, montacargas, elevadores móviles, tractores, equipo de soporte terrestre de aerolíneas, lanchas y similares.

Conector de vehículos eléctricos: Dispositivo, el cual, es conectado a un receptáculo en el vehículo eléctrico, para establecer la conexión eléctrica al vehículo eléctrico, con el propósito de carga eléctrica e intercambio de información. Este dispositivo es parte del acoplador para el vehículo eléctrico.

Acoplador de vehículos eléctricos: Juego de dispositivos del receptáculo en el vehículo eléctrico y el conector del vehículo eléctrico.

Dispositivo de entrada al vehículo eléctrico: Dispositivo dentro del cual es insertado el conector para carga eléctrica e intercambio de información. Este dispositivo es parte del acoplador para el vehículo eléctrico.

Para el propósito de esta norma, el dispositivo de entrada es considerado como parte del vehículo eléctrico y no como parte del equipo de alimentación para el vehículo eléctrico.

Batería hermética para vehículos eléctricos: Batería herméticamente sellada compuesta de una o más celdas electroquímicas recargables que no tiene salida de gases para la liberación de presiones excesivas, ni permite la adición de agua o electrolito ni tiene salida externa para medir la densidad del electrolito.

Equipo de alimentación para vehículos eléctricos: Conjunto de conductores, incluidos los puestos a tierra, los no puestos a tierra y los de puesta a tierra de los equipos, además de conectores para vehículo eléctrico, clavijas y otros accesorios, dispositivos, receptáculos de fuerza o aparatos instalados específicamente para suministrar a los vehículos eléctricos la energía eléctrica de carga desde las instalaciones eléctricas de las propiedades.

Sistema de protección personal: Dispositivos de un sistema de protección personal y características de construcción, que aplicadas en forma conjunta proporcionan protección contra choque eléctrico al personal.

625-3. Otros Artículos. Cuando haya discrepancias en los requisitos de este Artículo 625 con otros Artículos de esta norma, se aplica lo establecido en el Artículo 625.

625-4. Tensión. Si no se especifican otras tensiones, los equipos de los que trata este Artículo se deben conectar a sistemas de c.a. de 120 V, 127 V, 120/240 V, 208Y/120 V, 220/127 V, 240 V, 480Y/277 V, 480 V, 600Y/347 V o 600 V.

625-5. Aprobados (Listados) o etiquetados. Todos los materiales, dispositivos, herrajes y equipos asociados deben estar aprobados o etiquetados.

B) Métodos de alambrado

625-9. Acoplador de vehículos eléctricos. Los acopladores para vehículos eléctricos deben cumplir lo establecido en (a) hasta (f): siguientes.

(a) Polaridad. Los acopladores para vehículos eléctricos deben estar polarizados a menos que forme parte de un sistema identificado y aprobado como adecuado para tal propósito.

(b) No intercambiabilidad. Los acopladores para vehículos eléctricos deben tener una configuración que no permita conectar los dispositivos de alambrado en otros sistemas eléctricos. El acoplador para vehículos eléctricos, tipo no puesto a tierra no debe ser intercambiable con los de tipo puesto a tierra.

(c) Construcción e instalación. Los acopladores para vehículos eléctricos deben estar contruidos e instalados de modo que eviten el contacto accidental de las personas con partes vivas desde el equipo de alimentación o de las baterías de los vehículos eléctricos.

(d) Desconexión no intencional. El acoplamiento de los vehículos eléctricos debe tener un medio efectivo que evite su desconexión no intencional.

(e) Polo de puesta a tierra. El acoplador de los vehículos eléctricos, debe tener un polo de puesta a tierra a menos que sea parte de un sistema identificado y aprobado como adecuado para este propósito y cumpla lo establecido en el Artículo 250.

(f) Requisitos del polo de puesta a tierra. Si se provee un polo de puesta a tierra, el acoplador del vehículo eléctrico debe diseñarse de modo que la conexión del polo de puesta a tierra sea el primer contacto en cerrarse y el último en abrirse.

C. Construcciones del equipo

625-13. Equipo de alimentación para los vehículos eléctricos. Se permite que este equipo con alimentación a 125 V o 127 V nominales, monofásico, de 15 A o 20 A, o parte de un sistema identificado y aprobado como adecuado y que cumpla los requisitos de las secciones 625-18; 625-19 y 625-29; se pueda conectar mediante cordón con clavija; todos los demás equipos de alimentación del vehículo eléctrico deben conectarse y sujetarse de manera permanente en su lugar. El equipo no debe tener partes vivas expuestas.

625-14. Capacidad. El equipo de alimentación para los vehículos eléctricos debe tener una capacidad nominal suficiente para la carga que deba alimentar. Para efectos de este Artículo, se considera como carga continua la operación de carga a un vehículo eléctrico.

625-15. Marcado. El equipo de alimentación para los vehículos eléctricos debe cumplir con lo que se indica de (a) hasta (c), siguientes:

a) Generalidades.- El fabricante debe marcar el equipo de alimentación para los vehículos eléctricos con lo siguiente:

“PARA USO CON VEHICULOS ELECTRICOS”

b) No requiere ventilación.- Cuando así lo requiera la Sección 625-29(c), el fabricante debe marcar el equipo de alimentación para los vehículos eléctricos con lo siguiente:

“NO REQUIERE VENTILACION”

El marcado debe ubicarse de modo que sea claramente visible después de la instalación.

c) Se requiere ventilación.- Cuando así lo requiera la Sección 625-29(d), el fabricante debe marcar el equipo de alimentación para los vehículos eléctricos con lo siguiente:

“SE REQUIERE VENTILACION”

El marcado debe ubicarse de modo que sea claramente visible después de la instalación.

625-16. Medios de acoplamiento. Los medios de acoplamiento al vehículo deben ser de tipo conductivo o inductivo. Las clavijas, conectores, y dispositivos de entrada del vehículo eléctrico deben estar aprobados o etiquetados para ese uso.

625-17. Cables. Los cables de los equipos de carga de los vehículos eléctricos deben ser de Tipo EV, EVJ, EVE, EVJE, EVT o cable flexible de Tipo EVJT, como se especifica en el Artículo 400 y en la Tabla 400-4.

La corriente admisible de los cables debe cumplir lo establecido en la Tabla 400-5(a) para los cables de tamaño nominal de 5,26 mm² (10 AWG) e inferiores y en la Tabla 400-5(b) para los de tamaño nominal de 8,37 mm² (8 AWG) y mayores. La longitud total del cable no debe ser mayor que 7,5 m. Se permite otro tipo de cables y conjuntos aprobados para ese fin, como conjuntos híbridos con cables opcionales de comunicaciones, señales y de fibra óptica.

625-18. Enclavamiento. Los equipos de carga de los vehículos eléctricos deben estar dotados con un medio de enclavamiento que desenergice el conector y el cable del vehículo eléctrico siempre que el conector se desacople del vehículo. No se exige un enclavamiento para los equipos de carga portátiles conectados con cordón y clavija a una salida para receptáculo de corriente monofásica de 125 V o 127 V, 15 A y 20 A.

625-19. Desenergización automática del cable. El equipo de alimentación de vehículos eléctricos o la combinación cable-conector del equipo debe estar dotado de un medio automático que desenergice los conductores del cable y el conector del vehículo eléctrico si se produce alguna tensión mecánica que pudiera llevar a la rotura del cable o a la separación del cable y del conector, con la consiguiente exposición de partes vivas.

No se exige un medio automático que desenergice los conductores del cable y el conector del vehículo eléctrico para los equipos de carga portátiles conectados con cordón y clavija a un receptáculo monofásico de 125 V o 127 V, 15 A y 20 A.

D. Control y protección

625-21. Protección contra sobrecorriente. El dispositivo de protección contra sobrecorriente de los circuitos de alimentación y derivados de los equipos de alimentación de los vehículos eléctricos, debe ser dimensionado para servicio continuo y tener una corriente admisible no inferior al 125% de la corriente de carga máxima del equipo de alimentación del vehículo eléctrico. Cuando haya cargas no continuas conectadas al mismo alimentador o circuito derivado, la corriente admisible del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser inferior a la suma de todas las cargas no continuas más el 125% de las continuas.

625-22. Sistema de protección para las personas. El equipo de alimentación para los vehículos eléctricos debe tener un sistema aprobado de protección para las personas contra descargas eléctricas. Este sistema debe estar compuesto de dispositivos aprobados para la protección de las personas y características de construcción aprobados. Si se utiliza un equipo de alimentación para vehículos eléctricos conectado con cordón y clavija, debe utilizarse un dispositivo de interrupción de un sistema aprobado de protección de las personas y debe formar parte integrante de la clavija o debe localizarse en el cable de alimentación a una distancia no mayor que 30 cm de la clavija de conexión.

625-23. Medio de desconexión. El equipo de alimentación para los vehículos eléctricos designados para más de 60 A o más de 150 V a tierra, debe tener un medio de desconexión instalado en un lugar fácilmente accesible y capaz de quedar bloqueado en posición abierta.

625-24. Puesta a tierra. Todos los equipos e instalaciones eléctricas para alimentación de vehículos eléctricos deben estar unidos y puestos a tierra según lo establecido en el Artículo 250.

625-25. Pérdida de la fuente primaria. Se debe instalar un medio para evitar que, cuando deje de pasar corriente desde el circuito de suministro u otro sistema o sistemas eléctricos, la energía eléctrica no pueda volver del equipo del vehículo a la instalación de carga. No se permite utilizar un vehículo eléctrico como fuente de alimentación de reserva.

E. Locales para los equipos de alimentación de los vehículos eléctricos

625-28. En áreas peligrosas (clasificadas). Cuando haya instalado un equipo de alimentación de vehículos eléctricos en un área peligrosa (clasificada), se deben aplicar las disposiciones de los Artículos 500 a 516.

625-29. Lugares interiores. En los lugares interiores se deben incluir, entre otros, los garajes integrados, anexos o separados de las viviendas; los estacionamientos encerrados y subterráneos, los garajes públicos con o sin taller de reparación y los edificios agrícolas.

(a) Ubicación. El equipo de alimentación de los vehículos eléctricos debe estar ubicado de modo que se pueda conectar directamente el vehículo.

(b) Altura. Si no está específicamente aprobado para ese uso y lugar, el medio de acoplamiento del equipo de alimentación de los vehículos eléctricos debe estar ubicado o guardado a una altura no inferior a 0,45 m y no superior a 1,20 m sobre el nivel del piso.

(c) Ventilación no requerida. No se exige ventilación mecánica cuando se empleen baterías herméticas para el vehículo eléctrico o cuando esté aprobado o marcado como adecuado para cargado de vehículos en lugares interiores sin ventilación, y esté marcado de acuerdo con 625-15(b).

(d) Ventilación requerida. Cuando el equipo de alimentación del vehículo eléctrico esté aprobado o marcado como adecuado para cargar vehículos que necesiten ventilación para procesos de carga en lugares interiores y estén marcados de acuerdo con 625-15(c), se debe proporcionar ventilación mecánica, por ejemplo por medio de un ventilador. La ventilación debe incluir tanto el equipo de alimentación como el equipo mecánico de extracción de aire, esta ventilación debe estar permanentemente instalada y ubicada de modo que tome aire desde el exterior y desfogue directamente hacia el mismo. Los sistemas de ventilación de presión positiva sólo se permiten en construcciones o áreas que se hayan diseñado y aprobado específicamente para tal aplicación. Los requisitos de la ventilación mecánica deben determinarse por uno de los métodos especificados en 625-29(d)(1) hasta (d)(4), siguientes:

(1) Valores tabulados. Para las tensiones de alimentación y corrientes especificadas en la tabla 625-29(d)(1) la ventilación mínima requerida deben ser los especificados en la tabla 625-29(d)(1), para cada uno del total de vehículos que se puedan cargar a un mismo tiempo. Esta Tabla tiene en cuenta la ventilación suficiente para cualquier configuración del equipo de alimentación del vehículo eléctrico y el espacio de carga del mismo.

(2) Otros valores. Para corrientes y tensiones de alimentación no relacionadas en la tabla 625-29(d)(1) los requisitos mínimos de ventilación, deben ser calculados por medio de las siguientes fórmulas, según sea aplicable:

(a) Instalaciones monofásicas:

$$\text{Ventilación monofásica en metros cúbicos por minuto} = \frac{(\text{Volts})(\text{Amperes})}{1718}$$

(b) Instalaciones trifásicas:

$$\text{Ventilación trifásica en metros cúbicos por minuto} = 1,732 \frac{(\text{Volts})(\text{Amperes})}{1718}$$

(3) Sistemas con ingeniería: Se permite que los requisitos mínimos de ventilación para un sistema del equipo de alimentación de vehículos eléctricos, ventilado, sean determinados por cálculos especificados en un estudio de ingeniería, realizado por personal calificado, como parte integral de un sistema de ventilación de la totalidad del edificio.

(4) Circuitos alimentadores: El circuito de alimentación para al equipo de ventilación mecánica debe estar enclavado eléctricamente con el equipo de alimentación del vehículo eléctrico, y debe permanecer energizado durante el ciclo completo de carga del vehículo eléctrico. El equipo de alimentación del vehículo eléctrico debe estar marcado de acuerdo con 625-15. Los receptáculos de los equipos de alimentación de los vehículos eléctricos designados para 125 V o 127 V, monofásicos, de 15 A y 20 A, deben marcarse de acuerdo con 625-15(c) y deben estar dotados con un desconectador. El sistema de ventilación mecánica se debe enclavar eléctricamente a través del desconectador del circuito de alimentación del receptáculo.

TABLA 625-29 (d)(1).- Ventilación mínima requerida en m³/min, para cada vehículo eléctrico, del número total que pueden cargarse a un tiempo

Corriente admisible	Tensión del circuito derivado	
	Monofásico	Trifásico

del circuito derivado (A)	120 V	208 V	240 V o 120/240 V	208 V o 120/240 V	240 V	480 V o 480Y/277 V	600 V o 600Y/347 V
15	1,1	1,8	2,1	---	---	---	---
20	1,4	2,4	2,8	4,2	4,8	9,7	12
30	2,1	3,6	4,2	6,3	7,3	15	18
40	2,8	4,8	5,6	8,4	9,7	19	24
50	3,5	6,1	7,0	10,5	12	24	30
60	4,2	7,3	8,4	13	15	29	36
100	7,0	12	14	21	24	48	60
150	---	---	---	31	36	73	91
200	---	---	---	42	48	97	121
250	---	---	---	52	60	121	151
300	---	---	---	63	73	145	181
350	---	---	---	73	85	169	210
400	---	---	---	84	97	193	240

625-30. Lugares exteriores. En los lugares exteriores para la carga de vehículos eléctricos se deben incluir, entre otros, los estacionamientos y garajes residenciales, los estacionamientos abiertos, islas y lotes de estacionamiento públicos, edificios de estacionamientos e instalaciones comerciales de carga de vehículos eléctricos.

(a) Ubicación. El equipo de carga de los vehículos eléctricos debe estar situado de modo que se pueda conectar directamente al vehículo.

(b) Altura. Si no está específicamente aprobado para ese uso y lugar, el medio de acoplamiento del equipo de alimentación de los vehículos eléctricos debe estar instalado o almacenado a una altura no menor que 0,60 m y no superior a 1,20 m sobre el nivel del piso del estacionamiento.

ARTICULO 630-MAQUINAS DE SOLDAR ELECTRICAS

A. Disposiciones generales

630-1. Alcance. Este Artículo contempla a las máquinas de soldar por arco eléctrico, aparatos de soldar por resistencia y equipo de soldadura similar que se conecta a una fuente de energía eléctrica.

B. Máquinas de soldar de arco tipo transformador y de rectificador de c.c.

630-11. Capacidad de conducción de corriente de los conductores de entrada. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de entrada a las máquinas de soldar de arco tipo transformador y de rectificador de c.c. debe ser como sigue:

a) Máquinas de soldar individuales. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de entrada no debe ser menor que el valor resultante de multiplicar el valor de la corriente eléctrica (A), dado en la placa de datos de la máquina de soldar, por el siguiente factor, basado en el ciclo de trabajo de la máquina de soldar.

Ciclo de trabajo									
Por ciento	100	90	80	70	60	50	40	30	20 o menos
Factor	1,00	0,95	0,89	0,84	0,78	0,71	0,63	0,55	0,45

Para máquinas de soldar que tengan un tiempo determinado de operación de una hora, el factor de multiplicación debe ser 0,75.

b) Grupo de máquinas de soldar. La capacidad de conducción de corriente de los conductores que alimentan a un grupo de máquinas de soldar se permite que sea menor que la suma de las corrientes eléctricas, como se determinó en el inciso (a). El conductor debe determinarse en cada caso de acuerdo con la carga de la máquina de soldar, basada en el uso de cada una y en la duración del evento de todas ellas, alimentadas por los conductores que se presume no estarán en uso al mismo tiempo. El valor de cada carga usada para cada máquina debe tomar en cuenta tanto la magnitud, como la duración de la carga mientras la máquina de soldar está en uso.

NOTA - La capacidad de conducción de corriente de los conductores que alimentan a un grupo de máquinas de soldar se determina tomando como base la suma de 100% de la corriente eléctrica (como se determinó en el inciso (a)) de las dos de mayor capacidad, 85% de la tercera más grande, 70% para la cuarta más grande y 60% de todas las restantes, este cálculo proporciona un amplio margen de seguridad bajo condiciones de alta producción con respecto a la temperatura máxima permisible de los conductores. Se permite usar valores de por ciento menores de los que se dan en casos donde la operación es tal que un ciclo de alta operación es imposible para máquinas de soldar individuales.

630-12. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente para máquinas de soldar de arco tipo transformador de c.a. y de rectificador de c.c., debe estar de acuerdo con lo indicado en los incisos (a) y (b) siguientes. Cuando la capacidad especificada del dispositivo de sobrecorriente sea menor que uno normalizado o cuando el ajuste de la capacidad especificada provoque una operación innecesaria del dispositivo, se permite el uso de un dispositivo nominal o ajustable con capacidad inmediata superior siempre que no rebase los valores indicados a continuación.

a) Para máquinas de soldar. Cada máquina de soldar debe tener protección contra sobrecorriente nominal o ajustable que no sea mayor que 200% de la corriente eléctrica primaria de la máquina de soldar.

Excepción: No se requiere dispositivo de sobrecorriente para máquinas de soldar que tengan sus conductores de alimentación protegidos por un dispositivo de sobrecorriente nominal o ajustable a no más de 200% de la corriente eléctrica primaria de la máquina de soldar.

b) Para conductores. Los conductores que alimenten a una o más máquinas de soldar deben estar protegidos por un dispositivo de sobrecorriente nominal o ajustable a no más de 200% de la capacidad de conducción de corriente del conductor.

630-13. Medios de desconexión. Debe suministrarse un medio de desconexión en el circuito de alimentación de cada máquina de soldar de arco tipo transformador de c.a. y de rectificador de c.c. que no esté equipada con un desconectador montado como una parte integral.

Los medios de desconexión deben ser un desconectador o un interruptor automático y su capacidad no debe ser menor que la necesaria de acuerdo con lo especificado en 630-12.

630-14. Marcado. Debe suministrarse una placa de datos en las máquinas de soldar de arco tipo transformador de c.a. y de rectificador de c.c. que contenga la siguiente información: nombre del fabricante, frecuencia, número de fases, tensión eléctrica en el primario, corriente eléctrica nominal en el primario, máxima tensión eléctrica de circuito abierto, corriente eléctrica nominal en el secundario, ciclo de trabajo o tiempo determinado de operación.

C. Máquinas de soldar de arco tipo motor-generador

630-21. Capacidad de conducción de corriente de los conductores de entrada. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación a las máquinas de soldar de arco tipo motor-generador, debe ser como sigue:

a) Máquinas de soldar individuales. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación no debe ser menor que el valor de la corriente eléctrica que resulte de multiplicar el valor de la corriente eléctrica (A), dado en la placa de datos de la máquina de soldar por el siguiente factor basado en el ciclo de trabajo de la misma.

Ciclo de trabajo									
Por ciento	100	90	80	70	60	50	40	30	20 o menos
Factor	1,00	0,96	0,91	0,86	0,81	0,75	0,69	0,62	0,55

Para máquinas de soldar que tengan un tiempo determinado de operación de una hora, el factor de multiplicación debe ser 0,80.

b) Grupo de máquinas de soldar. Se permite que la capacidad de conducción de corriente de los conductores que alimenten a un grupo de máquinas de soldar sea menor que la suma de las corrientes eléctricas que cada máquina de soldar determina de acuerdo con lo indicado en el inciso (a), siempre y cuando no todas las máquinas de soldar trabajen simultáneamente. El valor de la carga usada para cada máquina de soldar debe tomar en cuenta la magnitud y la duración de la carga mientras la máquina de soldar está en uso.

NOTA - La capacidad de conducción de corriente de los conductores que alimentan a un grupo de máquinas de soldar, se determina tomando como base la suma de 100% de la corriente eléctrica (como se

determinó en el inciso (a)) de las dos máquinas de soldar de mayor capacidad, 85% de la tercer máquina más grande, 70% para la cuarta más grande, y 60% de todas las restantes. Este cálculo proporciona un amplio margen de seguridad bajo condiciones de alta producción respecto a la temperatura máxima permisible en los conductores. Se permite usar valores de por ciento menores de los que se dan en casos donde la operación es tal que un ciclo de alta operación es imposible para máquinas de soldar individuales.

630-22. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente para máquinas de soldar de arco tipo motor-generator, debe estar de acuerdo con lo indicado en los incisos (a) y (b). Cuando la capacidad especificada del dispositivo de sobrecorriente sea menor que un valor normalizado, o cuando el ajuste del valor especificado provoque una operación innecesaria del dispositivo, se permite el uso de un dispositivo de capacidad nominal o ajustable con capacidad inmediata superior, siempre que no rebase los valores indicados a continuación.

a) Para máquinas de soldar. Cada máquina de soldar debe tener una protección contra sobrecorriente nominal o ajustable que no sea mayor que 200% de la corriente eléctrica primaria de la máquina de soldar.

Excepción: No se requiere dispositivo de sobrecorriente para máquinas de soldar que tengan sus conductores de alimentación protegidos por un dispositivo de sobrecorriente nominal o ajustable que no sea mayor que 200% de la corriente eléctrica primaria de la máquina de soldar.

b) Para conductores. Los conductores que alimentan a una o más máquinas de soldar deben estar protegidos por un dispositivo de sobrecorriente nominal o ajustable de no más de 200% de la capacidad de conducción de corriente del conductor.

630-23. Medios de desconexión. Debe suministrarse un medio de desconexión en el circuito de alimentación de cada máquina de soldar de arco tipo motor generator. Los medios de desconexión deben ser un interruptor automático o un desconectador para circuito de motor, y su capacidad no debe ser menor que el necesario de acuerdo con lo especificado en 630-22.

630-24. Marcado. Debe suministrarse una placa de datos en las máquinas de soldar de arco tipo motor-generator que contenga la siguiente información: nombre del fabricante, frecuencia, número de fases, tensión eléctrica de entrada, corriente eléctrica de entrada, máxima tensión eléctrica de circuito abierto, capacidad de corriente eléctrica de salida, ciclo de trabajo o tiempo determinado de operación.

D. Máquinas de soldar por resistencia

630-31. Capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación a las máquinas de soldar por resistencia, necesaria para limitar la caída de tensión eléctrica a un valor permisible para el funcionamiento satisfactorio de la máquina de soldar, es usualmente más grande que el requerido para prevenir sobrecalentamiento como se indica a continuación:

a) Máquinas de soldar individuales. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación de las máquinas de soldar individuales debe cumplir con lo siguiente:

1) La capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación para una máquina de soldar que puede ser operada a diferentes tiempos, a diferentes valores de corriente eléctrica de alimentación real o ciclo de trabajo, no debe ser menor que 70% de la corriente eléctrica nominal de alimentación, para máquinas de soldar de costura, de alimentación automática o 50% de la corriente eléctrica nominal de alimentación para máquinas de soldar de operación manual.

2) La capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación para una máquina de soldar de operación específica, de la cual la corriente eléctrica de alimentación real y el ciclo de trabajo son conocidos y permanecen sin cambio, no debe ser menor que el producto de la corriente eléctrica nominal de alimentación por el factor dado en la siguiente tabla para el ciclo de trabajo al cual puede ser operada la máquina de soldar.

Ciclo de trabajo									
Por ciento	50	40	30	25	20	15	10	7,5	5 o menos
Factor	0,71	0,63	0,55	0,50	0,45	0,39	0,32	0,27	0,22

b) Grupo de máquinas de soldar. La capacidad de conducción de corriente de los conductores que alimenten a dos o más máquinas de soldar no debe ser menor que la suma del valor obtenido de acuerdo con lo indicado en el inciso (a) anterior para la máquina de soldar más grande y 60% del valor obtenido para todas las demás máquinas de soldar.

NOTA - Explicación de términos.

1. Corriente eléctrica nominal de alimentación: resulta de dividir los kVA nominales multiplicados por 1 000 entre la tensión eléctrica nominal, usando los valores dados en la placa de datos.

2. Corriente eléctrica de alimentación real: es la proporcionada por el circuito de suministro durante cada operación de soldadura aplicada a un caso particular.

3. El ciclo de trabajo: es el por ciento de tiempo durante el cual la máquina de soldar está bajo carga. Por ejemplo, una máquina de soldar de puntos, alimentada con un sistema de 60 Hz (216 000 ciclos por hora), haciendo 400 puntos de soldadura por hora, con una duración de quince ciclos por cada punto de soldadura, tendría un ciclo de trabajo de 2,8% (400 multiplicado por 15 dividido entre 216 000 y multiplicado por 100). Una máquina de soldar de costura que opere dos ciclos dentro y dos ciclos fuera, resultaría tener un ciclo de trabajo de 50%.

630-32. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente para máquinas de soldar por resistencia, debe estar de acuerdo con lo indicado en los incisos (a) y (b) siguientes. Cuando la capacidad especificada del dispositivo de sobrecorriente sea menor que un valor normalizado, o cuando el ajuste del valor especificado provoque una operación innecesaria del dispositivo, se permite el uso de un dispositivo de capacidad nominal o ajustable inmediata superior siempre y cuando no rebase los valores indicados a continuación.

a) Para máquinas de soldar. Cada máquina de soldar debe tener protección contra sobrecorriente nominal o ajustable, que no sea mayor que 300% de la corriente eléctrica nominal de alimentación de la máquina de soldar.

Excepción: No se requiere dispositivo de sobrecorriente para una máquina de soldar que tenga su circuito de alimentación protegido por medio de un dispositivo de sobrecorriente de capacidad nominal o ajustable a no más de 300% de la corriente eléctrica nominal de alimentación de la máquina de soldar.

b) Para conductores. Los conductores que alimentan a una o más máquinas de soldar, deben estar protegidos por un dispositivo de sobrecorriente de capacidad nominal o ajustable a no más de 300% de la capacidad de conducción de corriente del conductor.

630-33. Medios de desconexión. Se debe proporcionar un desconectador o interruptor automático para que por medio de él, cada máquina de soldar por resistencia y su equipo de control puedan desconectarse del circuito de alimentación. La capacidad de corriente de este medio de desconexión no debe ser menor que la capacidad de conducción de corriente del conductor, determinada de acuerdo con lo indicado en 630-31.

Se permite que el desconectador del circuito de alimentación sea el medio de desconexión de la máquina de soldar cuando el circuito alimenta solamente una máquina de soldar.

630-34. Marcado. Debe suministrarse una placa de datos para cada máquina de soldar por resistencia que contenga la siguiente información: nombre del fabricante, frecuencia, tensión eléctrica nominal y kVA nominales a 50% del ciclo de trabajo, máxima y mínima tensión eléctrica de circuito abierto en el secundario, corriente eléctrica secundaria a cortocircuito a máxima tensión eléctrica del secundario y la abertura de los electrodos (brazos).

E. Cable para soldar

630-41. Conductores. El aislamiento de los conductores instalados en el secundario de las máquinas de soldar eléctricas debe ser resistente a la flama.

630-42. Instalación. Los cables deben ser adecuados para ser instalados en una canalización apropiada que cumpla con los incisos siguientes:

a) Soporte del cable. La canalización para el cable debe tener soportes a intervalos no mayores a 1,5 m.

b) Separación del fuego y de productos de combustión. La instalación debe estar de acuerdo con lo indicado en 300-21.

c) Señales. Debe colocarse una señal permanente en la canalización de cables a intervalos no mayores a 6 m. La señal debe decir "Canalización para cables de soldadura solamente".

ARTICULO 640-EQUIPOS DE GRABACION DE SONIDO Y SIMILARES

640-1. Alcance. Este Artículo cubre al equipo y al alambrado utilizado para la grabación y reproducción de sistemas de sonido, distribución centralizada de sonido, instalaciones públicas de altavoces, entradas de micrófonos o audífonos y órganos electrónicos.

640-2. Aplicación de otros Artículos

a) Alambrado a dispositivos y entre ellos. El sistema de alambrado de usuarios de energía al equipo y la conexión entre éstos, deben cumplir con los requisitos de los Capítulos 1 a 4, excepto cuando estén modificados por este Artículo.

b) Alambrado y equipo. El alambrado y equipo para sistemas públicos de altavoces, de entradas a micrófonos y audífonos, de radiofrecuencia, de audiofrecuencia y para equipo de amplificación asociado con estaciones radorreceptoras en sistemas de distribución centralizados, deben cumplir con el Artículo 725.

640-3. Número de conductores en tubo (conduit). El número de conductores en tubo (conduit) no debe exceder el factor de relleno indicado en las Tablas del Capítulo 10.

640-4. Ductos metálicos con tapa y canales auxiliares. Los ductos metálicos con tapa deben cumplir con los requisitos del Artículo 362 y los canales auxiliares con lo establecido en el Artículo 374.

Excepción: Cuando se utilicen para la grabación y reproducción de sonidos deben cumplir con lo siguiente:

a. Los conductores en canales metálicos con tapa y en canales auxiliares no deben llenar la canalización a más de 75% de su profundidad.

b. Cuando la tapa de los canales auxiliares esté al límite con el piso y esté expuesta a objetos pesados en movimiento, ésta debe ser de acero con un espesor no menor que 6,4 mm; cuando la tapa no esté expuesta a objetos pesados en movimiento, como en la parte posterior de paneles de equipo, debe tener un espesor de por lo menos 3,4 mm.

c. Los ductos metálicos con tapa y canales auxiliares pueden instalarse ocultos siempre que estén colocados en línea recta entre salidas a cajas de empalme. Las tapas de las cajas deben ser accesibles. Los bordes metálicos en las cajas de salida o cajas de empalme deben redondearse y todas las protuberancias ásperas alisadas, para evitar la abrasión del aislamiento o conductores.

d. Los ductos metálicos con tapa y canales auxiliares se deben poner a tierra de acuerdo con los requisitos del Artículo 250. Cuando los ductos y los canales auxiliares no contengan conductores de alimentación, el conductor de puesta a tierra no necesita ser mayor en tamaño nominal que 2,08 mm² (14 AWG) de cobre o su equivalente. Cuando los ductos metálicos con tapa y canales auxiliares contengan conductores de alimentación, el tamaño nominal del conductor de puesta a tierra no debe ser menor que el exigido en 250-95.

640-5. Conductores. Los circuitos de salida de amplificadores que transporten señales de audiofrecuencia de 70 V o menos y cuya tensión eléctrica en circuito abierto no sea mayor que 100 V, pueden utilizar un sistema de alambrado Clase 2 o 3 como se señala en el Artículo 725.

NOTA - Lo anterior está basado en amplificadores cuya tensión eléctrica en circuito abierto no es mayor que 100 V, cuando son excitados por una señal de cualquier frecuencia de 60 Hz a 100 Hz suficiente para producir su salida de régimen (70,7 V) para su carga nominal. Esto admite el hecho de que el programa medio es de 12 db menor del régimen del amplificador, y por tanto, la tensión eléctrica eficaz en un circuito abierto de 70 V de salida, debe ser solamente 25 V.

640-6. Agrupamiento de los conductores. Los conductores de diferentes sistemas agrupados en la misma canalización u otra cubierta o en cables o cordones portátiles deben cumplir con los requisitos siguientes:

a) Conductores de suministro de energía. Los conductores de suministro de energía deben estar debidamente identificados y se deben utilizar solamente para alimentar al equipo al cual los otros conductores están conectados.

b) Terminales a un motor-generador o de convertidor rotatorio. Las terminales de entrada de un motor-generador o de un convertidor rotatorio, se deben instalar separados de las terminales de salida.

c) Aislamiento de los conductores. Los conductores se deben aislar individualmente o en grupos, con un aislante por lo menos equivalente al de los conductores de alimentación y otros conductores.

Excepción: Cuando los conductores de alimentación y otros conductores estén separados por una cubierta de plomo u otra cubierta metálica continua.

640-7. Cordones flexibles. Los cables y cordones flexibles deben ser de los tipos S, SJ, ST, SJO, SJT u otro tipo aprobado. Los conductores de los cordones flexibles que no sean conductores de alimentación pueden ser de un tamaño nominal no menor que 0,128 mm² (26 AWG), siempre que dichos conductores no estén conectados directamente a los conductores de alimentación y cuenten con medios de limitación de corriente eléctrica de manera que la potencia máxima no sea mayor que 150 W, en cualquier condición.

640-8. Terminales. Las terminales se deben marcar para mostrar sus conexiones propias. Las terminales de los conductores que no sean los de alimentación deben estar separados de las terminales de los conductores de alimentación por un espacio al menos tan grande como el que existe entre las terminales de alimentación de polaridad opuesta.

640-9. Baterías. Las baterías deben cumplir con lo siguiente:

a) **Instalación.** Las baterías se deben instalar de acuerdo con lo indicado en el Artículo 480.

b) **Aislamiento de los conductores.** Las terminales deben tener aislamientos basados en hule o en termoplásticos.

640-10. Protección contra sobrecorriente de los circuitos. La protección contra sobrecorriente se debe efectuar como sigue:

a) **Calentador o filamento (cátodo).** Los circuitos del calentador o filamento (cátodo) de un tubo electrónico, deben tener una protección contra sobrecorriente no mayor que 15 A cuando sean alimentados por un circuito derivado de alumbrado o por una batería cuya capacidad sea mayor que 20 Ah.

b) **Placa (ánodo-positivo).** Los circuitos a la placa (ánodo-positivo) y a la rejilla de un tubo electrónico, debe tener protección contra sobrecorriente no mayor que 1 A.

c) **Rejilla de control.** Los circuitos del control de rejilla de un tubo electrónico debe tener protección contra sobrecorriente no mayor que 1 A cuando sea alimentado por circuitos derivados de alumbrado o por una batería cuya capacidad sea mayor que 20 Ah.

d) **Localización.** Los dispositivos de sobrecorriente deben estar localizados tan cerca como sea posible a la fuente de alimentación.

640-11. Amplificadores y rectificadores

a) **Tipo aprobado.** Los amplificadores y rectificadores deben estar cubiertos adecuadamente y deben ser de un tipo aprobado.

b) **Fácil acceso.** Los amplificadores y rectificadores se deben ubicar de manera que estén accesibles fácilmente.

c) **Ventilación.** Los amplificadores y rectificadores se deben ubicar de manera que tengan suficiente ventilación para evitar un aumento excesivo de temperatura dentro de sus cubiertas protectoras y del local en que se encuentren instalados.

640-12. Areas peligrosas (clasificadas). El equipo utilizado en áreas peligrosas (clasificadas), debe cumplir con las disposiciones indicadas en el Artículo 500.

640-13. Protección contra daño físico. Los amplificadores, rectificadores, altavoces y otros equipos, deben estar ubicados o deben protegerse de manera que estén resguardados contra daño físico, o lo que pueda resultar por incendios o daño provocados por personas.

ARTICULO 645-EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE DATOS Y DE COMPUTO ELECTRONICO

645-1. Alcance. Este Artículo incluye equipo, alambrado de alimentación, alambrado de conexión de equipo y puesta a tierra de los sistemas y equipo de procesamiento de datos por computadora electrónica, incluyendo equipo terminal y en cuartos de cómputo.

645-2. Requerimientos especiales para cuartos de equipo de procesamiento de datos y cómputo electrónico. Este Artículo se aplica considerando que las siguientes condiciones se cumplen:

1) Están provistos medios de desconexión de acuerdo con lo indicado en 645-10.

2) Existe un sistema de calefacción, ventilación o aire acondicionado instalado para uso exclusivo del local con equipo de procesamiento de datos y cómputo electrónico separado de otras áreas de ocupación. Cualquier sistema de calefacción, ventilación o aire acondicionado que sirva a otros locales es permitido que sirva también al local de equipo de procesamiento de datos y cómputo electrónico, si existen compuertas contra humo o fuego en el punto límite de propagación del cuarto. Dichas compuertas deben operar con la activación de los detectores de humo y también por la operación de los medios de desconexión requeridos en 645-10.

3) Se ha instalado únicamente equipo aprobado para procesamiento de datos y cómputo electrónico.

4) Area únicamente ocupada por el personal calificado para la operación y mantenimiento del equipo de procesamiento de datos y cómputo electrónico.

NOTA - El local de cómputo no debe usarse para el almacenamiento de combustibles, excepto de los necesarios para la operación del equipo de un día para otro.

5) El local de cómputo debe estar separado de los otros locales por paredes, pisos y techos clasificados como resistentes al fuego y con aberturas protegidas.

6) La construcción del edificio, locales o áreas de ocupación, cumplen con lo aplicable del Reglamento de Construcciones de la localidad.

645-5. Circuitos de alimentación y cables de conexión

a) Conductores de circuitos derivados. Los conductores de los circuitos derivados, que alimenten a una o más unidades de un sistema de procesamiento de datos, deben tener una capacidad no menor que 125% del total de la carga conectada.

b) Medio de conexión. Se permite que el sistema de procesamiento de datos esté conectado a un circuito derivado por uno de los siguientes dispositivos aprobados para ese propósito:

1) Cable y clavija de computadora o procesador de datos.

2) Cordón flexible y clavija.

3) Conjunto cordones. Cuando se instalen sobre la superficie del suelo deben ser de tipo protegido contra daño físico.

c) Cables de conexión. Las unidades separadas de procesamiento de datos se permite que sean interconectadas por medio de cables y conjunto de cables aprobado para ese propósito. Cuando se instalen sobre la superficie del suelo deben ser de tipo protegido contra daño físico.

d) Por debajo de pisos falsos. Los cables de fuerza, cables de comunicaciones, cables de conexión, cables de conexión y receptáculos asociados con el equipo de procesamiento de datos, se permiten debajo de pisos falsos cuando:

1) El piso falso es de una construcción adecuada y el área bajo el piso es accesible.

2) Los conductores de circuitos derivados que alimenten receptáculos o equipo alambrado en sitio estén alojados en tubo (conduit) tipo pesado, semipesado o ligero, metálico o no metálico, canalización metálica de superficie con cubierta metálica, tubo (conduit) flexible metálico, tubo (conduit) metálico o no metálico flexible hermético a los líquidos, cable con blindaje metálico tipo MC, o cable tipo AC. Estos conductores de alimentación deben estar instalados de acuerdo con los requerimientos del Artículo 300.

3) La ventilación debajo de los pisos falsos se utilice únicamente para el equipo y para el local de procesamiento de datos.

4) Las aberturas para cables en los pisos falsos protegen los cables contra abrasión y minimizan la entrada de basuras debajo del piso.

5) Otros cables que no están comprendidos en el inciso (2) anterior deben ser del tipo DP aprobado como resistente al fuego, adecuado para instalarse bajo piso falso en locales de cómputo.

Excepción 1: Cuando los cables de conexión están instalados en tubo (conduit) o en soportes tipo charola para cables.

Excepción 2: Otros cables aprobados que satisfacen los requerimientos anteriores son tipo TC (Artículo 340); tipo CL2, CL3 y PLTC (Artículo 725); tipo FPL (Artículo 760); tipo OFC y OFN (Artículo 770); tipo CM y MP (Artículo 800); tipo CATV (Artículo 820). A estas designaciones se les permite agregárseles las letras P o R.

e) Fijación de los cables en el lugar. No se requiere que se fijen en su lugar los cables de fuerza, cables de comunicaciones, cables de conexión e interconexión, y cajas, conectores y receptáculos, cuando estén aprobados como parte de o para equipo de procesamiento de datos y cómputo electrónico.

645-6. Cables fuera del área de cómputo. Los cables que se extiendan más allá del área de cómputo están sujetos a los requerimientos aplicables de esta norma.

NOTA - Para circuitos de señalización referirse al Artículo 725, para circuitos de fibra óptica referirse al Artículo 770, y para circuitos de comunicaciones referirse al Artículo 800. Para sistemas de señalización de protección contra el fuego referirse al Artículo 760.

645-7. Cables a través de paredes. Los cables que atraviesen el límite de protección de resistencia al fuego del local deben estar de acuerdo con lo indicado en 300-21.

645-10. Medios de desconexión. Debe existir un medio de desconexión del suministro de energía para todo el equipo eléctrico, en el local de cómputo electrónico. Debe haber además un medio similar para desconectar el suministro de energía a todo el sistema de aire acondicionado exclusivo para el local y debe activar el cierre de todas las compuertas contra humo y fuego. Estos medios de desconexión deben estar agrupados e identificados y deben ser controlados desde un sitio accesible fácilmente en las principales puertas de salida. Se permite un medio único que controle a ambos, sistema de equipo electrónico y sistema de aire acondicionado.

Excepción: Instalaciones que se deban sujetar a lo previsto en el Artículo 685.

645-11. Sistemas de energía ininterrumpible (SEI). Los SEI instalados dentro de áreas de procesamiento de datos y cómputo electrónico, y sus circuitos de alimentación y de salidas, deben cumplir con lo indicado en 645-10. Los medios de desconexión deben desconectar la batería de su carga.

Excepción 1: Instalaciones que clasifiquen bajo lo previsto en el Artículo 685.

Excepción 2: Los medios de desconexión que cumplen con lo indicado en 645-10 no se requieren para fuentes de poder con capacidad de 750 VA o menos, derivados de un equipo SEI o de circuitos de baterías integrados a un equipo electrónico. Se debe tomar en cuenta que todos los requisitos indicados en 645-11 se deben cumplir.

645-15. Puesta a tierra. Todas las partes metálicas expuestas, que no transporten corriente eléctrica, de un sistema de procesamiento de datos y cómputo electrónico, deben ponerse a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250 o deben ser de doble aislamiento. Los sistemas de suministro de energía derivados dentro del equipo aprobado que alimenten a equipo de cómputo y las cuales son suministradas como parte de ese equipo, no deben ser considerados separadamente como derivados para propósito de aplicación de lo indicado en 250-5 d).

Nota 1: El equipo aprobado proporciona la conexión de puesta a tierra requerida de acuerdo con la intención del Artículo 250.

Nota 2: Cuando se utilicen receptáculos del tipo de puesta a tierra aislada, véase 250-74 Excepción 4.

645-16. Marcado. Cada unidad de un sistema de procesamiento de datos que vaya a ser alimentado por un circuito derivado debe estar provista de una placa de datos con el nombre del fabricante, tensión eléctrica de suministro, frecuencia nominal y la máxima carga nominal (A).

ARTICULO 650-ORGANOS TUBULARES

650-1. Alcance. Este Artículo cubre aquellos circuitos eléctricos y partes que operan eléctricamente órganos tubulares y que son empleados para controlar los aparatos de sonido y teclados.

650-2. Otros Artículos. Los órganos electrónicos deben cumplir con las disposiciones apropiadas del Artículo 640.

650-3. Fuente de energía. La fuente de energía debe ser un transformador tipo rectificador, la tensión eléctrica de c.c. no debe exceder 30 V.

650-4. Puesta a tierra. El rectificador debe ser puesto a tierra de acuerdo con lo previsto en el Artículo 250.

650-5. Conductores. Los conductores deben cumplir con lo siguiente:

a) Tamaño nominal. No menor que 0,082 mm² (28 AWG) para circuitos de señales electrónicas y no menor que 0,128 mm² (26 AWG) para alimentación por válvulas electromagnéticas y similares. El conductor común de retorno en alimentaciones electromagnéticas no debe ser menor que 2,08 mm² (14 AWG).

b) Aislamiento. Los conductores deben tener aislamiento termoplástico o termofijo.

c) Los conductores deben ser cableados. Con excepción del conductor común de retorno y los conductores internos del órgano, todos los demás conductores que pertenecen a las secciones del órgano y a la consola del mismo deben ser cableados. El conductor común de retorno puede estar dentro de una cubierta adicional que incluya tanto al cable como al conductor de retorno, o puede instalarse como un conductor separado y estar en contacto con el cable.

d) Cubierta del cable. Todo cable debe estar provisto con una cubierta exterior; ya sea general o cinta aislante. Cuando no se use canalización metálica, la cubierta debe ser retardante de la flama o el cable debe estar cubierto con una cinta aislante a prueba de fuego con tejido cerrado.

650-6. Instalación de conductores. Los cables deben estar sujetos firmemente en su lugar y se pueden fijar directamente a la estructura del órgano, sin soportes aislantes. Deben colocarse de forma que no hagan contacto con otros conductores.

650-7. Protección contra sobrecorriente. Los circuitos deben estar distribuidos de tal manera que todos los conductores se encuentren protegidos contra sobrecorriente por un dispositivo de capacidad nominal no mayor que 6 A.

Excepción: Los conductores del circuito principal de alimentación y el ducto común de retorno.

ARTICULO 660-EQUIPOS DE RAYOS X

A. Disposiciones generales

660-1. Alcance. Este Artículo incluye todo equipo de rayos X que funcione a cualquier frecuencia o tensión eléctrica, para uso industrial u otras aplicaciones que no sean médicas ni dentales.

NOTA - Para instalación de equipo de rayos X de atención a la salud véase el Artículo 517, Parte E.

Las disposiciones de este Artículo no deben interpretarse como especificaciones para la protección contra la radiación útil dirigida o dispersa.

660-2. Definiciones

Movible. Un equipo de rayos X montado sobre una base permanente, dotado de ruedas o similar, que le permite desplazarse cuando está completamente ensamblado.

Portátil. Un equipo de rayos X diseñado para llevar a mano.

Régimen prolongado. Es un régimen basado en intervalos de funcionamiento de cinco minutos o mayor.

Régimen momentáneo. Es un régimen basado en intervalos de funcionamiento que no sobrepasen cinco segundos.

Transportable. Un equipo de rayos X diseñado para ser instalado en un vehículo o que puede ser fácilmente desmontado para ser transportado en un vehículo.

660-3. Áreas peligrosas (clasificadas). No se debe instalar ni hacer funcionar aparatos de rayos X ni equipo conexo en áreas peligrosas (clasificadas), a menos que sean de tipo aprobado e identificado para dichos áreas.

NOTA - Véase el Artículo 517, Parte D.

660-4. Conexión al circuito de alimentación

a) Equipo fijo o estacionario. El equipo de rayos X, fijo o estacionario, se debe conectar a la fuente de alimentación por medio de un método de instalación que cumpla con los requisitos generales de esta norma.

Excepción: El equipo debidamente alimentado por circuitos derivados no mayores a 30 A puede conectarse mediante un cordón y clavija de uso rudo aprobado.

b) Equipo portátil movable y transportable. El equipo de rayos X portátil, movable y transportable, de una capacidad no mayor que 60 A, no requiere circuitos derivados individuales. El equipo de rayos X portátil y movable de cualquier capacidad debe ser alimentado por medio de cables o cordones de uso rudo aprobados. El equipo transportable de rayos X de cualquier capacidad podrá ser conectado a su fuente de alimentación por medio de conexiones adecuadas y por cable o cordón de uso rudo.

c) Tensión eléctrica de alimentación mayor que 600 V nominales. Los circuitos y equipo que funcionen a más de 600 V nominales, deben cumplir con el Artículo 710.

660-5. Medios de desconexión. Los medios de desconexión se deben instalar en un lugar accesible fácilmente y con manejo desde el control del equipo de rayos X. Los medios de desconexión deben ser de capacidad apropiada, por lo menos de 50% de la corriente eléctrica requerida por el régimen momentáneo o de 100% de la corriente eléctrica requerida para el régimen prolongado, escogiendo el mayor de los valores. Para equipo conectado a un circuito derivado de 120 V o 127 V nominales, de 30 A o menos, se puede utilizar como medio de desconexión un cordón y clavija de tipo polarizado con puesta a tierra, de capacidad adecuada.

660-6. Tamaño nominal de los conductores de alimentación y de la protección por sobrecorriente

a) Conductores de circuitos derivados. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de alimentación de los circuitos derivados y de los dispositivos de protección por sobrecorriente, no deben ser menores a 50% del régimen momentáneo o a 100% del régimen prolongado del equipo de rayos X, escogiéndose el mayor de los dos valores.

b) Conductores del alimentador. La capacidad de conducción de corriente de los conductores y la capacidad nominal de los dispositivos de protección por sobrecorriente de un alimentador para dos o más circuitos derivados que alimenten dos o más unidades de rayos X, no deben ser menores a 100% del régimen momentáneo (como se indica en (a)) de los dos aparatos de rayos X más grandes, más 20% del régimen momentáneo de los otros aparatos de rayos X.

NOTA - El tamaño nominal mínimo de los conductores para circuitos derivados y alimentadores, se rige también por los requisitos de regulación de la tensión eléctrica. Para una instalación específica, el fabricante

generalmente recomienda: transformadores de distribución, capacidad de los medios de desconexión, protección por sobrecorriente y el tamaño nominal mínimo de los conductores.

660-7. Terminales de alambrado. El equipo de rayos X debe estar provisto de terminales o puntas de conexión adecuadas para la conexión.

Excepción: Cuando esté provisto permanentemente de un cordón apropiado.

660-8. Número de conductores en una canalización. El número de conductores de control instalados en una canalización debe ser determinado de acuerdo con lo indicado en 300-17.

660-9. Tamaño nominal mínimo de los conductores. Se permite usar conductores de tamaño nominal de 0,824 mm² (18 AWG) o de 1,31 mm² (16 AWG), según se indica en 725-16, y cordones flexibles para los circuitos de control y de funcionamiento de equipo de rayos X y de equipo auxiliar, cuando éste cuente con dispositivos de protección por sobrecorriente no mayores a 20 A.

660-10. Instalación del equipo. Todo equipo de rayos X para instalaciones nuevas o equipo usado o reacondicionado que se reinstale en un nuevo lugar debe ser aprobado.

B. Control

660-20. Equipo fijo y estacionario

a) Dispositivo de control separado. Además de los medios de desconexión se debe instalar un dispositivo de control al circuito que alimenta el control del equipo de rayos X o instalarse en el circuito primario del transformador de alta tensión. Este dispositivo debe formar parte del equipo de rayos X, pero puede estar colocado en una envolvente separada, adyacente a la unidad de control de rayos X.

b) Dispositivos de protección. Se debe instalar un dispositivo de protección para controlar la carga ocasionada por una falla en el circuito de alta tensión; se permite que este dispositivo de protección esté incorporado dentro del dispositivo de control separado.

660-21. Equipo portátil y movable. El equipo portátil y movable debe cumplir con lo indicado en 660-20, pero el dispositivo de control manual debe estar dentro de él o sobre el mismo.

660-23. Equipo de laboratorio comercial e industrial

a) Tipos radiográfico y fluoroscópico. Todo equipo radiográfico o fluoroscópico debe estar encerrado efectivamente o disponer de un sistema de bloqueo eléctrico que desenergice automáticamente el equipo, para prevenir un contacto con partes energizadas.

b) Tipos de irradiación y difracción. El equipo de irradiación y difracción debe estar provisto de un sistema efectivo para indicar cuándo está energizado. El indicador debe ser basado en luces piloto, de un medidor de deflexión fácilmente legible o de cualquier medio equivalente.

Excepción: Equipo o instalaciones encerrados efectivamente o provistos de bloqueo eléctrico que impida el acceso a partes energizadas durante el funcionamiento.

660-24. Control independiente. Cuando el mismo circuito de alta tensión alimente más de una parte del equipo, cada parte o grupo de equipo que formen una unidad deben tener un desconectador de alta tensión u otro medio de desconexión equivalente. Estos medios de desconexión deben ser construidos, cubiertos o ubicados de manera que se evite que alguna persona pueda hacer contacto con las partes energizadas.

C. Transformadores y capacitores

660-35. Disposiciones generales. Los transformadores y capacitores que son parte de equipo de rayos X no necesitan cumplir con los requisitos de los Artículos 450 y 460.

660-36. Capacitores. Los capacitores deben estar colocados dentro de envolventes metálicas puestas a tierra, o hechas de material aislante.

D. Resguardos y puesta a tierra

660-47. Disposiciones generales

a) Partes de alta tensión. Todas las partes de alta tensión, incluyendo los tubos de rayos X, deben tener envolventes puestas a tierra. Para aislar las partes de alta tensión de las envolventes puestas a tierra puede utilizarse aire, aceite, gas u otro medio aislante adecuado. Las conexiones del equipo de alta tensión a los tubos de rayos X y a otros componentes de alta tensión se deben hacer con cables de alta tensión con pantalla.

b) Cable de baja tensión. Los cables de baja tensión que sirven de conexión a unidades con aceite, tales como transformadores, capacitores, enfriadores de aceite y desconectores de alta tensión que no estén completamente sellados, deben tener aislamiento resistente al aceite.

660-48. Puesta a tierra. Las partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica de equipo de rayos X y equipo asociado (controles, mesas, soportes de los tubos de rayos X, tanque del transformador, cables con pantalla, cabezales del tubo de rayos X, etc.) deben estar puestos a tierra de la manera especificada en el Artículo 250. El equipo portátil y movable debe estar provisto de una clavija de tipo polarizado y con medio de puesta a tierra.

Excepción: Equipo que funciona con baterías.

ARTICULO 665-EQUIPO DE CALENTAMIENTO POR INDUCCION Y POR PERDIDAS DIELECTRICAS

A. Disposiciones generales

665-1. Alcance. Este Artículo cubre la construcción e instalación de equipo de calentamiento por inducción y dieléctrico y accesorios para aplicaciones industriales y científicas, pero no para aplicaciones médicas o dentales, aparatos eléctricos, o para calentamiento de tubería o recipientes.

NOTA 1: Véase el Artículo 422 para aparatos eléctricos.

NOTA 2: Véase el Artículo 427 Parte E, para calentamiento frecuente en oleoductos de barcos.

665-2. Definiciones

Calentamiento dieléctrico. Es el calentamiento de un material aislante debido a sus propias pérdidas dieléctricas, cuando el material es colocado dentro de un campo eléctrico variable.

Calentamiento por inducción. Es el calentamiento de un material conductor, debido a sus propias pérdidas I^2R , cuando el material es colocado dentro de un campo electromagnético variable.

Equipo de calentamiento. El término "Equipo de Calentamiento" como es usado en este Artículo, incluye cualquier equipo usado para propósitos de calentamiento, cuyo calor es generado por métodos de inducción o dieléctrico.

665-3. Otros Artículos. El alambrado de la fuente de poder al equipo de calentamiento debe cumplir con los Capítulos 1 al 4. Los circuitos y equipo operados a más de 600 V nominales deben cumplir con lo indicado en el Artículo 710.

665-4. Ubicación en áreas peligrosas (clasificadas). El equipo de calentamiento no debe ser instalado o ubicado en áreas peligrosas (clasificadas) como las definidas en el Artículo 500.

Excepción: Donde el equipo y el alambrado estén aprobados e identificados para áreas peligrosas (clasificadas).

B. Protección y conexión de puesta a tierra

665-20. Envolventes. Los aparatos convertidores (incluyendo la línea de c.c.) y circuitos eléctricos de alta frecuencia (excluyendo circuitos de salida y circuitos de control remoto), deben estar completamente localizados dentro de una envolvente o envolventes de materiales no combustibles.

665-21. Paneles de control. Todos los paneles de control deben ser de construcción en gabinetes con el frente sin partes conductoras expuestas (frente muerto).

665-22. Acceso a equipo interno. Se deben usar puertas o paneles desmontables para acceso interno. Donde se usen puertas dando acceso a tensiones eléctricas de 500 V a 1 000 V c.a. o c.c., éstas deben tener una cerradura. Donde se usen puertas dando acceso a tensiones mayores de 1 000 V c.a. o c.c., éstas deben tener un bloqueo mecánico con un medio de desconexión. Los paneles desmontables no usados para el acceso interno a los mismos, deben ser asegurados, de tal manera que se dificulte su desmontaje.

665-23. Señalización de prevención. Las señales de prevención tales como "**Peligro - Alta Tensión Eléctrica - No Entrar**" deben estar fijas al equipo y deben ser totalmente visibles para evitar que personal no calificado pueda estar en contacto con partes energizadas aun cuando las puertas estén abiertas o cuando los paneles eléctricos que operen a una tensión eléctrica arriba de 250 V c.c. o c.a. sean removidos de su sitio.

665-24. Capacitores. Donde se utilicen capacitores que excedan de 0,1 μF en circuitos de c.c., ya sea como componente de un filtro de rectificadores o como supresores, con circuitos con tensión eléctrica mayor que 240 V a tierra, deben utilizarse resistencias de descarga o desconectores de puesta a tierra como dispositivos de puesta a tierra. El tiempo de descarga debe estar de acuerdo con lo indicado en 460-6(a).

Donde se usen capacitores con desconexión individual, se debe usar una resistencia de descarga o un medio de desconexión automático como medio de descarga.

Donde se utilicen rectificadores auxiliares con filtros-capacitores en la salida de fuentes preferentes de alimentación, se deben instalar resistencias de descarga, aun cuando la tensión eléctrica de c.c. no exceda 240 V.

665-25. Cubierta del aplicador de trabajo. Se deben utilizar jaulas o envoltentes protectoras para resguardo de los elementos calentadores distintos de los devanados de inducción. Se permite proteger a los devanados de calentamiento con materiales aislantes y/o refractarios. Se deben instalar desconectores conmutadores de bloqueo en todas las puertas embisagradas de acceso, paneles corredizos u otros medios de acceso fácil al aplicador. Los desconectores conmutadores de bloqueo deben estar conectados de tal manera que corten la energía eléctrica del aplicador cuando cualquiera de las puertas de acceso o paneles estén abiertos. No se requieren bloqueos sobre puertas de acceso o tableros, si el aplicador es un devanado de calentamiento por inducción a un potencial de c.c. a tierra, o si está operando a menos de 150 V c.a.

665-26. Puesta a tierra y unión. Deben usarse conexiones de puesta a tierra entre unidades donde sea requerido para la operación de circuitos y con esto garantizar a un valor seguro de potencial de radio-frecuencia entre todas las partes expuestas no portadoras de corriente eléctrica del equipo. Tales conexiones de puesta a tierra y uniones deben estar de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250.

665-27. Identificación. Cada equipo de calentamiento debe suministrarse con una placa de datos proporcionando el nombre del fabricante, modelo de identificación y los siguientes datos de entrada: tensión eléctrica de la línea, frecuencia, número de fases, corriente eléctrica máxima, kVA a máxima carga, factor de potencia a máxima carga.

665-28. Envoltentes de control. Se permite usar c.c. o c.a. de baja frecuencia dentro de la parte de control del equipo de calentamiento. Esto debe ser limitado a no más de 150 V. También se permite el uso del cable de tamaño nominal de 0,824 mm² (18 AWG) o mayor sólido o trenzado. Se permite instalar un transformador reductor, con protección propia de sobrecorriente, dentro de la envoltente de control para obtener una tensión eléctrica alterna menor que 150 V. Las terminales con tensiones más altas deben protegerse para prevenir contactos accidentales. Se permite utilizar componentes de 60 Hz para control de equipo de alta frecuencia, siempre que esté debidamente dimensionado por el fabricante del equipo e calentamiento. Se permite que los cables utilizados en circuitos electrónicos que utilicen dispositivos de estado sólido sean de tamaño nominal más pequeño o en circuitos impresos.

C. Equipo motor-generator

665-40. Generalidades. El equipo motor-generator debe incluir todo el equipo rotativo diseñado para operar por un motor de c.c. o c.a. o por accionamiento mecánico de un generador de energía o motor primario, produciendo una c.a. de cualquier frecuencia para calentamiento por inducción o por pérdidas dieléctricas.

665-41. Capacidad de conducción de corriente de conductores de la fuente de suministro de energía. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de la fuente de suministro de energía eléctrica debe ser determinada de acuerdo con lo indicado en el Artículo 430.

665-42. Protección contra sobrecorriente. Se debe instalar una protección contra sobrecorriente de acuerdo con lo especificado en el Artículo 430 para los circuitos de suministro de energía eléctrica.

665-43. Medio de desconexión. Se deben instalar los medios de desconexión según lo especificado en el Artículo 430. Se debe proveer un medio de desconexión rápido y accesible para que cada equipo de calentamiento pueda ser separado de su circuito de alimentación. La capacidad nominal de este medio de desconexión no debe ser menor que la corriente eléctrica indicada en la placa de identificación del equipo. Cuando sólo se alimente a un equipo, se permite que el medio de desconexión de la fuente sea el mismo medio de desconexión del equipo de calentamiento.

665-44. Circuito de salida. El circuito de salida debe incluir a todos los componentes externos al generador, incluyendo contactores, transformadores, barras de distribución y accesorios mecánicos, y deben cumplir con los siguientes incisos:

a) **Salida del generador.** Los circuitos de salida deben estar separados, sin conexión de puesta a tierra.

Excepción 1: En donde la capacitancia de acoplamiento en el generador ocasiona que en las terminales del generador se tengan tensiones eléctricas iguales.

Excepción 2: En donde un vacío o atmósfera controlada se use con un devanado en un tanque o cámara, el punto central del devanado debe estar puesto a tierra para mantener un potencial igual entre cada terminal.

Donde la tensión eléctrica nominal exceda 500 V, el circuito de salida debe incorporar una unidad protección contra falla a tierra. La c.c. aplicada en la salida del circuito no debe exceder 30 V y no debe exceder una capacidad de corriente eléctrica de 5 mA. Se permite un transformador de aislamiento para acoplar la carga y la alimentación en el circuito de salida, si la salida del secundario no está a una diferencia de potencial de c.c. respecto de tierra.

b) Conexión de componentes. Los diversos componentes requeridos para una instalación completa de un equipo de calentamiento por inducción deben ser conectados por cable multiconductor, barras de distribución o cables coaxiales apropiadamente protegidos. Los cables deben instalarse en canalizaciones de materiales no ferrosos. Las barras de distribución deben estar protegidas, donde sea requerido, por medio de ductos no ferrosos.

665-47. Control remoto

a) Desconector selector. En donde se utilicen controles remotos para aplicar energía, se debe proveer un conmutador selector de bloqueo, de tal modo que se suministre energía únicamente de un punto de control a la vez.

b) Desconector de pedal. Los desconectores operados por presión del pie deben blindarse sobre el botón de contacto para evitar cierre accidental del desconector.

D. Equipo distinto del motor-generador

665-60. Generalidades. Otros equipos que no sean el motor-generador deben consistir de multiplicadores estáticos y unidades tipo oscilatorio utilizando tubos de vacío (bulbos) o dispositivos de estado sólido. El equipo debe ser capaz de convertir c.c. o c.a. a una c.a. de frecuencia adecuada para producir el calentamiento por inducción o por pérdidas dieléctricas.

665-61. Capacidad de conducción de corriente de conductores de la fuente de suministro de energía. La capacidad de conducción de corriente de los conductores de la fuente de suministro de energía eléctrica debe determinarse de acuerdo con lo siguiente:

a) Capacidad de placa de datos. La capacidad de conducción de corriente de los conductores no debe ser menor que la capacidad de corriente eléctrica según la placa de datos del equipo.

b) Dos o más. La capacidad de conducción de corriente de los conductores que alimenten a dos o más equipos no debe ser menor que la suma de las corrientes eléctricas, según datos de placa del equipo.

Excepción: Si la operación simultánea de dos o más equipos alimentados de la misma fuente no es posible, la capacidad de conducción de corriente del alimentador no debe ser menor que la suma de corrientes eléctricas, según la placa de datos del grupo de máquinas más grande, que pudieran operar simultáneamente, más 100% de las corrientes eléctricas de reserva de las máquinas alimentadas.

665-62. Protección por sobrecorriente. Se debe instalar la protección para sobrecorriente según se especifica en el Artículo 240. Esta protección contra sobrecorriente debe ser suministrada separadamente o como parte del equipo.

665-63. Medio de desconexión. Debe instalarse un medio de desconexión rápido y accesible para que cada equipo de calentamiento pueda ser separado del circuito de alimentación. La capacidad de estos medios de desconexión no debe ser menor que la corriente eléctrica según datos de placa del equipo. Se permite que el medio de desconexión del alimentador sea el medio de desconexión del equipo de calentamiento cuando el circuito alimente únicamente un equipo. Se permite la utilización de controles de temperatura para evitar que permanezca conectado cuando alcance la temperatura deseada y brindar mejor utilización de la energía.

665-64. Circuito de salida. El circuito de salida debe incluir a todos los componentes externos de la salida del convertidor, incluyendo contactores, transformadores, barras de distribución y accesorios mecánicos; éstos deben cumplir con los incisos (a) y (b):

a) Salida del convertidor. El circuito de salida debe estar apartado, separado sin conexión de puesta a tierra.

Excepción: Donde una tensión eléctrica de c.c. pueda existir en las terminales debido a una falla de un componente interno, el circuito de salida (directo o acoplado) debe estar a un potencial de c.c. respecto de tierra.

b) Convertidor y conexión al aplicador. Si las conexiones entre el convertidor y el aplicador de trabajo exceden 60 cm de longitud, las conexiones deben estar encerradas o protegidas con material no combustible ni ferroso.

665-66. Frecuencia de la línea en la salida del equipo convertidor. Se permite que las salidas de c.a. de frecuencia comercial de 25 Hz a 60 Hz sean acopladas para propósitos de control, pero no deben ser mayores a 150 V durante periodos de operación de los circuitos.

665-67. Conmutador. Donde se utilicen circuitos controlados de alta velocidad que dependen del efecto de "oscilador de bloqueo", la tensión eléctrica pico de radiofrecuencia de salida durante la porción bloqueada del ciclo, no debe exceder de 100 V en unidades que utilicen convertidores de radiofrecuencia.

665-68. Control remoto

a) Desconectador selector. Donde se utilicen controles remotos para aplicar energía eléctrica, se debe proveer un desconectador selector para suministrar energía únicamente de un punto de control a la vez.

b) Desconectador de pedal. Los conmutadores operados por presión del pie deben blindarse sobre el botón de contacto para evitar un cierre accidental del desconectador.

ARTICULO 668-CELDAS ELECTROLITICAS

668-1. Alcance. Las disposiciones de este Artículo se aplican a la instalación de los componentes eléctricos y accesorios de celdas electrolíticas, celdas electrolíticas en línea y a los procesos de suministro de energía para la producción de aluminio, cadmio, cloro, cobre, flúor, peróxido de hidrógeno, magnesio, sodio, clorato de sodio y zinc. Las disposiciones de este Artículo no incluyen a las celdas utilizadas como fuente de energía eléctrica, ni para procesos de galvanoplastia, ni a celdas utilizadas en producción de hidrógeno.

NOTA - En general, las celdas o grupos de celdas en línea dispuestos como una unidad para la producción de un metal particular, gas o componentes químicos, pueden diferir de otras celdas o grupos de celdas en línea, que producen lo mismo en las materias primas utilizadas en la capacidad de salida en el uso de métodos y procesos apropiados y otros factores que no son el objeto de esta norma.

668-2. Definiciones

Celdas en línea. Un conjunto de celdas electrolíticas interconectadas eléctricamente y alimentadas por una fuente de c.c.

Accesorios de celdas en línea y equipo auxiliar. Según lo indicado en este Artículo, los accesorios de celdas en línea y equipo auxiliar incluyen, pero no están limitadas a: tanques auxiliares, tubería de proceso, ductos de trabajo, soportes estructurales, conductores visibles de las celdas en línea, tubo (conduit) y otras canalizaciones: bombas, equipo para posicionar y equipo de desconexión o de desvío eléctrico para las celdas. El equipo auxiliar incluye herramientas, máquinas para soldar, crisoles y otro equipo portátil usado para la operación y mantenimiento dentro de la zona de trabajo de las celdas electrolíticas en línea.

En la zona de trabajo de las celdas en línea, el equipo auxiliar incluye las superficies conductoras descubiertas de grúas no puestas a tierra y el equipo de servicio de las grúas.

Celda electrolítica. Un tanque o recipiente en el cual las reacciones electroquímicas son causadas por la aplicación de energía eléctrica con fines de procesos de refinación o producción de materiales de utilización definida.

Zona de trabajo de las celdas electrolíticas en línea. La zona de trabajo de las celdas en línea es el espacio en el cual se realiza la operación y el mantenimiento, sobre o cerca de superficies energizadas descubiertas de celdas electrolíticas en línea o de sus accesorios.

668-3 Otros Artículos aplicables

a) Alumbrado, ventilación, manejo de materiales. Los Capítulos 1 a 4 deben aplicarse a las acometidas, alimentadores, circuitos derivados y aparatos para suministrar energía a sistemas de alumbrado, de ventilación, manejo de materiales y similares, los cuales están fuera de la zona de trabajo de las celdas electrolíticas.

b) Sistemas no conectados eléctricamente. Los elementos de un sistema de suministro de energía a celdas en línea que no estén conectados eléctricamente al sistema de alimentación de las celdas, tales como el primario de un transformador de dos devanados, el motor de un conjunto motor-generador, alimentadores, circuitos derivados, medios de desconexión, controles de motores, equipo de protección contra sobrecargas, deben cumplir con las disposiciones de esta norma.

NOTA - Para los propósitos de este Artículo, "conectado eléctricamente" significa conexión capaz de transportar corriente eléctrica, lo que la distingue de la conexión por inducción electromagnética.

c) Celdas electrolíticas en línea. Las celdas electrolíticas en línea deben cumplir con las disposiciones de los Capítulos 1, 2, 3 y 4.

Excepción 1: Los conductores de las celdas electrolíticas en línea no requieren cumplir con las disposiciones de los Artículos 110, 210, 215, 220 y 225 (véase 668-11).

Excepción 2: La protección contra sobrecorriente de los circuitos de energía en c.c. de las celdas electrolíticas no requieren cumplir con los requisitos del Artículo 240.

Excepción 3: El equipo ubicado o usado dentro de la zona de trabajo de las celdas electrolíticas en línea o asociado con los circuitos de energía eléctrica en c.c., no requieren cumplir con las disposiciones del Artículo 250.

Excepción 4: Las celdas electrolíticas, sus accesorios y el alambrado de equipo y dispositivos auxiliares que estén dentro de la zona de trabajo de las celdas en línea no requieren cumplir con las disposiciones de los Artículos 110, 210, 215, 220 y 225 (véase 668-30).

NOTA - Véase 668-15 para puesta a tierra de equipos, aparatos y componentes estructurales.

668-10. Zona de trabajo de las celdas en línea

a) Área cubierta. El espacio comprendido por la zona de trabajo de las celdas en línea debe ser:

1) No mayor que 2,5 m sobre superficies energizadas de celdas electrolíticas en línea o sobre sus accesorios energizados.

2) No mayor que 2,5 m por debajo de superficies energizadas de celdas electrolíticas en línea o de sus accesorios energizados.

3) No mayor que 1,2 m horizontalmente desde la superficie energizada de las celdas electrolíticas en línea o de sus accesorios energizados o desde el espacio cubierto descrito en 1) y 2) inmediatos anteriores.

b) Áreas no cubiertas. La zona de trabajo de celdas en línea no debe extenderse más allá de paredes, pisos, techos, cercas o similares, para efectos de cumplir con los requisitos establecidos en esta Sección.

668-11. Alimentación de las celdas en línea mediante c.c.

a) No puesta a tierra. No se requiere conexión de puesta a tierra de los conductores de alimentación en c.c., de celdas en línea.

b) Puesta a tierra de las envolventes metálicas. Las envolventes metálicas de los aparatos de alimentación en c.c. en celdas en línea que operan a una diferencia de potencial entre terminales de más de 50 V. deben ser puestas a tierra por uno de los siguientes medios:

1) A través de equipo con relevadores de protección.

2) Conductor de cobre de puesta a tierra de tamaño nominal no menor que 67,4 mm² (2/0 AWG), o un conductor de igual o mayor conductancia.

c) Requisitos de conexión de puesta a tierra. Las conexiones de puesta a tierra requeridas en 668-11 b), deben instalarse de acuerdo con lo indicado en 250-112, 250-113, 250-115, 250-117 y 250-118.

668-12 Conductores de celdas en línea

a) Aislamiento y material. Los conductores de celdas en línea deben ser desnudos, cubiertos o aislados; de cobre, aluminio, acero u otro material adecuado.

b) Tamaño nominal. El área de la sección transversal de los conductores de celdas en línea debe ser tal, que el aumento de temperatura bajo condiciones de carga máxima, a temperatura ambiente máxima, no exceda la temperatura de operación segura para la cual el aislamiento de los conductores fue diseñado.

c) Conexiones. Los conductores de las celdas en línea deben empalmarse mediante conectores, pernos, abrazaderas, soldadura o sistema de compresión.

668-13. Medios de desconexión

a) Más de una fuente de alimentación. Cuando haya más de una fuente de alimentación de c.c. para las celdas en línea debe proveerse de medios de desconexión a cada circuito de cada fuente de alimentación para desconectar ésta de las celdas en línea.

b) Puentes o conductores removibles. Se permite usar puentes o conductores removibles como medios de desconexión.

668-14. Medios de derivación en paralelo

a) Derivación en paralelo parcial o total. Se permite la derivación en paralelo parcial o total de circuitos de corriente eléctrica de celdas en línea alrededor de una o más celdas.

b) Derivación en paralelo de una o más celdas. Los conductores, desconectores o combinación de conductores y desconectores usados para la derivación en paralelo de una o más celdas, deben cumplir con los requisitos indicados en 668-12.

668-15. Puesta a tierra. El equipo, aparatos y componentes estructurales que requieren ser puestos a tierra según el Artículo 668 deben cumplir con lo establecido en el Artículo 250.

Excepción 1: No se debe utilizar tubería de agua como electrodo.

Excepción 2: Se permite cualquier electrodo o combinaciones de ellos, descritos en 250-81 y 250-83.

668-20. Equipo eléctrico portátil

a) El equipo eléctrico portátil no debe ser puesto a tierra. Las envolventes y armazones de equipo eléctrico portátil usado dentro de la zona de trabajo de celdas en línea, no deben ser puestos a tierra.

Excepción 1: Cuando la tensión eléctrica del circuito de las celdas en línea no exceda 200 V c.c., dichas envolventes y armazones pueden ser puestas a tierra.

Excepción 2: Se permite que las envolventes y armazones de uso manual sean puestas a tierra cuando estén protegidas.

b) Transformadores de aislamiento. El equipo portátil conectado eléctricamente mediante cordón flexible, de uso manual, con envolventes y armazones no puestos a tierra, usado dentro de la zona de trabajo de las celdas en serie, se conecta a receptáculos que tengan solamente conductores no puestos a tierra tal como un circuito derivado alimentado por un transformador de aislamiento con el secundario no puesto a tierra.

c) Marcado. El equipo eléctrico portátil no puesto a tierra debe marcarse de manera distintiva y emplear clavija y receptáculos de configuraciones tales que eviten la conexión de este equipo a receptáculos del tipo con puesta a tierra, y que eviten el intercambio inadvertido entre equipo eléctrico portátil puesto a tierra y equipo no puesto a tierra.

668-21. Circuitos de equipo eléctrico portátil

a) Circuitos separados. Los circuitos que suministran energía a receptáculos no puestos a tierra para equipo conectados con cordón, de uso manual, deben separarse eléctricamente de un sistema de distribución que suministre a áreas diferentes de la zona de trabajo de celdas en línea, además no deben ser puestos a tierra. La energía para estos circuitos debe ser suministrada a través de transformadores de aislamiento. El primario de estos transformadores debe operar a no más de 600 V entre conductores y debe estar provisto de una adecuada protección por sobrecorriente. La tensión eléctrica del secundario de los transformadores de aislamiento no debe exceder 300 V entre conductores y ninguno de los circuitos del secundario debe ser puesto a tierra; todos los circuitos deben tener dispositivos adecuados contra sobrecorriente de una capacidad apropiada a cada conductor.

b) No intercambiables. Los receptáculos y clavijas acoplados para equipo no puesto a tierra, no deben tener provisiones para un conductor de puesta a tierra, y deben ser de una configuración que evite el uso para equipo que requiere ser puesto a tierra.

c) Marcado. Los receptáculos de los circuitos alimentados de un transformador de aislamiento con el secundario no puesto a tierra, deben estar marcados en forma distintiva y no deben usarse en otros lugares de la planta.

668-30. Equipo eléctrico fijo y portátil

a) Equipo que no requiere ser puesto a tierra. Los sistemas de c.a. que alimenten a equipo eléctrico fijo y portátil dentro de la zona de trabajo de las celdas en línea no requieren ser puestos a tierra.

b) Superficies conductoras descubiertas que no requieren ser puestas a tierra. Las superficies conductoras descubiertas, como lugares donde se guarda equipo eléctrico, envolventes, cajas, motores, canalizaciones y similares, que estén dentro de la zona de trabajo de las celdas en línea, no requieren ser puestas a tierra.

c) Método de alambrado. Los dispositivos eléctricos auxiliares como motores, sensores, dispositivos de control y alarmas, montados sobre una celda electrolítica u otras superficies energizadas, deben conectarse al sistema de alambrado del usuario por alguno de los siguientes medios:

1) Un cordón multiconductor de uso rudo.

2) Alambre o cable en canalizaciones adecuadas, soporte tipo charola metálico o no metálico para cables. Si se utiliza tubo (conduit) metálico, soporte tipo charola para cables, cables armados o sistemas metálicos similares, se deben instalar con desconector tipo navajas, de manera que no causen una condición potencialmente peligrosa.

d) Protección de circuitos. No se requiere de la protección de circuitos para sistemas de control e instrumentación que estén totalmente dentro de la zona de trabajo de las celdas en línea.

e) Unión. Se permite hacer uniones del equipo eléctrico fijo con las superficies conductoras de las celdas en línea y sus accesorios o aditamentos auxiliares. Cuando el equipo eléctrico fijo esté montado sobre una superficie conductora energizada, el equipo debe unirse a esa superficie.

668-31. Conexiones auxiliares no eléctricas. Las conexiones auxiliares no eléctricas, tales como mangueras de aire, mangueras de agua y similares a celdas electrolíticas, no deben tener como refuerzo alambres, blindajes o mallas conductoras, sus accesorios o equipo auxiliar. Las mangueras deben ser de material no conductor.

668-32. Grúas y montacargas

a) Superficies conductoras que deben aislarse de tierra. Las superficies conductoras de grúas y montacargas que entran en la zona de trabajo de las celdas en línea, no requieren ser puestas a tierra. La parte de la grúa o montacarga que hace contacto con una celda electrolítica energizada o con un empalme energizado debe aislarse de tierra.

b) Condiciones eléctricas peligrosas. Los controles remotos de grúas y montacargas que puedan introducir condiciones eléctricas peligrosas dentro de la zona de trabajo de las celdas en línea, deben emplear uno o más de los siguientes sistemas:

1) Circuitos de control separados y no puestos a tierra, de conformidad con lo indicado en 668-21 a).

2) Cable no conductor del operador para soporte de accesorios de control remoto.

3) Pulsadores colgantes con medios de soporte no conductores que tengan superficies no conductoras o superficies conductoras descubiertas no puestas a tierra.

4) Radiocomunicación.

668-40. Envolventes. Se permite el uso de envolventes para equipo eléctrico de uso general cuando un sistema natural de ventilación evite la acumulación de gases.

ARTICULO 669-GALVANOPLASTIA

669-1. Alcance. Las disposiciones de este Artículo se aplican a las instalaciones de los componentes eléctricos y accesorios de equipo que suministra energía y sus controladores para la galvanoplastia, anodización, electropulido y decapado eléctrico. Para los propósitos de este Artículo, el término galvanoplastia se usa para identificar cualquiera de estos procesos.

669-2. Otros Artículos. Con excepción de lo modificado por este Artículo, el alambrado y equipos usados en el proceso de galvanoplastia debe cumplir con los requisitos aplicables de los Capítulos 1 a 4.

669-3. Disposiciones generales. El equipo utilizado para el proceso del galvanoplastia debe identificarse para tales servicios.

669-5. Conductores de circuitos derivados. Los conductores de los circuitos derivados que alimenten a una o más unidades de equipo deben tener una capacidad de corriente no menor que 125% de la carga total conectada. La capacidad de conducción de corriente de las barras debe cumplir con lo establecido en 374-6.

669-6. Métodos de alambrado. Los conductores que conecten el equipo del tanque del electrolito con el equipo de conversión deben ser como sigue:

a) Sistemas menores de 50 V en c.c. Se permite el tendido de conductores aislados sin soportes aislados, si están protegidos contra daño físico. Se permiten barras de cobre o conductores de aluminio cuando estén soportados sobre aisladores.

b) Sistemas mayores de 50 V en c.c. Se permite el tendido de conductores aislados sobre soportes aislados, si están protegidos contra daño físico. Se permiten conductores de cobre o de aluminio sin protección cuando estén soportados sobre aisladores y resguardados contra contactos accidentales de acuerdo con lo indicado en 110-17.

Excepción. Se permiten conductores descubiertos no protegidos en las terminales.

669-7. Rótulos de prevención. Se deben colocar rótulos de prevención o señalización para indicar la presencia de conductores desnudos.

669-8. Medios de desconexión

a) Más de una fuente de alimentación. Cuando se tenga más de una fuente de alimentación en el mismo sistema de c.c., se debe proveer de un medio de desconexión en el lado de c.c. de cada fuente de alimentación.

b) Puentes o conductores removibles. Se permiten puentes o conductores removibles como medios de desconexión.

669-9. Protección contra sobrecorriente. Los conductores en c.c. deben protegerse contra sobrecorriente por uno o más de los medios siguientes:

- 1) fusibles o interruptores automáticos,
- 2) un dispositivo sensor de corriente eléctrica que opere a un medio de desconexión,
- 3) otros dispositivos aprobados.

ARTICULO 670-MAQUINARIA INDUSTRIAL

670-1. Alcance. Este Artículo cubre definiciones de maquinaria eléctrica industrial, sus datos de placa y el tamaño nominal de los conductores alimentadores y su protección contra sobrecorriente para suministro de energía eléctrica.

670-2. Definición de maquinaria industrial (Máquina). Para el propósito de este Artículo, la maquinaria industrial es equipo (o un grupo de máquinas trabajando juntas, en una forma coordinada), accionado por fuerza electromotriz, que se utiliza para procesar materiales mediante corte, formado, presión o laminado por medio de técnicas eléctricas, térmicas u ópticas, o una combinación de estas técnicas. Se puede incluir al equipo asociado utilizado para transferir material o las herramientas para el ensamble, desensamble, inspección, pruebas o empaque. (El equipo eléctrico asociado, incluyendo los controladores lógicos junto con los actuadores y sensores se consideran parte de la máquina. No se incluye equipo portátil de operación manual).

670-3. Placas de datos de la máquina

a) Placa de datos permanente. Se debe fijar sobre la envolvente del equipo de control, o en la misma máquina, en un lugar que sea fácilmente visible una placa permanente de datos donde se indique lo siguiente:

- 1) tensión eléctrica de alimentación,
- 2) número de fases,
- 3) frecuencia,
- 4) corriente eléctrica de plena carga,
- 5) máxima corriente eléctrica de cortocircuito y del dispositivo protección por falla a tierra,
- 6) corriente eléctrica nominal del motor o de la carga de mayor potencia,
- 7) corriente eléctrica nominal de cortocircuito del dispositivo de protección de la máquina, cuando se proporcione,
- 8) número del diagrama de conexiones de la máquina.

La corriente eléctrica de plena carga indicada en la placa de datos, no debe ser menor que la suma de las corrientes a plena carga de todos los motores y de otro equipo que pudieran estar operando al mismo tiempo, bajo condiciones normales de uso. Cuando cargas o ciclos de trabajo no usuales requieran conductores de mayor tamaño nominal, la capacidad requerida debe incluirse en la corriente eléctrica de plena carga indicada.

Cuando exista más de un circuito de alimentación, la placa de datos debe de llevar la información anterior, para cada circuito.

b) Protección contra sobrecorriente. Cuando se suministre protección contra sobrecorriente de acuerdo con lo indicado en 670-4(b), la máquina se debe marcar "Protección contra sobrecorriente en las terminales de alimentación de la máquina".

670-4. Conductores alimentadores y protección contra sobrecorriente

a) Tamaño nominal. El tamaño nominal de los conductores de alimentación debe ser tal que tenga una capacidad de conducción de corriente no menor que 125% de la corriente eléctrica a plena carga de las cargas resistivas, más 125% del motor más grande, más la suma de todas las corrientes eléctricas nominales a plena carga de los restantes motores y aparatos conectados que puedan operar simultáneamente, de conformidad con lo establecido en la Sección 430-25.

NOTA - Véase las tablas correspondientes del Artículo 310 para capacidad de conducción de corriente de los conductores.

b) Protección contra sobrecorriente. Una máquina se puede considerar como una unidad individual, por lo tanto, debe tener un medio de desconexión. Este medio de desconexión puede alimentarse de los circuitos derivados protegidos por fusibles o por interruptores automáticos. El medio de desconexión no requiere de protección contra sobrecorriente. Cuando forme parte de la máquina, la protección contra sobrecorriente debe consistir de un interruptor automático o de un juego de fusibles. La máquina debe mostrar los datos requeridos en 670-3 y los conductores de alimentación se consideran como alimentadores o derivaciones, según se indica en 240-21.

El valor nominal o ajuste de la protección contra sobrecorriente para el circuito que alimenta a la máquina, no debe ser mayor que la suma del valor nominal o ajuste más alto del dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra propio de la máquina, más 125% de la corriente eléctrica a plena carga de todas las cargas resistivas, más la suma de todas las corrientes eléctricas a plena carga de todos los demás motores y aparatos que puedan funcionar simultáneamente.

Excepción: Cuando uno o más interruptores automáticos de disparo instantáneo o protectores contra cortocircuito de motores se utilice para protección contra cortocircuito y falla a tierra de motores, según se permite en 430-52 (c), el procedimiento anterior se aplica con la siguiente condición: para propósitos de cálculo, cada interruptor automático de disparo instantáneo o protector contra cortocircuito de motor, debe tener un valor nominal que no exceda el máximo por ciento de la corriente eléctrica del motor a plena carga permitido en la Tabla 430-152 para el tipo de dispositivo de protección utilizado en la máquina.

Cuando en la máquina no se proporciona dispositivo de protección contra falla a tierra y contra cortocircuito, el valor nominal o el ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente se debe basar en lo indicado en 430-52 o 430-53, como sea aplicable.

670-5. Espacios libres. Cuando sea probable que se requiera inspección, ajuste, servicio o mantenimiento mientras esté energizada la instalación y que las condiciones de mantenimiento y supervisión garanticen que únicamente personal calificado deba dar servicio, las dimensiones del espacio de trabajo en la dirección del acceso a partes vivas que operen no más de 150 V, debe ser de 75 cm como mínimo. Cuando los controles estén encerrados en gabinetes, la(s) puerta(s) deben abrir al menos en un ángulo de 90° o ser removibles.

Excepción: Cuando la envolvente requiere de herramienta para abrirla y cuando únicamente sea necesario diagnóstico o pruebas de falla en partes vivas que operen a no más de 150 V, línea a línea, los espacios libres pueden ser menores de 75 cm.

ARTICULO 675-MAQUINAS DE RIEGO OPERADAS O CONTROLADAS ELECTRICAMENTE

A. Disposiciones generales

675-1. Alcance. Este Artículo se aplica a máquinas de riego operadas o controladas eléctricamente, así como a los circuitos derivados y controles que alimenten este tipo de equipo.

675-2. Definiciones

Anillos colectores. Son un ensamble de anillos de fricción para transferencia de energía eléctrica de un elemento estacionario a un elemento rotatorio.

Máquina de riego. Es aquella que se opera o controla eléctricamente, con uno o más motores y que es usada principalmente para transportar y distribuir agua para propósitos agrícolas.

Máquina de riego con pivote central. Es aquella que gira alrededor de un eje central y emplea desconectores de alineamiento o dispositivos similares para el control individual de los motores.

675-3. Otros Artículos. Las disposiciones de este Artículo son en adición o en complemento de lo establecido en el Artículo 430 o en otros Artículos aplicables de esta norma.

675-4. Cables para máquinas de riego

- a) **Construcción.** Los cables para interconectar elementos de la estructura de una máquina de riego deben ser conductores aislados y trenzados con relleno no higroscópico, con núcleo de material no metálico, resistente a la humedad y a las llamas, recubierto de material metálico y forrado exteriormente de otro material no metálico y resistente a la humedad, a la corrosión y a los rayos solares. El aislamiento de los conductores debe ser aprobado para temperaturas de 75°C y para uso en lugares mojados.

Se permite una combinación de cables de fuerza, control y puesta a tierra.

- b) **Métodos alternativos de alambrado.** Todos los cables que sean adecuados y aprobados para este propósito.
- c) **Soportes.** El cable de riego debe soportarse por medio de abrazaderas, grapas o accesorios similares diseñados para este propósito e instalados de tal manera que no dañen el cable. El cable debe soportarse a intervalos no mayores a 1,2 m.
- d) **Accesorios.** Se deben utilizar en todos los puntos en que un cable termina. Los accesorios deben estar diseñados para uso con el tipo de cable y ser adecuados para el servicio a la intemperie a prueba de agua y polvo.

675-5. Más de tres conductores en un ducto o cable. Los conductores de señalización y control en un ducto o en un cable, no deben ser tomados en consideración para propósitos de dimensionamiento del tamaño de los conductores por capacidad de conducción de corriente como se establece en el Artículo 310 en la Nota 8 de las Tablas 310-16 a 310-19.

675-6. Identificación en el panel de control principal. El panel de control principal debe tener una placa de datos con la siguiente información:

- a) Nombre del fabricante, tensión eléctrica nominal, número de fases y frecuencia nominal.
- b) Corriente eléctrica nominal de la máquina.
- c) Capacidad nominal del medio de desconexión principal y el valor de la protección contra sobrecorriente requerida.

675-7. Valores equivalentes de corriente eléctrica. Cuando la operación de la máquina no sea intermitente se debe utilizar lo expuesto en el Artículo 430 para determinar los valores de los paneles de control, medios de desconexión y conductores. Cuando la máquina de riego tiene una operación intermitente, se deben hacer las siguientes consideraciones para determinar los valores equivalentes de corriente eléctrica.

- a) **Valor de corriente eléctrica en operación continua.** El valor equivalente de corriente eléctrica en operación continua para la selección de los conductores en circuitos derivados y protección contra sobrecorriente, debe ser de 125% de la corriente eléctrica a plena carga del motor de mayor capacidad, más la suma de las corrientes de plena carga de todos los motores que integran la máquina, multiplicados por el factor de utilización en por ciento del ciclo continuo al que pueden operar.
- b) **Corriente eléctrica de rotor bloqueado.** La corriente eléctrica equivalente a rotor bloqueado debe ser igual a la suma de las corrientes a rotor bloqueado de los dos motores de mayor capacidad, más 100% de la suma de las corrientes de placa a plena carga de todos los motores restantes del circuito.

675-8. Medios de desconexión

- a) **Controlador principal.** El controlador utilizado para arranque y paro de la totalidad de la máquina, debe cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Una corriente eléctrica de operación continua no menor que los valores especificados en 675-7(a) o 675-22(a).
 - 2) Un valor en kW no menor que los valores indicados en la Tabla 430-151 A y Tabla 430-151 B basados en la corriente eléctrica a rotor bloqueado equivalente especificada en 675-7(b) y 675-22(b).
- b) **Medio de desconexión principal.** El medio de desconexión principal de la máquina debe estar en el punto de conexión eléctrica a la vista y a no más de 15 m de la máquina, debe ser de fácil y rápido acceso y capaz de bloquearse en la posición de abierto. Este medio de desconexión debe ser de capacidad nominal no menor que los valores de corriente eléctrica y potencia en kW (CP) requeridos en el controlador principal.

Excepción: Los interruptores automáticos que no indican su capacidad de potencia en kW (CP) se permiten si están de acuerdo con lo indicado en 430-109.

- c) **Medio de desconexión para controladores y motores individuales.** Se debe proveer un medio de desconexión para desconectar simultáneamente todos los conductores de fase (portadores de corriente eléctrica) de cada motor y controlador, y debe localizarse como lo requiere el Artículo 430 Parte I. Este medio de desconexión no tiene que ser de rápido acceso.

675-9. Conductores de circuitos derivados. Los conductores en circuitos derivados deben tener una capacidad conducción de corriente no menor que la que se especifica en 675-7 (a) o 675-22 (a).

675-10. Varios motores en un circuito derivado. En 430-53 se prevé la protección de un circuito derivado para cortocircuito, falla a tierra y para varios motores conectados a un circuito derivado. En este Artículo se encuentran modificaciones especiales para la aplicación en este tipo de equipo.

- a) **Protección requerida.** Se permite instalar varios motores que no excedan de 1,50 kW (2 CP), siempre y cuando el circuito esté protegido a no más de 30 A en 600 V nominales y siempre que cumplan las siguientes condiciones:
- 1) La corriente eléctrica de plena carga de cualquier motor en el circuito no debe exceder de 6 A.
 - 2) Cada motor en el circuito debe contar con su propia protección de sobrecarga de acuerdo con lo indicado en 430-32.
 - 3) Las conexiones en derivación de los motores individuales no deben ser menores de 2,08 mm² (14 AWG) y con una longitud que no exceda 7 m.
- b) **Protección individual no requerida.** No se requiere protección de cortocircuito en el circuito derivado, para motores y controladores, cuando se ha cumplido con lo establecido en 675-10(a).

675-11. Anillos colectores

- a) **Transmisión de corriente eléctrica para sistemas de fuerza.** El anillo colector debe soportar una corriente eléctrica no menor que 125% de la de plena carga del mayor dispositivo alimentado más 100% de la de plena carga de los demás dispositivos alimentados o en su defecto como se indica en 675-7(a) o 675-22(a).
- b) **Para propósitos de señal o control.** Los anillos colectores para señalización y control deben tener capacidad de conducción de corriente no menor que 125% de la corriente eléctrica del mayor dispositivo alimentado, más la suma de 100% de plena carga de todos los demás dispositivos alimentados.
- c) **Anillo de tierra.** El anillo colector de conexión de puesta a tierra debe tener una capacidad no menor que la determinada de acuerdo con lo indicado en 675-11(a).
- d) **Protección.** Los anillos colectores deben protegerse contra las condiciones ambientales y de contacto accidental por medio de envoltentes adecuadas.

675-12. Conexión de puesta a tierra. El siguiente equipo debe tener conexión de puesta a tierra:

- a) Todo equipo eléctrico en la máquina de riego.
- b) Todo equipo eléctrico asociado con la máquina de riego.
- c) Todas las cajas metálicas de empalmes, envoltentes y accesorios.
- d) Los paneles de control para suministro o control de equipo eléctrico en la máquina de riego.

Excepción: La conexión de puesta a tierra no se requiere en máquinas donde se han cubierto los siguientes requisitos:

- a. Si la máquina es controlada eléctricamente, pero no es de accionamiento eléctrico.
- b. La tensión eléctrica de control es de 30 V o menos.
- c. Los controladores o señales son de corriente limitada de acuerdo con lo especificado en 725-31.

675-13. Método de puesta a tierra. Las máquinas que requieren de conexión de puesta a tierra deben tener un conductor de puesta a tierra como parte integral de cada cable, ducto o canalización. Este conductor de puesta a tierra debe dimensionarse, de manera que no sea menor que el mayor de los conductores portadores de corriente en cada cable, ducto o canalización. Los conductores del alimentador para una máquina de riego deben tener un conductor de puesta a tierra de tamaño nominal como se establece en la Tabla 250-95.

675-14. Conexión de puesta a tierra. Cuando se requiere conexión de puesta a tierra en una máquina de riego, la estructura metálica de la máquina, las canalizaciones y la pantalla metálica del cable deben estar

perfectamente conectadas al conductor de puesta a tierra. El contacto metal-metal con una parte que esté conectada eléctricamente al conductor de puesta a tierra y a las partes no conductoras de corriente eléctrica, pueden considerarse aceptables como conexión de puesta a tierra.

675-15. Protección contra descargas atmosféricas. Si una máquina de riego tiene un punto estacionario, se debe colocar un electrodo de puesta a tierra de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250 Parte H, como medio de protección contra descargas atmosféricas.

675-16. Suministro de más de una fuente. El equipo dentro de una misma envolvente que recibe energía eléctrica de más de una fuente, no requiere medios de desconexión para la fuente adicional, cuando la tensión eléctrica suministrada es 30 V o menos y cumple con los requerimientos indicados en el Artículo 725 Parte C.

675-17. Conexiones. Las clavijas y conectores en el equipo deben ser del tipo a prueba de intemperie.

A menos a que su construcción esté destinada únicamente para que cumplan con lo establecido en el Artículo 725 Parte C, las clavijas y conectores deben ser construidos como se especifica en 250-99(a).

B. Máquinas de riego con pivote central

675-21. Generalidades. Las disposiciones de la Parte B cubren requerimientos especiales adicionales que son peculiares a las máquinas de riego con pivote central. Véase 675-2 para la definición de máquinas de riego con pivote central.

675-22. Valores de corriente eléctrica equivalentes. Para establecer los valores de capacidad de conducción de corriente de controladores, medios de desconexión y de conductores para el trabajo intermitente de este tipo de máquinas, se debe considerar lo siguiente:

- a) **Operación continua.** La capacidad nominal de operación continua para la selección de circuitos derivados y dispositivos conectados a éstos, debe ser igual que 125% la corriente eléctrica nominal del motor más grande, más 60% de la suma de la nominal de todos los demás motores conectados al circuito.
- b) **Corriente eléctrica de rotor bloqueado.** La capacidad nominal de operación equivalente para la corriente eléctrica a rotor bloqueado, debe ser igual que dos veces la corriente eléctrica a rotor bloqueado del motor más grande, más 80% de la suma de las corrientes a plena carga de todos los demás motores conectados al circuito.

ARTICULO 680-ALBERCAS, FUENTES E INSTALACIONES SIMILARES

A. Disposiciones generales

680-1. Alcance. Este Artículo se aplica a la construcción e instalación del sistema de alambrado eléctrico para equipo situado dentro o adyacente a las albercas de natación, terapéuticas y decorativas, chapoteaderos, fuentes de ornato, bañeras térmicas y fuentes de aguas termales, bañeras de hidromasaje, tanto si están instaladas permanentemente como desarmables, portátiles, y a todo equipo metálico auxiliar tales como bombas, filtros y similares.

NOTA - El término "alberca" como es utilizado en este Artículo incluye: piscinas terapéuticas instaladas permanentemente, de natación y chapoteaderos. El término fuente utilizado en este Artículo incluye fuentes, albercas ornamentales, piscinas de exhibición y espejos de agua. No se pretende incluir fuentes de agua para beber (bebederos).

680-2. Aprobación del equipo. Todo equipo eléctrico instalado en el agua, en las paredes, banquetas, alrededor de albercas, en fuentes e instalaciones similares, debe cumplir con las disposiciones de este Artículo.

680-3. Otros Artículos aplicables. Con excepción de lo que se modifica en este Artículo, las instalaciones de alambrado eléctrico y del equipo en las albercas y fuentes o adyacentes a ellas, deben cumplir con las disposiciones que les sean aplicables de los Capítulos 1 a 4.

NOTA - Véase 370-23 para las cajas de empalmes, 347-3 para tubo (conduit) no metálicos tipo pesado y el Artículo 720 para el alumbrado de baja tensión.

680-4. Definiciones

Alberca de natación, chapoteadero o bañera terapéutica, instalada permanentemente. La que está construida en el piso, sobre el piso o dentro de un inmueble, de forma que la alberca no pueda fácilmente ser desarmada para almacenamiento, esté o no alimentada por circuitos eléctricos de cualquier tipo.

Alberca de natación desmontable o chapoteadero desmontable. Es una alberca con una longitud máxima de 5,5 m y una altura máxima de muro de 1 m y construida de forma que pueda ser fácilmente desmontada para ser guardada y vuelta a montar en su forma original. Una alberca del tipo inflable, no metálica, se considera como una alberca desmontable, sin importar sus dimensiones.

Alberca con cubierta, eléctricamente accionada. Equipo accionado con motor, diseñado para cubrir y descubrir la superficie del agua de una alberca por medio de una lámina flexible o de una estructura rígida.

Bañera auto-contenida o bañera caliente con equipo integrado. Unidad auto-contenida construida en fábrica consistente en una bañera o bañera caliente, con circulación de agua caliente y equipo de control integrado a la unidad. El equipo de control puede incluir bombas, ventiladores, calentadores, luces, controles, dosificador, generadores entre otros.

Bañera compacta o equipo para bañera caliente. Unidad construida en fábrica, consistente en un sistema con circulación de agua, calentamiento y equipo de control montados en una base común, destinado para el funcionamiento del baño o bañera caliente.

Bañera de hidromasaje. Una bañera instalada permanentemente y equipada con un sistema de tubería de recirculación y equipo de bombeo, diseñada de manera que pueda circular agua y desaguar después de cada uso.

Cubierta porta-luminario. Estructura diseñada para contener un luminario de nicho mojado y destinado para instalarse en la estructura de una alberca o una fuente.

Equipo de iluminación conectado por cordón y clavija. Es un luminario que consiste en un accesorio fabricado para montarse en la pared de una bañera de hidromasaje, bañera térmica o piscina desarmable conectada al transformador con cordón y clavija.

Fuentes de aguas termales o bañeras térmicas. Una piscina de hidromasajes o bañera para uso recreacional o terapéutico, que no esté localizada en instalaciones de atención médica, diseñada para la inmersión de usuarios y que tiene normalmente un filtro, calentador y ventilador o compresor accionados por motor. Estas piscinas se pueden instalar dentro o fuera de un local, sobre o a nivel del piso o de una estructura de soporte.

Fuentes y espejos de agua decorativos instalados en forma permanente. Las que están construidas en la tierra o sobre ella o en un inmueble, de manera que no puedan ser fácilmente desarmadas para ser almacenadas o guardadas, estén o no alimentadas por circuitos eléctricos de cualquier tipo. Estas unidades están construidas principalmente por su valor estético y no para servir de alberca de natación o chapoteadero.

Luminario de nicho mojado. Luminario para ser instalado en una cubierta porta-luminario colocada en una estructura de alberca o fuente, donde el luminario está completamente rodeado de agua.

Luminario de nicho seco. Luminario para ser instalado en las paredes de las albercas o fuentes, en un nicho que debe estar sellado contra la entrada de agua de la alberca.

Luminario sin nicho: Es un equipo de iluminación diseñado para instalarse encima o debajo del agua sin nicho.

680-5. Transformadores e interruptores de circuito por falla a tierra

- a) **Transformadores.** Los transformadores utilizados para la alimentación de los aparatos subacuáticos junto con su envolvente o carcasa, deben estar contruidos a prueba de intemperie y sumergibles. El transformador debe ser del tipo de dos devanados con una barrera metálica puesta a tierra entre los devanados primario y secundario.
- b) **Interruptores de circuito por falla a tierra.** Los interruptores de circuito por falla a tierra deben ser unidades auto-contenidas, de tipo interruptor automático, receptáculo, u otros aprobados.
- c) **Alambrado.** Los conductores del lado de la carga de un interruptor de circuito por falla a tierra o de un transformador, usados de manera que cumplan con los requisitos indicados en 680-20 (a) (1), no deben ocupar tubo (conduit), cajas o envolventes que contengan otros conductores.

Excepción 1: Los interruptores de circuito por falla a tierra, pueden utilizarse en un panel de alumbrado y control que contenga circuitos protegidos por interruptores diferentes de los de protección por falla a tierra.

Excepción 2: Los conductores de suministro del tipo de alimentación a través de un interruptor de circuito por falla a tierra, se permiten en un mismo compartimento.

Excepción 3: La instalación de los conductores del lado de la carga de un interruptor de circuito por falla a tierra se permite en tubo (conduit), cajas o envolventes que contengan sólo conductores protegidos por interruptores de circuito por falla a tierra.

Excepción 4: Los conductores de puesta a tierra.

680-6 Receptáculos, aparatos de alumbrado, salidas para alumbrado, dispositivos de interrupción y ventiladores de techo

a) Receptáculos

- 1) No se debe instalar en el lugar ningún receptáculo a menos de 3 m de las paredes de una alberca o fuente.

Excepción: Un (Los) receptáculo(s) que proporcione(n) energía para el motor de una bomba de agua instalada permanentemente en una alberca de natación, tal como se indica en 680-7, se permite su instalación entre 1,5 m y 3 m de las paredes internas de la alberca; debe ser simultáneamente de tipo sencillo, de candado y con terminal de puesta a tierra y debe estar protegido por un interruptor de circuito por falla a tierra.

- 2) Cuando se instale una alberca permanente en una vivienda o unidad habitacional ya construida, se debe colocar por lo menos un receptáculo de 120 o 127 V a una distancia mínima de 3 m y máxima de 6 m de las paredes internas de la alberca de natación. Este receptáculo debe colocarse a no más de 2 m sobre el piso, plataforma o piso alrededor de la alberca.
- 3) Los receptáculos de 120 V o 127 V situados dentro de 6 m de las paredes internas de la alberca deben estar protegidos por un interruptor de circuito por falla a tierra. Véase 210-8 (a) (3).

NOTA - Para determinar las dimensiones antes indicadas, la distancia por medir es la vía más corta que el cordón de suministro de un aparato eléctrico conectado al receptáculo debe seguir sin atravesar un piso del inmueble, pared, plafón, marco de puerta corrediza o a través de bisagra, ventana u otra barrera sólida permanente.

b) Luminarios, salidas para alumbrado y ventiladores de techo

- 1) Los luminarios, salidas para alumbrado y ventiladores de techo no deben instalarse sobre la alberca o sobre un área medida de 1,50 m horizontalmente desde las paredes de la alberca, a menos que se encuentren a una distancia de 3,7 m del nivel máximo del agua.

Excepción 1: Los luminarios y salidas para alumbrado ya existentes, situadas a menos de 1,5 m medidos horizontalmente desde las paredes internas de la alberca, deben estar a un mínimo de 1,5 m sobre el nivel máximo de la superficie del agua y deben estar instaladas rígidamente en la estructura existente y el circuito debe estar protegido con un interruptor de circuito por falla a tierra.

Excepción 2: En albercas interiores, las limitaciones indicadas en 680-6 (b)(1) no se aplican si todas las condiciones siguientes se cumplen: (1) los aparatos son tipo hermético cerrado; (2) el interruptor de circuito por falla a tierra se instala en el circuito derivado que alimenta a los luminarios, y (3) la distancia desde la base del luminario hasta el nivel máximo del agua no es menor que 2,3 m.

- 2) Los luminarios y las salidas para alumbrado instalados en el área que se extiende horizontalmente entre 1,5 m y 3 m desde las paredes internas de una alberca deben estar protegidos con un interruptor de circuito por falla a tierra, a menos que estén instalados a 1,5 m sobre el nivel máximo del agua e instalados en la estructura adecuada adyacente a ella o alrededor de la alberca.
- 3) Los luminarios conectados con un cordón deben cumplir las mismas especificaciones que el equipo conectado por cordón, indicadas en 680-7, cuando se instalen a una distancia menor que 5 m de cualquier punto sobre la superficie del agua y radialmente desde el perímetro de la alberca.

- c) Dispositivos de interrupción.** Los dispositivos de interrupción se deben ubicar por lo menos a una distancia de 1,5 m de las paredes internas de la alberca, a menos que estén separados de la misma por un muro sólido, pared u otra barrera permanente.

680-7. Equipo conectado por clavija y cordón. Los equipos fijos o estacionarios de capacidad nominal de 20 A o menor, que no sean aparatos de alumbrado subacuáticos para una alberca de instalación permanente, pueden conectarse con un cordón flexible, para facilitar su remoción o desconexión para mantenimiento o reparación. Para las albercas diferentes de las desmontables, la longitud del cordón flexible no debe ser mayor que 1 m y debe tener un conductor de cobre para puesta a tierra de equipo de tamaño nominal no menor que 3,31mm² (12 AWG) y una clavija del tipo de puesta a tierra.

NOTA - Véase 680-25 (e) para conexiones con cables flexibles.

680-8. Separación de conductores aéreos. Las partes de las albercas indicadas a continuación, no se deben colocar debajo de acometidas aéreas existentes ni de otras líneas aéreas descubiertas, ni tampoco se deben hacer tales instalaciones por encima de lo siguiente:

1) La alberca y el área que la rodea hasta 3 m medidos horizontalmente desde las paredes internas de la alberca.

2) Estructuras de trampolines.

3) Puestos de observación, torres y plataformas.

Excepción 1: Las construcciones indicadas en los incisos (1), (2) y (3) anteriores se permiten bajo líneas o acometidas eléctricas cuando las instalaciones posean los espacios libres indicados en la Tabla 680-8:

TABLA 680-8. Espacios libres, Excepción 1

	Suministro de 0-750 V a tierra, con conductores aislados soportados por un mensajero desnudo puesto a tierra eficazmente o con neutro puesto a tierra eficazmente	Todos los demás conductores de suministro	
		Tensión eléctrica a tierra	
		0-15 kV	Mayor que 15 a 50 kV
A. Espacios libres en cualquier dirección al nivel del agua, borde de la superficie del agua o base de plataforma.	5,5 m	7,6 m	8,2 m
B. Espacios libres en cualquier dirección de la plataforma.	4,3 m	4,8 m	5,5 m
C. Límite horizontal de espacio libre medido desde la pared interior de la alberca	Este límite se debe extender al otro borde de las estructuras mencionadas en (1) y (2) anteriores pero no menor que 3 m.		

Excepción 2: Se permiten conductores de comunicación, operados y mantenidos por la compañía suministradora del servicio; cables coaxiales y sistemas de antena comunitaria que cumplan con el Artículo 820 y cables mensajeros, deben estar a una altura no menor que 3 m sobre la alberca y chapoteaderos, en estructuras de trampolín, puestos de observación y torres o plataformas.

NOTA - Para otras aplicaciones véase 225-18 y 225-19 para distancias en conductores no cubiertos por este Artículo.

680-9. Calentadores eléctricos de agua para alberca. Todos los calentadores eléctricos de agua para alberca deben tener los elementos calentadores subdivididos en cargas que no excedan 48 A y protegidos a no más de 60 A.

La capacidad de conducción de corriente de los conductores de circuito derivado y la capacidad nominal no debe ser menor que 125% de la carga total de la capacidad nominal de la placa de datos.

680-10. Instalación del alambrado bajo el piso. No se permite el alambrado para otros usos bajo el piso de la alberca o debajo del área en una extensión de 1,5 m medidos horizontalmente desde las paredes internas de la alberca.

Excepción 1: Se permite dentro de esta área el alambrado necesario para alimentar equipo de alberca permitido en este Artículo.

Excepción 2: Cuando por limitaciones de espacio el alambrado no pueda cumplir con 1,5 m o más, se permite que el alambrado sea instalado en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o en sistemas de canalización no metálicas. Todo tubo (conduit) metálico debe ser resistente a la corrosión y adecuado para la instalación. La mínima profundidad de instalación debe ser como sigue:

Método de alambrado	Profundidad en cm
Tubo (conduit) metálico tipo pesado	15
Tubo (conduit) metálico tipo semipesado	15
Tubo (conduit) no metálico tipo pesado para ser directamente enterrado sin cubierta de concreto	45
Otras canalizaciones aprobadas*	45

NOTA - Las canalizaciones aprobadas para ser enterradas solamente cuando tengan una cubierta de concreto requieren que ésta tenga no menos de 50 mm de espesor.

680-11. Casa de máquinas y equipo. El equipo eléctrico no debe instalarse en locales cuyo drenaje no sea adecuado para prever acumulaciones de agua durante operaciones normales o de mantenimiento de filtros.

680-12. Medio de desconexión. Se requiere un medio de desconexión que debe ser accesible, ubicado a la vista de la alberca, bañera o bañera caliente, desde el nivel superior de la alberca.

B. Albercas de instalación permanente

680-20. Luminarios subacuáticos. Los párrafos (a) hasta (d) de esta Sección se aplican a los luminarios instalados por debajo del nivel normal del agua de la alberca.

a) Disposiciones generales

- 1) El diseño de un luminario subacuático alimentado por un circuito, sea directa o mediante un transformador que cumpla con los requisitos indicados en 680-5 (a), debe ser tal que cuando el luminario esté instalado adecuadamente sin un interruptor de circuito por falla a tierra no exista ningún peligro de choque eléctrico al producirse cualquier combinación de fallas durante el funcionamiento normal (ni cuando se cambien las lámparas).

Además se debe instalar un interruptor de circuito por falla a tierra en un circuito de luminarios que funcionen a más de 15 V, para que no exista ningún peligro de choque eléctrico cuando se cambien las lámparas. La instalación del interruptor de circuito por falla a tierra debe ser tal que no exista ningún peligro de choque cuando se produzca cualquier combinación de fallas que incluyan una persona en la trayectoria del conductor a tierra entre una parte no puesta a tierra del circuito o del luminario que debe estar puesta a tierra.

El cumplimiento de estos requisitos se debe lograr mediante el uso de un luminario subacuático aprobado, y la instalación de un interruptor de circuito por falla a tierra aprobado.

- 2) No se deben instalar luminarios que funcionen a una tensión eléctrica mayor que 150 V entre conductores.
- 3) Los luminarios montados en paredes deben ser instalados con la parte superior de la lente por lo menos 0,45 m por debajo del nivel normal del agua de la alberca. Los luminarios con el frente dirigido hacia arriba deben tener las lentes adecuadamente protegidas para impedir el contacto con cualquier persona.

Excepción: Se permiten los luminarios aprobados para el uso a una profundidad de no menor que 1 m bajo el nivel normal del agua de la alberca.

- 4) Los luminarios que dependen de inmersión para una operación segura, deben estar protegidos contra sobrecalentamiento cuando no estén sumergidos.

b) Luminarios de nicho mojado

- 1) Se deben instalar envolventes porta-luminarios metálicas aprobadas para el montaje de luminarios de nicho mojado y deben estar equipadas con entradas para tubo (conduit) metálico. El tubo (conduit) debe extenderse desde las envolventes porta-luminarios hasta la caja o hasta cualquier otra envolvente colocada según se indica en 680-21. El tubo (conduit) debe ser metálico tipo semipesado o pesado, flexible no metálico a prueba de líquidos o no metálico tipo pesado. El tubo (conduit) metálico debe ser de bronce u otros materiales aprobados resistentes a la corrosión. Cuando se use tubo (conduit) no metálico tipo pesado, se debe instalar en él un conductor aislado, sólido, de cobre de tamaño nominal de 8,37 mm² (8 AWG), provisto de un medio para su conexión a la caja de empalmes de la cubierta porta-luminario, o a la envolvente del transformador, o al interruptor de circuito por falla a tierra. La unión del conductor con la cubierta porta-luminario debe estar protegida con un compuesto contra la corrosión por el agua de la alberca. Las piezas metálicas del luminario y de la cubierta porta-luminario que estén en contacto con el agua de la alberca, deben ser de bronce o de otro material resistente a la corrosión.
- 2) El extremo de la cubierta del cordón flexible y las terminales de los conductores correspondientes dentro de un luminario deben estar cubiertos con un compuesto sellador con el fin de impedir la entrada de agua en el luminario por los cordones o por sus conductores. Debe protegerse de manera similar la extensión de puesta a tierra, para evitar así el deterioro que produce el agua si llega a entrar en el luminario.
- 3) El luminario se debe fijar y debe estar puesta a tierra en la cubierta porta-luminario mediante un dispositivo que asegure un buen contacto. Se requiere de una herramienta para retirar la cubierta porta-luminario.

c) **Aparato de nicho seco.** Un luminario de nicho seco debe estar provisto de:

- 1) medios para el drenaje del agua, y
- 2) medios necesarios para instalar un conductor de puesta a tierra de equipo por cada tubo (conduit) que entre.

Se debe instalar un tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado o no metálico tipo pesado, desde el luminario hasta el equipo de servicio o hasta el panel de alumbrado y control. No se requiere una caja de empalmes, pero si se usa ésta, no necesita tener la altura ni la ubicación especificadas en 680-21 (a) (4), si el luminario está específicamente aprobada e identificada para tal propósito.

Excepción: Se permite usar tubo (conduit) no metálico para proteger a los conductores cuando se instalen sobre o dentro de los edificios.

d) **Luminario sin nicho.** Un luminario sin nicho debe:

- 1) Estar aprobado para el uso que se le pretenda dar.
- 2) Estar instalado de acuerdo con lo requerido en 680-20(b). Cuando se requiera conectar el aparato a la base moldeada, la conexión debe hacerse en el dispositivo de montaje.

680-21. Cajas de empalmes y envolventes para transformadores o para interruptores de circuito por falla a tierra

a) **Cajas de empalmes.** Toda caja de empalmes conectada a un tubo (conduit) que se extienda directamente a una cubierta porta-luminario debe ser:

- 1) Provista para recibir tubo (conduit) roscado,
- 2) De cobre, bronce, plástico adecuado u otro material aprobado resistente a la corrosión,
- 3) Provista para asegurar la continuidad eléctrica entre cada tubo (conduit) metálico conectado a una caja de empalmes y a las terminales de puesta a tierra, para lo cual se utiliza de cobre, bronce u otro material aprobado como resistente a la corrosión y que forme parte integral de la caja.
- 4) Colocada a no menos de 0,2 m, medidos desde el borde interior de la caja del nivel inferior del piso, de la acera de la alberca o del nivel máximo del agua de la alberca, cualquiera de los tres que tenga la mayor altura y a no menos de 1,2 m de la pared interior de la alberca, a menos que esté separada de ella por una cerca sólida, pared o barrera permanente.

Excepción: En circuitos de alumbrado de 15 V o menos se permite una caja empotrada al nivel de la acera, siempre que:

a. Se emplee un compuesto para rellenar la caja e impedir la entrada de la humedad, y

b. La caja esté ubicada a no menos de 1,2 m de la pared interior de la alberca.

b) **Otras envolventes.** La envolvente de un transformador, de un interruptor de circuito por falla a tierra o de un dispositivo similar, conectada a un tubo (conduit) que se acople directamente a una cubierta porta-luminario debe cumplir las condiciones siguientes:

- 1) Estar provista de entradas para tubo (conduit) roscado.
- 2) Estar equipada con un sello aprobado en la entrada del tubo (conduit), que impida la circulación de aire entre el tubo (conduit) y la cubierta.
- 3) Debe haber continuidad eléctrica entre cada tubo (conduit) metálico conectado y las terminales de puesta a tierra de cobre, bronce u otro metal aprobado como resistente a la corrosión que sean parte integral de la cubierta.
- 4) Estar ubicada a no menos de 10 cm medidos desde el fondo de la cubierta de su nivel inferior al nivel del piso o a no menos de 20 cm, medidos desde el borde de adentro de la cubierta del nivel del piso, de la acera de la alberca o del nivel máximo del agua de la alberca, cualquiera que dé la mayor altura, y a no menos de 1,2 m de la pared interior de la alberca, a menos que esté separada de ella por una cerca sólida, pared o barrera permanentemente instalada.

c) **Protección.** Las cajas de empalmes y envolventes instaladas en el nivel del piso terminado de la acera alrededor de la alberca, no deben estar colocadas en la acera misma, a menos que estén provistas de protección adicional, por ejemplo colocándolas debajo de los trampolines adyacentes a las estructuras fijas o por medios similares.

- d) **Terminales de puesta a tierra.** Las cajas de empalmes, envolventes de transformadores y de interruptores de circuito por falla a tierra, conectadas a tubo (conduit) que se extienda directamente hasta una cubierta porta-luminario, deben estar provistas de terminales de puesta a tierra en cantidad no menor que el número de tubos que entren, más uno así como se debe hacer uso de los accesorios correspondientes.
- e) **Medios para distribuir esfuerzos mecánicos.** Las terminales de un cordón flexible de un luminario subacuático que estén dentro de una caja de empalmes, envoltorio de un transformador, del interruptor de circuito por falla a tierra u otras envolventes, deben estar provistas de un medio para distribuir los esfuerzos.

680-22. Puentes de unión

NOTA - No es la intención de esta Sección que el conductor de conexión de cobre sólido de tamaño nominal de 8,37 mm² (8 AWG) o mayor, requiera extenderse o unirse a cualquier panel de alumbrado y control distante, equipo de acometida o cualquier electrodo, sino sólo para ser empleado en eliminar el aumento o disminución de tensión eléctrica en el área de la alberca, como se ha establecido.

- a) **Partes interconectadas (puentes de unión).** Las partes indicadas a continuación deben estar interconectadas.
- 1) Todas las partes metálicas de la estructura de la alberca, incluyendo el metal reforzado de la misma, brocal y cubierta.
 - 2) Todos los envolventes porta luminarios.
 - 3) Todos los accesorios metálicos que estén dentro o fijados a la estructura de la alberca.
 - 4) Las partes metálicas de equipo eléctrico relacionado con el sistema de circulación de agua de la alberca, incluyendo los motores de la bomba.
 - 5) Las partes metálicas del equipo relacionado con las envolventes de la alberca, incluyendo los motores eléctricos.
 - 6) Tubos metálicos, tubo (conduit) y todas las partes metálicas fijas que estén dentro de una distancia de 1,5 m de las paredes internas de la alberca, 3,6 m sobre el nivel máximo del agua de la alberca o de cualquier torre o plataforma de observación, cualquier estructura de clavados y que no estén separados de la alberca por una barrera permanente.

Excepción 1: Los alambres usuales de acero se deben considerar adecuados para la unión del acero estructural y no necesitan soldadura ni mordazas especiales.

Excepción 2: Las partes separadas que no son de más de 10 cm en cualquier dimensión y no penetran en la estructura de la alberca más de 25 mm no requieren conexión.

Excepción 3: Se permite como malla de tierra para partes no eléctricas, al cerco de refuerzo estructural de paredes o piso soldado a la estructura, que estén de acuerdo con lo indicado en 250-113.

Excepción 4: Las partes metálicas de equipo aprobado incorporadas en un sistema de doble aislamiento y con previsión de un medio de conexión de puesta a tierra interno no accesible; las partes metálicas no transportadoras de corriente eléctrica no deben ser interconectadas.

- b) **Malla común de conexión.** Todas las partes metálicas indicadas en el inciso a) de esta Sección deben conectarse a la malla común con un conductor sólido de cobre aislado, cubierto o desnudo, no menor que 8,37 mm² (8 AWG). Las conexiones deben hacerse con conectores a presión o abrazaderas de cobre, bronce o aleación de cobre. La malla común de conexión puede ser de cualquiera de los elementos indicados a continuación:
- 1) el acero estructural de refuerzo de una alberca de concreto donde las varillas están interconectadas con el alambre de acero normal de amarre o equivalente,
 - 2) las paredes de una alberca metálica atornillada o soldada,
 - 3) un conductor sólido de cobre aislado, cubierto o desnudo, no menor que 8,37 mm² (8 AWG).
- c) **Calentadores de agua para alberca.** Para los calentadores de agua para alberca que tienen una capacidad nominal de más de 50 A y que tienen instrucciones especificadas con relación a la conexión y puesta a tierra, se interconectan solamente aquellas partes que estén diseñadas para ser interconectadas y se ponen a tierra solamente las partes diseñadas ello.

680-23. Equipo de sonido subacuático. Todo equipo de sonido subacuático debe estar aprobado e identificado para este propósito.

- a) **Altavoces.** Cada altavoz debe estar montado dentro de una cubierta porta-equipos de metal aprobado, cuyo frente sea cerrado por una pantalla metálica cautiva, o equivalente, que esté unida y asegurada a la cubierta porta-equipos por un dispositivo de cierre del tipo positivo, que asegure un contacto de baja resistencia y requiera una herramienta al abrirse para la instalación o mantenimiento. La cubierta porta-equipos debe instalarse en un nicho en la pared o en piso de la alberca.
- b) **Métodos de alambrado.** El tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado, de bronce u otros metales resistentes a la corrosión, o tubo (conduit) no metálicos tipo pesado, deben extenderse desde la cubierta porta-equipos hasta una caja de empalmes adecuada u otra envolvente, como se indica en 680-21. Cuando se use tubo (conduit) no metálico tipo pesado, se debe instalar en el tubo (conduit) un conductor aislado de cobre de 8,37 mm² (8 AWG), con terminales apropiadas para rematar en la cubierta porta-equipos. La terminación del conductor en la cubierta porta-equipos debe protegerse o encapsularse con un adecuado compuesto resinoso, para protegerla contra la corrosión del agua.
- c) La cubierta porta-equipos y la pantalla de metal deben ser de bronce u otro metal aprobado como resistente a la corrosión.

680-24. Puesta a tierra. El equipo siguiente debe tener conexión de puesta a tierra:

- 1) Luminarios subacuáticos de nicho mojado.
- 2) Luminarios subacuáticos de nicho seco.
- 3) Todo equipo eléctrico colocado dentro de 1,5 m de las paredes interiores de la alberca de nicho seco debe ser puesto a tierra a la terminal de puesta a tierra del equipo. Esta terminal debe estar directamente conectada a la envolvente del tablero. El conductor de puesta a tierra del equipo se debe instalar sin uniones ni empalmes.
- 4) Todo equipo eléctrico relacionado con el sistema de recirculación de agua de la alberca.
- 5) Cajas de empalmes.
- 6) Envolvente de los transformadores.
- 7) Interruptores de circuito por falla a tierra.
- 8) Panel de alumbrado y control que no formen parte del equipo de acometida y que alimenten cualquier equipo eléctrico de la alberca.

680-25. Método de puesta a tierra

- a) **Disposiciones generales.** Se deben aplicar las disposiciones siguientes para la puesta a tierra de luminarios subacuáticos, cajas de empalmes metálicas, envolventes metálicas de transformadores, tableros de alumbrado y control, motores y otras envolventes y equipos.
- b) **Luminarios en albercas y equipo relacionado**
 - 1) Los luminarios de nicho mojado deben conectarse a un conductor de puesta a tierra de equipo, cuyo tamaño nominal esté de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-95, pero que no sea menor que 3,31mm² (12 AWG). El conductor debe ser de cobre aislado y ser alojado con los conductores del circuito en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o en tubo (conduit) no metálico tipo pesado.

Excepción 1: Se permite el uso de tubo (conduit) metálico tipo ligero para la protección de los conductores que vayan sobre o dentro de inmuebles.

Excepción 2: Se permite el uso de tubo (conduit) no metálico tipo ligero para la protección de los conductores instalados dentro de inmuebles de acuerdo con los requerimientos del Artículo 331.

Excepción 3: El conductor de puesta a tierra que esté entre la cámara de alambrado del devanado secundario de un transformador y una caja de empalmes, debe ser de un tamaño nominal que esté de acuerdo con el dispositivo de protección de este circuito.

- 2) La caja de empalmes, la envolvente del transformador u otra envolvente, en el circuito de alimentación de un luminario de nicho mojado y la cámara de alambrado hecha en obra para el luminario de nicho seco, deben ser puestos a tierra a través de la terminal para puesta a tierra del equipo del panel de alumbrado y control. Esta terminal debe estar directamente conectada a la envolvente del panel de alumbrado y control. El conductor de puesta a tierra del equipo debe instalarse sin uniones ni empalmes.

Excepción 1: Cuando más de un luminario subacuático esté alimentado por el mismo circuito derivado, el conductor de puesta a tierra de equipo instalado entre cajas de empalmes, envolventes de transformador u

otras envolventes en el circuito alimentador de luminarios de nicho mojado, o entre los compartimentos de alambrado hechos en obra, de los luminarios de nicho seco, debe conectarse a las terminales de puesta a tierra del panel de alambrado y control.

Excepción 2: Cuando el luminario subacuático se alimente desde un transformador, un interruptor de circuito por falla a tierra, un desconectador operado por un reloj, un desconectador de acción rápida manual que esté localizado entre el panel de alambrado y control y una caja de empalmes, conectados a la tubería que se extiende directamente hasta el luminario subacuático, el conductor de puesta a tierra del equipo puede conectarse a las terminales de puesta a tierra en el transformador, interruptor de circuito por falla a tierra, o envoltorio del desconectador de acción rápida.

- 3) Los luminarios de nicho mojado que estén alimentados por cables o cordones flexibles deben tener todas las partes metálicas no conductoras de corriente eléctrica descubiertas puestas a tierra por un conductor de cobre aislado y que sea parte integral del cordón o cable. Este conductor de puesta a tierra debe conectarse a una terminal de puesta a tierra en la caja de empalmes de alimentación en la envoltorio del transformador u otras envolventes. El conductor de puesta a tierra no debe ser menor que el conductor de alimentación y no menor que $1,31 \text{ mm}^2$ (16 AWG).

- c) **Motores.** Los motores relacionados con albercas deben conectarse a un conductor de puesta a tierra de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-95, pero no menor que $3,31 \text{ mm}^2$ (12 AWG). Debe ser un conductor de cobre aislado y se debe instalar con los conductores del circuito dentro de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o no metálico tipo pesado, o en cable tipo MC.

Excepción 1: Se permite el uso de tubo (conduit) metálico tipo ligero para proteger a los conductores cuando se instalen sobre o dentro de edificios.

Excepción 2: Cuando sea necesario emplear conexiones flexibles dentro de un motor o adyacentes a él, se permite el uso de tubo metálico flexible hermético a líquidos con accesorios aprobados.

Excepción 3: Se permiten cualquiera de los métodos de alambrado indicados en el Capítulo 3 de esta norma para ser usado en unidades de vivienda unifamiliares.

Excepción 4: Se permite cordón flexible de acuerdo con lo indicado en 680-7.

- d) **Paneles de alambrado y control.** Un panel de alambrado y control que no sea parte del equipo de acometida debe tener un conductor de puesta a tierra instalado entre su terminal de puesta a tierra y la terminal de puesta a tierra del equipo de acometida. Este conductor debe ser de tamaño nominal acorde con la Tabla 250-95 pero no menor que $3,31 \text{ mm}^2$ (12 AWG); debe ser un conductor aislado e instalado con los conductores alimentadores en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, o no metálico tipo pesado. El conductor de puesta a tierra del equipo debe conectarse a una terminal de puesta a tierra del panel de alambrado y control.

Excepción 1: El conductor de puesta a tierra de equipo entre un panel de alambrado y control lejano existente y el equipo de acometida, no necesita colocarse en un tubo si la conexión se hace por medio de un cable aprobado ensamblado con un aislante que tenga un conductor de puesta a tierra de equipo con envoltorio.

Excepción 2: Se permite el uso de tubo (conduit) metálico tipo ligero para proteger a los conductores cuando se instalen sobre o dentro de edificios.

NOTA - Véase 348-2.

- e) **Equipo conectado con cordones.** Cuando se conecte equipo fijo o estacionario con un cordón flexible para facilitar su remoción o desconexión para mantenimiento, reparación o almacenamiento, como está indicado en la Sección 680-7, los conductores de puesta a tierra de equipo deben conectarse a una parte metálica fija del conjunto. La parte que es desmontable debe estar montada sobre la parte metálica fija o estar interconectada a ella.

- f) **Otros equipos.** Los equipos eléctricos que no sean luminarios subacuáticos, deben ser puestos a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250 y conectados por los métodos de alambrado descritos en el Capítulo 3.

680-26. Cubiertas de albercas accionadas eléctricamente

- a) **Motores y controladores.** Los motores eléctricos, controladores y alambrados, deben estar ubicados por lo menos a 1,5 m de la pared interna de la alberca, a menos que estén separados de ésta por una pared, cubierta u otra barrera permanente. Los motores eléctricos instalados por debajo del nivel de la alberca deben ser del tipo totalmente cerrado.

NOTA 1 - Para envolventes instaladas en lugares secos y mojados, véase 373-2(a).

NOTA 2 - Para interruptores automáticos instalados en lugares mojados, véase 380-4.

NOTA 3 - Para protección contra líquidos véase 430-11.

b) Métodos de alambrado. El motor eléctrico y el controlador deben estar conectados a un circuito protegido por un interruptor de circuito por falla a tierra.

680-27. Calefacción en el área del borde de la alberca. Las disposiciones de esta Sección aplican a todas las áreas del borde de la alberca, incluyendo albercas cubiertas, cuando las unidades de calefacción accionadas eléctricamente se instalen dentro de una distancia de 6 m de la pared interna desde alberca.

a) Unidades de calefacción. La unidad de calefacción debe fijarse sólidamente a la estructura y debe ser de tipo hermético o resguardado. La unidad de calefacción no debe montarse sobre la alberca o sobre un área de 1,5 m que se extienda horizontalmente desde la pared interna de la alberca.

b) Radiadores eléctricos permanentes. Los radiadores eléctricos deben estar adecuadamente resguardados y asegurados a su dispositivo de montaje. Los calentadores no deben ser instalados sobre la alberca o sobre una extensión de un área de 1,5 m medidos horizontalmente desde la pared interna de la alberca y deben ser montados a no menos de 3,7 m verticalmente por encima de la acera de la alberca, a menos que el equipo sea aprobado, para ubicarlo de otra manera.

c) Cables para calefactores no permitidos. No se permiten cables de calefactores empotrados, embebidos, en el borde de la alberca.

680-28. Bombas para alberca con doble aislamiento. En albercas de natación instaladas permanentemente, se permite que sean alimentadas con bombas aprobadas para conexión con cordón y clavija, las cuales deben incorporar un sistema de doble aislamiento que provea un medio de puesta a tierra solamente de las partes metálicas internas inaccesibles no conductoras de corriente eléctrica de la bomba.

C. Albercas desmontables

680-30. Bombas. Una bomba con filtro para alberca conectada por cordón, debe tener incorporado un sistema aprobado de doble aislamiento o su equivalente y debe estar provista con medios para la puesta a tierra solamente de las partes metálicas del aparato eléctrico, internas e inaccesibles, que no transporten corriente eléctrica. El medio de puesta a tierra debe ser un conductor instalado con los propios conductores de la fuente de alimentación en el cordón flexible, que esté adecuadamente terminado por una clavija con terminal de puesta a tierra.

680-31. Interruptores de circuitos por falla a tierra. Todo equipo eléctrico, incluyendo los cordones de alimentación, utilizado en albercas desmontables, debe protegerse con interruptores de circuito por falla a tierra.

NOTA - Cuando se utilicen cordones flexibles, véase 400-4.

680-32. Luminarios. Un luminario instalado en o sobre la pared de una alberca desmontable, debe ser del tipo conectado por cordón y clavija. Este aparato debe:

- 1) No tener partes metálicas expuestas.
- 2) Tener una lámpara que opere a 15 V o menos.
- 3) Tener la envolvente del transformador, lentes poliméricos resistentes al impacto y una cubierta porta-luminarios.
- 4) Tener un transformador que cumpla lo requerido en 680-5(a) con una tensión eléctrica en el primario de no más de 150 V.
- 5) Estar aprobados para tal propósito.

Excepción: Un luminario sin transformador y con lámpara que operen a no más de 150 V puede ser del tipo para conectar por medio de cordón y clavija si se cumple con lo siguiente:

- a. No tiene partes metálicas expuestas.
- b. Tiene lentes poliméricos resistentes al impacto.
- c. Está provisto de un interruptor de circuito por falla a tierra con protección de neutro abierto, como parte integral del conjunto.
- d. El luminario debe estar conectado permanentemente al interruptor de circuito por falla a tierra con protección de neutro abierto.
- e. Cumple con lo requerido en 680-20 (a).

f. Está aprobado para este propósito.

D. Fuentes de aguas termales y bañeras térmicas

680-40. Instalaciones exteriores. Las instalaciones exteriores de fuentes de aguas termales y bañeras, deben cumplir con las disposiciones de las Partes A y B de este Artículo.

Excepción 1: Cintas metálicas o abrazaderas usadas para asegurar los peldaños de madera no están incluidas en 680-22.

Excepción 2: Las unidades en conjunto pueden conectarse por medio de cordón y clavija, de longitud no mayor que 4,60 m si están protegidas por un interruptor de circuito por falla a tierra.

Excepción 3: Se permite la conexión de metal a metal de una estructura común o base.

Excepción 4: Las unidades empaquetadas que utilicen un panel de alumbrado y control remoto instalado en fábrica pueden ser conectadas por medio de tubo (conduit) flexible a prueba de líquidos de no más de 90 cm de longitud.

680-41. Instalaciones interiores. Las instalaciones interiores de una bañera térmica o de una fuente de aguas termales deben estar conformes con los requisitos de esta Parte y el método de alambrado, debe ser según lo indicado en el Capítulo 3.

Excepción: En las unidades en conjunto aprobadas, de capacidad nominal de 20 A o menor, se permite conectar por medio de cordón y clavija para facilitar la remoción o desconexión para mantenimiento y reparación.

a) Receptáculos

- 1) Al menos un receptáculo debe localizarse en el lugar a no menos de 1,5 m de la pared interna de la fuente de aguas termales o de la bañera térmica.
- 2) Los receptáculos de 120 V o 127 V localizados dentro de 3 m de la pared interna de la bañera térmica o de aguas termales, deben estar protegidos por un interruptor de circuito por falla a tierra.

NOTA- En la determinación de las dimensiones, la distancia medida es la línea más corta que el cordón de alimentación de un aparato eléctrico conectado al receptáculo, debe seguir sin penetrar un piso, pared o techo de una edificación u otra barrera fija.

- 3) Los receptáculos que suministran energía a la bañera térmica o a las fuentes termales deben tener un interruptor de circuito por falla a tierra.

b) Luminarios, salidas de luminarios y ventiladores de techo

- 1) Los luminarios, salidas para luminarios y ventiladores de techo localizados sobre fuentes de aguas termales o bañeras térmicas, ubicados dentro de 1,5 m medidos horizontalmente desde el interior de las paredes de las fuentes de aguas termales o bañeras térmicas, deben estar localizados por lo menos a 2,3 m sobre el nivel máximo del agua y deben estar protegidos con un interruptor de circuito por falla a tierra.

Excepción 1: Los luminarios, salidas para luminarios y ventiladores de techo a 3,6 m o más sobre el nivel del agua no requieren de un interruptor de circuito por falla a tierra.

Excepción 2: Se permite instalar a menos de 2,3 m sobre las fuentes aguas termales o bañeras térmicas, a los luminarios que cumplan los requisitos de (a) y (b) siguientes y que estén protegidos por un interruptor de circuito por falla a tierra,

- a. Los luminarios empotrados con un lente plástico o de vidrio y un borde no metálico o borde metálico separado eléctricamente, aprobados e identificados para usarse en lugares mojados.
- b. Los aparatos montados en la superficie con un globo plástico o de vidrio y un dispositivo no metálico para usarse en lugares mojados.
 - 2) Los aparatos de alumbrado subacuático deben cumplir con las disposiciones de la Parte B de esta Sección.
- c) **Desconectores de pared.** Los desconectores de pared deben estar localizados a no menos de 1,5 m medidos horizontalmente desde el interior de la pared de la fuente de aguas termales o de las bañeras térmicas.
- d) **Puentes de unión.** Las siguientes partes deben conectarse eléctricamente:

- 1) Todos los accesorios metálicos dentro o fijos a la estructura de la fuente de aguas termales o de la alberca térmica.
- 2) Partes metálicas de equipo eléctrico asociado al sistema de circulación del agua de la fuente de aguas termales y bañeras térmicas, incluyendo motores y bombas.
- 3) Canalizaciones metálicas y cañerías metálicas, dentro de 1,5 m del interior de la fuente de aguas termales o de las bañeras térmicas y que no estén separadas de la fuente de aguas termales o de las bañeras térmicas por una barrera permanente.
- 4) Todas las superficies metálicas que estén dentro de 1,5 m de la pared interna de la fuente de aguas termales o de las bañeras térmicas y que no estén separadas de éstas por una barrera permanente.

Excepción: Pequeñas superficies conductoras no susceptibles de energizarse tales como surtidores de aire, herrajes de desagüe, que no estén conectados a tubería metálica, toalleros, marcos de espejos y equipo no eléctrico.

- 5) Dispositivos y controles eléctricos no asociados con la fuente de aguas termales o con las bañeras térmicas deben ubicarse a 1,5 m o más, de las unidades que deben conectarse al sistema de la fuente de aguas termales y bañeras térmicas.
- e) **Métodos de conexión de puentes de unión.** Todas las partes metálicas asociadas con la fuente de aguas termales y bañeras térmicas deben conectarse por cualquiera de los siguientes métodos:
- 1) la conexión de tubería y accesorios metálicos roscados o de tubería metálica,
 - 2) montaje de metal a metal sobre una estructura o base común,
 - 3) por la provisión de un puente de unión de cobre aislado, cubierto o desnudo, no menor que 8,37 mm² (8 AWG).
- f) **Puesta a tierra.** El siguiente equipo debe tener conexión de puesta a tierra:
- 1) Todo equipo eléctrico localizado dentro de 1,5 m de la pared interior de la fuente de aguas termales o de las bañeras térmicas.
 - 2) Todo equipo eléctrico asociado al sistema de circulación del agua de la fuente de aguas termales o bañeras térmicas.
- g) **Método de puesta a tierra**
- 1) Todo equipo eléctrico debe ser puesto a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250 y conectado por un método de alambrado establecido en el Capítulo 3.
 - 2) Cuando el equipo se conecte con un cordón flexible, el conductor de puesta a tierra del equipo debe ser conectado a una parte metálica fija del conjunto.
- h) **Calentadores eléctricos de agua.** Todos los calentadores eléctricos para aguas termales o bañeras térmicas deben estar aprobados, tener los elementos de calefacción subdivididos en carga que no exceda 48 A y estar protegidos a no más de 60 A.

La capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito derivado y la capacidad o ajuste de los dispositivos de protección contra sobrecorriente, no debe ser menor que 125% del total de la carga de la capacidad nominal de la placa de datos.

- i) **Equipo de audio subacuático.** El equipo de audio subacuático debe cumplir con lo dispuesto en las Partes B o C de este Artículo.

680-42. Protección. Las salidas para conectar equipo eléctrico asociado con las bañeras térmicas deben estar protegidas por interruptores de circuito por falla a tierra.

E. Fuentes

680-50. Disposiciones generales. Las disposiciones de la Parte E deben aplicarse a todas las fuentes que están definidas en 680-4. Las fuentes que tienen agua común de una alberca deben cumplir con los requisitos para alberca de este Artículo.

Excepción: Las fuentes desmontables auto abastecidas con cualquier dimensión no mayor que 1,5 m no están cubiertas por la Parte E.

680-51. Luminario, bombas y otros equipos sumergibles

- a) **Interruptores de circuito por falla a tierra.** Debe instalarse un interruptor de circuito por falla a tierra en los circuitos derivados que alimenten a equipos de fuentes.

Excepción: No se requiere del interruptor de circuito por falla a tierra cuando el equipo opere a 15 V o menos y esté alimentado por un transformador que cumpla con lo indicado en 680-5 (a).

- b) **Tensión eléctrica de operación.** Todos los luminarios deben instalarse para operar a 150 V o menos entre conductores. Las bombas y equipos sumergibles deben operar a 300 V o menos entre conductores.
- c) **Lentes de luminarios.** Los luminarios deben instalarse con su parte superior por debajo del nivel de agua de la fuente, a menos que estén aprobados para ser colocados por encima. Un luminario dirigido hacia arriba debe tener su lente resguardada para impedir el contacto de cualquier persona.
- d) **Protección contra aumentos de temperatura.** El equipo eléctrico cuyo funcionamiento seguro depende de la condición de estar sumergido, debe estar protegido contra aumentos de temperatura por medio de un sistema de interrupción que opere cuando el nivel de agua descienda.
- e) **Alambrados.** El equipo debe estar provisto de entradas para tubo (conduit) roscado o para cordones flexibles adecuados. La longitud máxima de cordón expuesto dentro de la fuente debe estar limitada a 3 m. Los cordones que se prolonguen más allá del perímetro de la fuente, deben estar dentro de un ducto aprobado para alambrado. Las partes metálicas de equipo que estén en contacto con el agua deben ser de bronce o de otro metal aprobado como resistente a la corrosión.
- f) **Mantenimiento.** El equipo debe poder sacarse del agua para cambio de lámparas o para el mantenimiento normal. Los luminarios no deben estar permanentemente empotrados en la estructura de la fuente, de manera que sea necesario reducir el nivel del agua o sacarla enteramente para el cambio de lámparas, para mantenimiento o para inspección.
- g) **Estabilidad.** El equipo debe tener una estabilidad inherente o estar fijo en su sitio de manera segura.

680-52. Cajas de empalmes y otras envolventes

- a) **Disposiciones generales.** Las cajas de empalmes y otras envolventes que se utilicen para instalaciones que no sean subacuáticas, deben cumplir con lo indicado en 680-21(a)(1), (2) y (3) y (b) (c) y (d).
- b) **Cajas de empalmes u otras envolventes subacuáticas.** Las cajas de empalmes y otras envolventes subacuáticas deben ser herméticas al agua y:
- 1) Deben estar equipadas con entradas para tubo (conduit) roscado, o con conectores de compresión o sellos para la entrada de cordones,
 - 2) Deben ser de cobre, bronce u otro material resistente a la corrosión,
 - 3) Deben sellarse con un compuesto aprobado para prevenir la entrada de humedad,
 - 4) Deben estar firmemente fijadas a los soportes o directamente a la superficie de la fuente e interconectadas como está requerido. Cuando la caja de empalmes está soportada solamente por un tubo eléctrico, el tubo debe ser de cobre, bronce u otro material aprobado resistente a la corrosión. Cuando la caja esté unida a un tubo no metálico debe tener soportes adicionales y sujetadores de cobre, bronce u otro metal aprobado resistente a la corrosión.

NOTA - Véase 370-23 para soportes de envolventes.

680-53. Conexiones. Todos los sistemas de cañerías o tuberías metálicas asociadas con la fuente deben unirse sólidamente (puentes de unión) al conductor de puesta a tierra del equipo, del circuito derivado que alimenta a la fuente.

NOTA - Véase 250-95 para tamaño nominal de los conductores.

680-54. Puesta a tierra. El siguiente equipo debe estar puesto a tierra:

- 1) Todo equipo eléctrico localizado dentro de la fuente o hasta 1,5 m de distancia de la pared interna de la misma.
- 2) Todo equipo relacionado con el sistema de regulación de agua de la fuente.
- 3) Los paneles de alumbrado y control que no formen parte del equipo de acometida y que alimenten cualquier equipo eléctrico relacionado con la fuente.

680-55. Método de puesta a tierra

- a) **Disposiciones generales.** Las disposiciones indicadas en 680-25 deben aplicarse, excepto (e).
- b) **Alimentados por un cordón flexible.** El equipo eléctrico que esté alimentado por un cordón flexible debe tener todas las partes metálicas descubiertas y que no transportan corriente eléctrica puestas a tierra por medio de un conductor de cobre aislado, que sea parte integral del cordón. El conductor de puesta a tierra se debe conectar a una terminal de puesta a tierra en la caja de empalmes del alimentador, en la envolvente del transformador o en otra envolvente.

680-56. Equipo conectado por cordón y clavija

- a) **Interruptores de circuito por falla a tierra.** Todo equipo eléctrico, incluyendo los cordones de alimentación, debe estar protegido por un interruptor de circuito por falla a tierra.
- b) **Tipos de cordones.** Los cordones flexibles sumergidos o expuestos al agua, deben ser tipo pesado resistentes a este servicio, como se establece en la Tabla 400-4.
- c) **Sello.** El extremo del aislamiento y las terminales del cordón flexible del conductor dentro del equipo y su conexión a tierra, deben ser tratados de manera similar con un sellador para prevenir la entrada de agua y proteger estas conexiones de sus efectos dañinos dentro del equipo.
- d) **Terminales.** Las conexiones con cordón flexible deben ser permanentes, excepto cuando se usen clavijas y receptáculos del tipo de puesta a tierra para facilitar el retiro o desconexión de equipo fijo o estacionario para su mantenimiento, reparación o almacenamiento y cuando dichos dispositivos no estén ubicados en una parte de la fuente que contenga agua.

F. Albercas y bañeras para uso terapéutico

680-60. Disposiciones generales. Las disposiciones de la Parte F deben aplicarse a albercas y bañeras para uso terapéutico en lugares para el cuidado de la salud, gimnasios, salas de entrenamiento atlético y áreas similares. Véase Sección 517-3 para definición de cuidados de la salud. Los aparatos eléctricos terapéuticos móviles deben cumplir con el Artículo 422.

680-61. Albercas terapéuticas instaladas permanentemente. Las albercas terapéuticas instaladas a nivel del piso o sobre el piso en una edificación, de forma que no puedan ser fácilmente desmontadas, deben cumplir con las Partes A y B de este Artículo.

Excepción: Las limitaciones indicadas en 680-6(b)(1) y (2) no se aplican cuando el luminario es del tipo totalmente cerrado.

680-62. Bañeras terapéuticas (tanques hidroterapéuticos). Las bañeras terapéuticas usadas para la inmersión y tratamiento de pacientes que no se pueden mover fácilmente de un lugar a otro en uso normal, o aquellas que estén aseguradas de cualquier manera en un lugar específico, incluyendo sistemas de tubería asociados, deben estar en conformidad con esta Parte de la norma.

- a) **Interruptor de circuito por falla a tierra.** Todo equipo terapéutico debe estar protegido con un interruptor de circuito por falla a tierra.

Excepción: El equipo eléctrico terapéutico portátil debe cumplir con lo indicado en 250-45.

- b) **Puentes de unión.** Las siguientes partes deben ser conectadas eléctricamente entre sí:
 - 1) Todos los accesorios metálicos dentro o fijos a la estructura de la bañera.
 - 2) Partes metálicas de equipo eléctrico asociado con el sistema de circulación del agua de la bañera, incluyendo los motores de bombas.
 - 3) Cables con cubierta de metal, canalizaciones y tubería metálica que estén dentro de una distancia de 1,5 m desde la pared interna de la bañera y no separados de la bañera por una barrera permanente.
 - 4) Todas las superficies metálicas que estén dentro de una distancia de 1,5 m de la pared interna de la bañera y no separada de ésta por una barrera permanente.
 - 5) Los dispositivos y controles eléctricos no asociados a la bañera terapéutica deben estar alejados a un mínimo de 1,5 m de ésta, o se deben conectar al sistema de puentes de unión de bañeras terapéuticas.
- c) **Método de conexión de los puentes de unión.** Todas las partes metálicas asociadas con la bañera deben ser conectadas por alguno de los siguientes métodos:
 - 1) La conexión de tubería y accesorios metálicos roscados.
 - 2) En montajes de metal a metal sobre una estructura o base común.

- 3) Conexiones con empalmes metálicos adecuados tales como grapas y/o abrazaderas.
 - 4) Por medio de un puente de unión de cobre aislado o desnudo no menor que 8,37 mm² (8 AWG).
- d) **Puesta a tierra.** El siguiente equipo eléctrico debe tener conexión de puesta a tierra.
- 1) Todo equipo eléctrico localizado dentro de 1,5 m de las paredes internas de la bañera.
 - 2) Todo equipo eléctrico asociado al sistema de circulación de agua de la bañera.
- e) **Métodos de puesta a tierra**
- 1) Todo equipo eléctrico debe ser puesto a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250 y conectado por un método de alambrado de los indicados en el Capítulo 3.
 - 2) Cuando el equipo se conecte con un cordón flexible, los conductores de puesta a tierra del equipo deben estar conectados a una parte metálica fija del conjunto.
- f) **Receptáculos.** Todos los receptáculos dentro de 1,5 m alrededor de una bañera terapéutica deben protegerse con un interruptor de circuito por falla a tierra.
- g) **Luminarios.** Todos los luminarios usados en áreas de bañeras terapéuticas deben ser del tipo totalmente cerrado.

G. Bañeras de hidromasaje

680-70. Protección. Las bañeras de hidromasajes y sus componentes eléctricos asociados deben protegerse por medio de un interruptor de circuito por falla a tierra. Todos los receptáculos monofásicos de 120 y 127 V dentro de una distancia de 1,5 m de la pared interna de la bañera de hidromasaje deben estar protegidos por interruptor de circuito por falla a tierra.

680-71. Otro equipo eléctrico. Los luminarios, desconectores, receptáculos y otros equipos eléctrico ubicados en la misma sala y que no estén directamente asociados con una bañera de hidromasaje, se deben instalar de acuerdo con los requisitos de los Capítulos 1 a 4 de esta NOM, que cubren la instalación de ese equipo en los cuartos de baños.

ARTICULO 685-SISTEMAS ELECTRICOS INTEGRADOS

A. Disposiciones generales

685-1. Alcance. Este Artículo cubre sistemas eléctricos integrados, que no sean un conjunto, en los cuales sea necesaria una interrupción programada para lograr una operación segura. Un sistema eléctrico integrado como el indicado en este Artículo, es un segmento unitario de un sistema de alambrado industrial, cuando se cumplan todas las siguientes condiciones:

- 1) Cuando se requiera una interrupción programada para minimizar peligro a personas y daños a equipo.
- 2) Las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguran que sólo personas calificadas deben dar servicio al sistema.
- 3) Cuando se han establecido y mantenido salvaguardas efectivas.

685-2. Aplicación de otros Artículos. En casos particulares se aplican a la instalación de conductores y equipo, hay requisitos de interrupción programada que son complementarios de este Artículo o modificaciones de ellos, a saber:

Concepto	Sección
Coordinación de Sistemas Eléctricos	240-12
Desconexión	430-74 Excepciones 1 y 2
Más de una fuente de energía	430-113 Excepciones 1 y 2
Más de un edificio o estructura	225-8
Medios de desconexión	645-10 Excepción
Medios de desconexión a la vista desde el controlador	430-102 Excepción 2
Parada programada	430-44
Protección de conductores	240-3
Protección por falla a tierra del equipo	230-95, Excepción 1
Protección por falla a tierra del equipo	240-13, Excepción 1
Puesta a tierra de sistemas de 50 a 1 000 V c.a.	250-5(b) Excepción 3

Punto de conexión

705-12, Excepción 1

B. Interrupción programada

685-10. Ubicación del dispositivo de protección contra sobrecorriente en el local. La ubicación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente que son críticos en sistemas eléctricos integrados, debe estar en áreas accesibles, con alturas de montaje adecuadas que permitan una operación segura por personal no calificado.

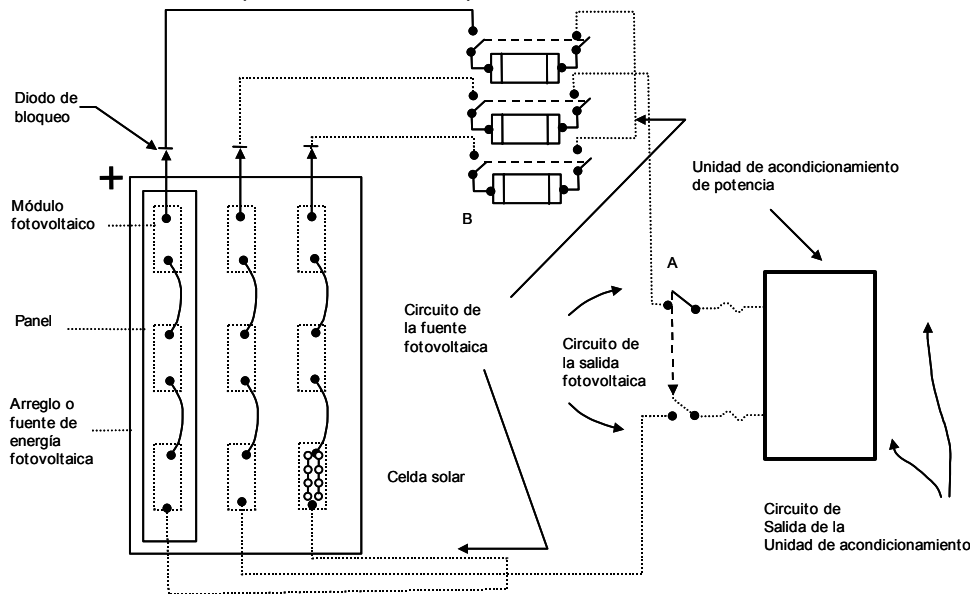
685-12. Puesta a tierra en sistemas de c.c. Se permite que los circuitos de c.c. de dos hilos no sean puestos a tierra.

685-14. Circuitos de control no puestos a tierra. Cuando se requiera una operación continua, se permite que los circuitos de control de 150 V o menos de sistemas derivados separados, no sean puestos a tierra.

ARTICULO 690-SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

A. Disposiciones generales

690-1. Alcance. Lo dispuesto en este Artículo se aplica a sistemas eléctricos de energía fotovoltaica incluyendo circuitos del sistema, unidades de acondicionamiento de potencia y controladores para tales sistemas. Los sistemas solares fotovoltaicos cubiertos por este Artículo pueden ser interactivos con otras fuentes de producción de energía eléctrica o autónomos, con o sin almacenamiento de energía eléctrica, como baterías. Estos sistemas pueden tener salidas para utilización en c.a. o c.c.



A: Medios de desconexión requeridos en 690-13.

B: Equipo permitido que debe estar en el lado de la fuente fotovoltaica de los medios de desconexión de dicha fuente, según se indica en la excepción 2 de 690-14. Véase 690-16

FIGURA 690-1 Sistema solar fotovoltaico

(Diagrama simplificado, no se muestra el circuito de puesta a tierra del sistema)

690-2. Definiciones

Celda solar fotovoltaica: El dispositivo fotovoltaico básico que genera energía eléctrica cuando es expuesto a la luz solar.

Circuito de la fuente fotovoltaica: Los conductores entre módulos y desde los módulos hasta el o los puntos de conexión común del sistema de c.c. Véase la Figura 690-1.

Circuito de salida fotovoltaica: Los conductores del circuito entre el o los circuitos de la fuente fotovoltaica y el inversor o el equipo de utilización de c.c. Véase la Figura 690-1.

Controlador de carga: Dispositivo que controla el régimen y la condición de carga de las baterías, protegiéndolas contra sobrecargas y descargas que excedan sus límites de operación normal.

Diodo de bloqueo: Un diodo usado para impedir el flujo inverso de corriente eléctrica hacia el circuito de la fuente fotovoltaica.

Fuente de energía fotovoltaica: Un sistema o agregado de sistemas, los cuales generan energía en c.c. a la tensión y corriente eléctricas del sistema.

Inversor: Equipo que es usado para cambiar el nivel de tensión eléctrica de la energía, su forma de onda o ambos. Usualmente un inversor (también conocido como unidad de acondicionamiento de potencia o sistema de conversión de potencia) es un dispositivo que cambia una entrada de c.c. a una salida de c.a.

Los inversores en sistemas autónomos pueden incluir también cargadores de baterías que toman la c.a. de una fuente auxiliar, como un generador, y la rectifican a c.c. para cargar baterías.

Inversor: Circuito de entrada: Los conductores entre el inversor y las baterías en un sistema autónomo o los conductores entre el inversor y los circuitos de salida fotovoltaica en sistemas interconectados a la red.

Inversor: Circuito de salida: Los conductores entre el inversor y el tablero de cargas de c.a. en un sistema autónomo, o los conductores entre el inversor y el equipo de acometida u otra fuente de producción de energía eléctrica tal como la compañía suministradora, en sistemas interconectados a la red. Véase la Figura 690-1.

Módulo: El ensamble completo más pequeño de celdas solares, protegido del ambiente, con su óptica y otros componentes excluyendo el dispositivo de seguimiento, diseñado para generar c.c. por la acción de la luz solar.

Panel: Un conjunto de módulos unidos mecánica y eléctricamente, diseñado para manejarse como una unidad instalable en campo.

Sistema: Un ensamble mecánicamente integrado de módulos o paneles con una estructura soporte y cimentación, seguimiento solar, control térmico, y otros componentes, según se requieran para formar una unidad de producción de energía en c.c.

Sistema autónomo: Un sistema solar fotovoltaico que abastece energía en forma independiente de otras fuentes de energía.

Sistema interactivo: Un sistema solar fotovoltaico que opera en paralelo con otra fuente de producción de energía eléctrica conectada a la misma carga y que puede estar diseñado para entregar energía a dicha fuente.

Para el propósito de esta definición, un subsistema de almacenamiento de energía de un sistema solar fotovoltaico, tal como una batería, no es otra fuente de producción de potencia eléctrica.

Sistema solar fotovoltaico: El total de componentes y subsistemas que, en combinación, convierten la energía solar en energía eléctrica apropiada para la conexión a una carga de utilización.

690-3. Otros Artículos. Cuando los requisitos de otros Artículos de esta norma y el Artículo 690 difieran, deben aplicarse los requisitos indicados en el Artículo 690. Los sistemas solares fotovoltaicos que operan como fuentes interconectadas de producción de energía deben instalarse de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 705.

690-4. Instalación

a) **Sistema Fotovoltaico.** Se permite que un sistema solar fotovoltaico suministre energía a una edificación u otra estructura, en adición a cualquier acometida de otros sistemas de suministro de energía eléctrica.

b) **Conductores de Sistemas Diferentes.** Los circuitos de la fuente fotovoltaica y los circuitos de salida fotovoltaica no deben estar contenidos en la misma canalización, charola, cables, cajas de salida o cajas de empalme o accesorios similares, junto con los circuitos alimentadores o derivados de otros sistemas.

Excepción: Cuando los conductores de diferentes sistemas están separados por una división o se conecten juntos.

c) **Conexiones de módulos.** Las conexiones a un módulo o panel deben estar dispuestas de tal manera que al remover un módulo o panel de un circuito de la fuente fotovoltaica no se interrumpa al conductor puesto a tierra de otro circuito de la fuente fotovoltaica.

- d) **Equipo.** Los inversores o motogeneradores deben estar aprobados e identificados para uso en sistemas fotovoltaicos.
- e) **Montaje de Módulos.** Cuando la estructura y los materiales de la edificación a la que suministra energía el sistema fotovoltaico no tengan la resistencia mecánica necesaria, los módulos deben montarse en una estructura independiente que les dé el soporte y la orientación necesarios, asegurando su adecuada ventilación. En todo caso, el cable de acometida entre el sistema fotovoltaico y la edificación debe quedar adecuadamente protegido contra posible daño físico.

690-5. Detección e interrupción de fallas a tierra. Los sistemas fotovoltaicos montados en techos de casas habitación deben tener protección contra fallas a tierra para reducir el riesgo de incendio.

El circuito de protección contra falla a tierra debe ser capaz de detectar una falla a tierra, interrumpiendo la trayectoria de la falla y desconectando el sistema.

B. Requisitos para los circuitos

690-7. Tensión eléctrica máxima

- a) **Capacidad de tensión eléctrica.** En una fuente de energía fotovoltaica y sus circuitos de c.c., la tensión eléctrica considerada debe ser la del circuito abierto especificada. Para instalaciones de tres hilos, incluyendo circuitos de dos hilos conectados a sistemas de tres hilos, la tensión eléctrica del sistema debe ser la más alta entre dos conductores.
- b) **Circuitos de utilización de c.c.** La tensión eléctrica de los circuitos de utilización de c.c debe de apegarse a lo indicado en 210-6.
- c) **Circuitos de la fuente y salida fotovoltaica.** Se permite operar hasta 600 V los circuitos de la fuente fotovoltaica y los circuitos de salida fotovoltaica que no incluyan portalámparas, ni artefactos para lámparas ni receptáculos.

Excepción: Para instalaciones que no sean viviendas para una o dos familias, se permiten sistemas de más de 600 V nominales, de acuerdo con lo indicado en el Artículo 710.

- d) **Circuitos a más de 150 V a tierra.** En casas habitación de una o 2 familias, las partes vivas de los circuitos de la fuente fotovoltaica y de los circuitos de salida fotovoltaica a más de 150 V a tierra no deben estar accesibles mientras están energizados, excepto a personal calificado.

NOTA - Véase 110-17 para la protección de partes vivas y 210-6 para la tensión eléctrica a tierra y entre conductores.

690-8. Dimensionamiento y capacidad de conducción de corriente eléctrica de los circuitos

- a) **Capacidad de conducción de corriente eléctrica y dispositivos de protección contra sobrecorriente.** La capacidad de conducción de corriente eléctrica de los conductores y la especificación o ajuste de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en un circuito de un sistema solar fotovoltaico no deben ser menores a 125% de la corriente eléctrica calculada de acuerdo al inciso (b) siguiente.

La especificación o ajuste de los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben estar de acuerdo con lo indicado en 240-3, (b) y (c).

Excepción: Los circuitos que contengan un ensamble cuyo conjunto de dispositivos de protección contra sobrecorriente están especificados para operación continua a 100% de su capacidad.

- b) **Cálculo de la corriente eléctrica de los circuitos.** La corriente eléctrica para cada circuito individual debe calcularse como sigue:
 - 1) **Circuitos de la fuente fotovoltaica.** La suma de la corriente eléctrica especificada de corto circuito de los módulos en paralelo.
 - 2) **Circuito de salida fotovoltaica.** La corriente eléctrica especificada de corto circuito de la fuente de energía fotovoltaica.
 - 3) **Circuito de salida del inversor.** La corriente eléctrica de salida especificada del inversor o de la unidad de acondicionamiento de potencia.

Excepción: Cuando no exista una fuente de energía externa que pueda ocasionar un regreso de corriente eléctrica, la capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito sin dispositivos de protección contra sobrecorriente no debe ser menor que la corriente eléctrica de cortocircuito.

- 4) **Circuito de entrada de un inversor autónomo.** La corriente eléctrica especificada de entrada del inversor autónomo cuando el inversor está produciendo su potencia especificada a la menor tensión eléctrica de entrada.
- c) **Sistemas con tensiones eléctricas múltiples de c.c.** En una fuente fotovoltaica que tiene múltiples tensiones eléctricas de salida y que emplea un conductor común de retorno, la capacidad de conducción de corriente del conductor de retorno no debe ser menor que la suma de las capacidades de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos individuales de salida.

690-9. Protección contra sobrecorriente

- a) **Circuitos y Equipos.** Los conductores y equipos del circuito de la fuente fotovoltaica, del circuito de la salida fotovoltaica, del circuito de salida de la unidad de acondicionamiento de potencia y del circuito de la batería de almacenamiento deben estar protegidos de acuerdo con los requisitos establecidos en el Artículo 240. Los circuitos conectados a más de una fuente de energía eléctrica deben tener dispositivos de protección contra sobrecorriente localizados de tal manera que brinden protección desde cualquiera de las fuentes.

NOTA - Un posible regreso de corriente eléctrica desde cualquiera de las fuentes de alimentación, incluyendo una alimentación a través de la unidad de acondicionamiento de potencia hacia el circuito de salida fotovoltaica y hacia los circuitos de la fuente fotovoltaica, deben considerarse para determinar si se está suministrando protección adecuada contra sobrecorriente, desde todas las fuentes hacia los conductores y módulos.

- b) **Transformadores.** Se debe suministrar protección contra sobrecorriente para un transformador con una o varias fuentes en cada lado del mismo, de acuerdo con lo indicado en 450-3, considerando como primario primero un lado del transformador y luego el otro lado.

Excepción: En un transformador que tenga una corriente eléctrica nominal en el lado conectado hacia la fuente de alimentación fotovoltaica no menor que la corriente eléctrica nominal de corto circuito de salida de la unidad de acondicionamiento de energía, se permite que no tenga protección contra sobrecorriente desde dicha fuente.

- c) **Circuitos de la fuente fotovoltaica.** Se permite que los dispositivos de protección contra sobrecorriente de circuitos derivados o suplementarios provean protección en circuitos de la fuente fotovoltaica. Los dispositivos de protección deben ser accesibles pero no es necesario que estén expuestos.
- d) **Capacidad en c.c.** Los dispositivos de protección contra sobrecorriente, empleados en cualquier porción en c.c. del sistema de energía fotovoltaica, ya sean fusibles o interruptores automáticos, deben estar aprobados para uso en circuitos de c.c. y deben tener las capacidades apropiadas de tensión y corriente eléctricas y de interrupción.

C. Medios de desconexión

690-13. Todos los conductores. Se deben proveer los medios para desconectar todos los conductores que lleven corriente eléctrica de una fuente de energía fotovoltaica de todos los otros conductores en un edificio u otra estructura.

Excepción: Cuando una conexión del circuito de puesta a tierra no está diseñada para ser automáticamente interrumpida como parte del sistema de protección contra falla a tierra requerida en 690-5, un desconectador o un interruptor automático usado como medio de desconexión no debe tener un polo conectado al conductor de tierra.

NOTA - El conductor de puesta a tierra puede tener algún medio de desconexión para permitir el mantenimiento o reparación por personal calificado.

690-14. Disposiciones adicionales. Las disposiciones establecidas en el Artículo 230, Parte F deben aplicarse a los medios de desconexión de la fuente de alimentación fotovoltaica.

Excepción No. 1: No se requiere que los medios de desconexión sean adecuados para equipo de acometida y deben ser especificados de acuerdo con lo indicado en 690-17.

Excepción No. 2: Se permiten equipos tales como desconectores de aislamiento del circuito de la fuente fotovoltaica, dispositivos de protección contra sobrecorriente y diodos de bloqueo en el lado de la fuente de energía fotovoltaica donde están los medios de desconexión de la misma.

690-15. Desconexión de equipo fotovoltaico. Deben proveerse medios para desconectar equipos tales como inversores, baterías, controladores de carga y similares, de todos los conductores no puestos a tierra de

todas las fuentes. Si el equipo está energizado por más de una fuente, los medios de desconexión deben ser agrupados e identificados.

690-16. Fusibles. Deben proveerse medios para desconectar un fusible de todas las fuentes de alimentación si aquél está energizado por ambas direcciones y está accesible a personal no calificado. Dicho fusible, en un circuito de fuente fotovoltaica, debe poder desconectarse independientemente de los fusibles de otros circuitos de la fuente fotovoltaica.

690-17. Desconectores o interruptores automáticos. Los medios de desconexión para conductores no puestos a tierra consisten de uno o varios desconectores o interruptores automáticos:

- (1) localizados en un lugar accesible fácilmente
- (2) operables externamente sin exponer al operador al contacto con partes vivas
- (3) indicando claramente si está en la posición cerrado o abierto, y

(4) deben tener una corriente de interrupción suficiente para la corriente y tensión eléctricas que puede estar disponible en las terminales de línea del equipo. Se debe fijar un letrero de precaución adyacente a los medios de desconexión cuando todas sus terminales puedan estar energizadas en la posición de abierto. El letrero de precaución debe ser claramente legible y tener la siguiente leyenda:

**“PRECAUCION-CHOQUE ELECTRICO-NO TOCAR-TERMINALES
ENERGIZADAS EN POSICION DE ABIERTO”.**

Excepción: Un medio de desconexión localizado en el lado de c.c. puede tener una corriente de interrupción menor que la capacidad de conducción de corriente eléctrica del sistema, cuando el sistema está diseñado de tal manera que el desconector de c.c. no pueda ser abierto bajo carga.

690-18. Deshabilitación de un sistema. Deben proveerse medios para deshabilitar un sistema o porciones del mismo.

NOTA- Los módulos fotovoltaicos están energizados mientras están expuestos a la luz. La instalación, reemplazo o servicio de componentes del sistema mientras uno o varios módulos están siendo irradiados puede exponer a las personas a un choque eléctrico.

D. Métodos de alambrado

690-31. Métodos permitidos

- a) **Sistemas de alambrado.** Se permiten todos los métodos de canalización y alambrado de cables incluidos en esta norma y otros sistemas de alambrado y accesorios específicamente destinados e identificados para uso en arreglos fotovoltaicos. Cuando se usen dispositivos de alambrado con envolventes integrales, se debe proveer suficiente longitud de cable para facilitar el reemplazo.
- b) **Cable con conductor dúplex.** Se permite cable tipo TWD-UV en circuitos de la fuente fotovoltaica, cuando se instalen a la intemperie y expuestos a los rayos del Sol. Véanse el Artículo 338 y la Tabla 310-13.

NOTA: Para información sobre el uso de cables aislados en circuitos de fuentes fotovoltaicas, véase la nota de 310-13.

- c) **Cables y cordones flexibles.** Cuando se usen cables y cordones flexibles para conectar las partes móviles de seguidores solares, se debe cumplir con lo indicado en el Artículo 400 y deben ser cordones para uso extra rudo Tipos ST, SO o W, adecuados para uso en intemperie y resistentes al agua y a la luz del Sol. La capacidad de conducción de corriente debe estar de acuerdo con lo indicado en 400-5.

Para temperaturas ambiente que excedan de 30°C, la capacidad de conducción de corriente debe reducirse con los factores dados en la Tabla 690-31(c).

TABLA 690-31(c).- Factores de corrección

Temperatura ambiente °C	Temperatura máxima de operación del conductor		
	60°C	75°C	90°C
30	1,0	1,0	1,0
31-35	0,91	0,94	0,96

36-40	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76

- d) **Cables con conductores pequeños.** Se permiten cables monoconductores de tamaño nominal de 1,31 mm² (16 AWG) y 0,824 mm² (18 AWG) aprobados para uso en intemperie y que sean resistentes a la luz del Sol y al agua, para conexiones de módulos cuando esos cables cumplen con los requerimientos de capacidad de conducción de corriente indicados en 690-8. Se debe referir a 310-15 para determinar la capacidad de conducción de corriente y los factores de corrección por temperatura de los cables.

690-32. Conexión de componentes. Cuando estén aprobados para ese uso, se permiten, accesorios y conectores destinados a quedar ocultos al momento del ensamble en el sitio para la conexión de módulos u otros componentes de los sistemas. Tales accesorios y conectores deben ser adecuados en aislamiento, elevación de temperatura y tolerancia a las corrientes eléctricas de falla al método de alambrado empleado, y deben ser capaces de resistir los efectos del ambiente en que se usen.

690-33. Clavijas o conectores. Los conectores permitidos en 690-32 deben cumplir con lo indicado en los incisos siguientes:

- a) **Configuración.** Los conectores deben ser polarizados y tener una configuración que no sea intercambiable con receptáculos de otros sistemas eléctricos del usuario.
- b) **Protección.** Los conectores deben estar contruidos de forma que protejan a las personas del contacto inadvertido con partes vivas.
- c) **Tipo.** Los conectores deben ser de tipo de cierre o seguro.
- d) **Elemento de Puesta a Tierra.** El elemento de puesta a tierra del conector acoplable debe ser el primero en hacer contacto y el último en romperlo.
- e) **Interrupción del Circuito.** Los conectores deben ser capaces de interrumpir la corriente eléctrica del circuito sin peligro para el operador.

690-34. Acceso a cajas. Las cajas de empalme, de paso y de salida localizadas atrás de los módulos o paneles deben instalarse de forma que el alambrado contenido en ellas pueda hacerse accesible directamente o desplazando uno o varios módulos o paneles montados por fijaciones removibles y conectados por un sistema de alambrado flexible.

E. Puesta a tierra

690-41. Puesta a tierra del sistema. Para una fuente de energía fotovoltaica, un conductor de un sistema de dos conductores especificado a más de 50 V o un conductor neutro de un sistema de tres conductores, deben ser puestos a tierra sólidamente.

Excepción: Se permiten otros métodos que logren un sistema de protección equivalente y que utilicen equipo aprobado e identificado para tal uso.

NOTA - Véase la primera nota en 250-1.

690-42. Punto de conexión de la puesta a tierra del sistema. La conexión de puesta a tierra del circuito de c.c. debe hacerse en un solo punto del circuito de salida fotovoltaica.

NOTA - El sistema queda mejor protegido contra transitorios de sobretensiones por descargas eléctricas atmosféricas si el punto de conexión de puesta a tierra se localiza tan cerca de la fuente fotovoltaica como sea posible.

690-43. Puesta a tierra del equipo. Las partes metálicas de los marcos de los módulos, del equipo y de las envolventes de conductores que no lleven corriente eléctrica, deben ser puestas a tierra sin importar la tensión eléctrica.

690-44. Sistema de electrodo de puesta a tierra. Debe proveerse un sistema de electrodo de puesta a tierra de acuerdo con lo indicado en 250-81 a 250-86.

690-45. Tamaño nominal del conductor de puesta a tierra del equipo. En sistemas donde la corriente eléctrica de corto circuito disponible de la fuente fotovoltaica sea menor que dos veces la corriente eléctrica especificada del dispositivo de protección contra sobrecorriente, el conductor de puesta a tierra del equipo, no debe ser de menor tamaño nominal al requerido para los conductores del circuito.

En cualquier otro sistema, el conductor de puesta a tierra debe ser calculado de acuerdo con lo indicado en 250-95.

F. Marcado

690-51. Módulos. Los módulos deben marcarse con identificación de las terminales o cables de salida, en cuanto a su polaridad, a la especificación del dispositivo de protección contra sobrecorriente máxima, y con la especificación de: (1) tensión eléctrica de circuito abierto (2) tensión eléctrica de operación (3) tensión eléctrica máxima permisible del sistema (4) corriente eléctrica de operación (5) corriente eléctrica de corto circuito y (6) potencia máxima.

690-52. Fuente de energía fotovoltaica. El instalador debe marcar en el sitio, en un lugar accesible en los medios de desconexión de la fuente de energía fotovoltaica, las especificaciones de:

- (1) corriente eléctrica de operación
- (2) tensión eléctrica de operación
- (3) tensión eléctrica de circuito abierto, y
- (4) corriente eléctrica de cortocircuito de la misma fuente.

NOTA - Cuando se utilicen sistemas reflejantes para aumentar la irradiación se debe considerar en el marcado el incremento resultante de los niveles de corriente eléctrica y potencia de salida.

G. Interconexión a otras fuentes de energía

690-61. Pérdida de la tensión eléctrica del sistema. La salida de potencia de la unidad de acondicionamiento de energía en un sistema solar fotovoltaico que es interactivo con otro u otros sistemas eléctricos debe ser automáticamente desconectada de todos los conductores no puestos a tierra de tales sistemas eléctricos al perderse la tensión eléctrica en dichos sistemas y no debe reconectarse a los sistemas eléctricos hasta que aquélla sea restablecida.

NOTA - Para otras fuentes interconectadas de producción de energía eléctrica véase el Artículo 705.

Se permite operar un sistema solar fotovoltaico normalmente interactivo como sistema autónomo para suministro de energía eléctrica a una edificación.

690-62. Capacidad del conductor neutro puesto a tierra. Si una unidad de acondicionamiento de energía monofásica, dos hilos, se conecta al neutro puesto a tierra y a un solo conductor de fase de un sistema de tres hilos o a un sistema trifásico estrella de cuatro hilos, la suma de la carga máxima conectada entre el neutro puesto a tierra y cualquier conductor de fase, más la capacidad de salida de la unidad de acondicionamiento de energía, no debe exceder la capacidad de conducción de corriente del conductor neutro puesto a tierra.

690-63. Conexiones desbalanceadas

- a) **Monofásicas.** La salida de una unidad de acondicionamiento de energía monofásica no debe ser conectada a un servicio eléctrico de tres fases, tres o cuatro hilos, derivado directamente de un transformador con conexión delta.
- b) **Trifásicas.** Una unidad trifásica de acondicionamiento de energía debe ser desconectada automáticamente de todos los conductores de fase del sistema interconectado cuando se abra una de las fases de cualquier fuente.

Excepción para (a) y (b): Cuando el diseño del sistema interconectado es tal que no resulten tensiones eléctricas desbalanceadas significativas.

690-64. Punto de interconexión. La salida de una fuente de producción de energía debe ser interconectada como se especifica en los incisos siguientes:

NOTA - Para los propósitos de esta Sección una fuente de producción de energía se considera como: (1) la salida de una unidad de acondicionamiento de energía cuando esté conectada a una fuente de electricidad de c.a. (2) el circuito de salida fotovoltaica cuando sea interactivo con una fuente de c.c.

- a) **Lado del suministro.** Se debe interconectar al lado del suministro de los medios de desconexión de la acometida como se permite en la Excepción 6 de 230-82.
- b) **Lado de la demanda.** Se debe interconectar al lado de la demanda de los medios de desconexión de la acometida de las otras fuentes, si se cumplen las siguientes condiciones:
- 1) Cada una de las conexiones de las fuentes deben ser hechas a un interruptor automático o a un medio de desconexión de fusibles destinado para ello.
 - 2) La suma de las capacidades de corriente eléctrica de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en los circuitos que suministran energía a una barra de conexiones o a un conductor no debe exceder la capacidad de la barra de conexiones o del conductor.

Excepción: Para una casa habitación, la suma de las capacidades de los dispositivos de protección contra sobrecorriente no deben exceder de 120% la capacidad de la barra de conexiones o del conductor.

- 3) El punto de conexión debe estar en el lado de la línea de todos los equipos de protección contra falla a tierra.

Excepción: Se permiten conexiones en el lado de la demanda de la protección contra falla a tierra, si se provee una protección contra falla a tierra para el equipo hacia las posibles fuentes de corriente eléctrica de falla a tierra.

- 4) Los equipos que contengan dispositivos de protección contra sobrecorriente en circuitos que suministran energía a una barra de conexiones o a un conductor deben marcarse para indicar la presencia de todas las fuentes.

Excepción: Los equipos con energía suministrada desde un solo punto de conexión.

- 5) Los equipos como interruptores automáticos, si son retroalimentados deben identificarse para tal operación.

H. Baterías de acumuladores

690-71. Instalación

- a) **General.** Las baterías de acumuladores en un sistema solar fotovoltaico deben instalarse de acuerdo con lo previsto en el Artículo 480.

Excepción: Lo previsto en 690-73.

b) Casas-Habitación

- 1) Las baterías para casas-habitación deben tener las celdas conectadas de forma que operen a menos de 50 V.

Excepción: Cuando las partes vivas no estén accesibles durante el mantenimiento rutinario de las baterías, se permite una tensión eléctrica del sistema de baterías de acuerdo con lo indicado en 690-7.

- 2) Las partes vivas de sistemas de baterías para casas-habitación deben estar protegidas para evitar el contacto accidental por personas u objetos sin importar la tensión eléctrica o tipo de batería.

NOTA - Las baterías en sistemas solares fotovoltaicos están sujetas a ciclos extensos de carga - descarga y típicamente requieren de mantenimiento frecuente, como la verificación del electrolito y la limpieza de las conexiones.

- c) **Limitación de corriente eléctrica.** Se debe instalar un dispositivo adecuado de limitación de sobrecorriente en cada circuito adyacente a las baterías, cuando la corriente eléctrica de cortocircuito de la batería o del banco de baterías exceda la corriente de interrupción o de soporte de otros equipos en dicho circuito. La instalación de fusibles limitadores de corriente eléctrica deben cumplir con lo indicado en 690-16.

690-72. Estado de carga. Debe proveerse equipo para controlar el estado de carga de la batería. Todos los medios de ajuste para controlar el estado de carga de la batería deben ser accesibles solamente a personal calificado.

Excepción: Cuando el diseño de la fuente de energía fotovoltaica cumple con los requisitos de capacidad de tensión y corriente eléctricas de carga de las celdas de batería interconectadas.

El controlador de carga en los sistemas fotovoltaicos para electrificación de casas-habitación debe operar en forma automática.

690-73. Puesta a tierra. Las celdas de baterías interconectadas pueden considerarse puestas a tierra cuando la fuente de energía fotovoltaica se instala de acuerdo a la Excepción de 690-41.

690-74. Conexiones de batería. Se permite el uso de cables flexibles dentro de la envolvente de las baterías, como se identifican en el Artículo 400, de tamaño nominal de 67,4 mm² (2/0 AWG) y mayores, desde las terminales de la batería a una caja de empalmes cercana, donde deben conectarse por un método adecuado. Se permiten también cables flexibles entre baterías y celdas dentro de la envolvente de baterías. Los cables deben estar aprobados para uso rudo y ser resistentes al ácido y humedad.

ARTICULO 695-BOMBAS CONTRA INCENDIOS

695-1. Alcance

a) **Alcance.** Este Artículo cubre la instalación de:

- 1) Las fuentes de energía de suministro y circuitos de conexión para las bombas, y
- 2) Equipo de interrupción y control de los motores de las bombas.

b) **Exclusiones.** Este Artículo no cubre:

- 1) El funcionamiento, mantenimiento y pruebas de aceptación de las instalaciones de bombas contra incendios, ni de las conexiones internas de los componentes de dichas instalaciones.
- 2) Bombas de mantenimiento de presión (auxiliares o de cebado).

695-2. Otros Artículos. La instalación de los cables y equipos para bombas contra incendios debe cumplir lo establecido en los Capítulos 1 a 4 de esta norma.

NOTA: Véase 240-3 a).

Excepción: Las que se permitan en este Artículo.

695-3. Fuentes de suministro de los motores de bombas contra incendios

a) La corriente eléctrica debe llegar a los motores eléctricos de bombas contra incendios a través de uno o más de los siguientes medios:

- 1) **Acometida.** Cuando el motor reciba energía desde una acometida, debe estar situado e instalado de modo que se reduzcan al mínimo los riesgos de daño por los incendios producidos en el interior del edificio o por otros riesgos.
- 2) **Generadores internos.** Cuando el motor reciba energía de generadores instalados en el edificio, éstos deben estar protegidos de modo que se reduzcan al mínimo los riesgos de daños por los incendios producidos.

b) Si el motor recibe la energía de otra acometida o de una conexión situada en un punto anterior al medio de desconexión de la acometida, la instalación debe cumplir lo siguiente:

- 1) Excepción 1 de 230-2.
- 2) 230-72(b).
- 3) Excepción 5 de 230-82.

Cuando el motor reciba corriente eléctrica de una conexión situada en un punto anterior al medio de desconexión de la acometida, dicha conexión no debe estar situada en el mismo compartimento en el que esté instalado el medio de desconexión.

c) Los conductores de conexión deben conectar directamente la fuente de suministro a un controlador aprobado para bombas contra incendios.

Excepción 1: Se permite instalar un medio de desconexión y uno o más dispositivos de protección contra sobrecorriente entre la fuente de suministro y el controlador aprobado. Dicho medio de desconexión y dispositivo o dispositivos de sobrecorriente deben cumplir los siguientes requisitos:

a. Los dispositivos de sobrecorriente se deben elegir o programar de modo que soporten indefinidamente la suma de las corrientes eléctricas a rotor bloqueado, de todos los motores de las

bombas contra incendios y de las bombas auxiliares, más la capacidad de corriente eléctrica a plena carga de todos los accesorios eléctricos de las bombas que estén conectados a dicha fuente de suministro.

NOTA: Véase 240-3 a).

- b. Los medios de desconexión deben estar aprobados como adecuados para su uso como equipo de la acometida y se deben poder bloquear en posición cerrada.
- c. En la parte exterior del medio de desconexión se debe instalar una placa con el mensaje "Medio de desconexión de la bomba contra incendios", en letras de 2,5 cm de alto como mínimo.
- d. Al lado del controlador de la bomba contra incendios se debe instalar otra placa que indique la posición del medio de desconexión y lugar de la llave, si el medio la requiere.
- e. El medio de desconexión se debe poder supervisar en posición cerrada por uno de los medios siguientes:
 - 1. Por medio de un dispositivo de señales conectado a un puesto central, un puesto remoto o de otro tipo especial.
 - 2. Por medio de un sistema de señales que avise a través de una señal sonora producida en un lugar con vigilancia constante.
 - 3. Bloqueándolo en su posición cerrada.
 - 4. Cuando el medio de desconexión esté situado en locales cercados o en edificios supervisados por el propietario, instalando una forma de sellado en el medio de desconexión e inspeccionándolo semanalmente.

Excepción 2: Cuando la tensión eléctrica de suministro sea distinta a la del motor de la bomba, se debe instalar un transformador que cumpla los requisitos indicados en 695-5 y un medio de desconexión y uno o varios dispositivos de protección contra sobrecorriente que cumplan los requisitos de la Excepción 1 anterior.

695-4. Bombas contra incendios con varias fuentes de suministro

- a) **Varias fuentes de suministro.** Cuando no sea posible disponer de una fuente de suministro eléctrico confiable según se establece en 695-3(a), esto se debe conseguir por medio de:
 - (1) la combinación de dos o más de los medios anteriormente descritos, o
 - (2) con uno o más de esos medios y un grupo generador en el sitio. Las fuentes de suministro se deben conectar de modo que un incendio en una de ellas no impida que funcionen las demás.
- b) **Conexión directa.** Los conductores de suministro deben conectar directamente las fuentes de suministro a una combinación aprobada de controlador de bomba y desconectador de transferencia o a un medio de desconexión y a uno o más dispositivos de protección contra sobrecorriente que cumplan los requisitos indicados en la Excepción 1 de 695-3(c).

Excepción: Cuando una de las fuentes alternativas de suministro sea un grupo generador instalado en el edificio, el medio de desconexión y los dispositivos de sobrecorriente de dichos conductores se deben elegir o programar para que permitan la transferencia instantánea y el funcionamiento de todos los motores de las bombas.

695-5. Transformadores

- a) **Capacidad admisible.** Cuando se utilice un transformador exclusivamente para una instalación de bombas contra incendios, su capacidad nominal debe ser como mínimo 125% de la siguiente cantidad:
 - 1) La corriente eléctrica a plena carga de todos los motores de las bombas, más
 - 2) La corriente eléctrica a plena carga de todos los motores de las bombas auxiliares que estén conectados al mismo circuito, más
 - 3) La corriente eléctrica a plena carga de todos los demás accesorios de las bombas que estén conectados al mismo circuito.

NOTA: Para la selección de las corrientes a plena carga de los motores, véase lo establecido en la Sección 430-6.

b) Protección contra sobrecorriente

- 1) No se permite instalar protección contra sobrecorriente en el secundario.
- 2) Se permite seleccionar o programar el dispositivo de protección contra sobrecorriente del primario a 600% de la corriente eléctrica nominal a plena carga del transformador. Ese valor debe bastar para transportar indefinidamente una corriente eléctrica equivalente a la del secundario del transformador, es decir, la suma de:
 - a. La corriente eléctrica a rotor bloqueado de todos los motores de las bombas.
 - b. La corriente eléctrica a rotor bloqueado de todos los motores de las bombas auxiliares que estén conectados al mismo circuito.
 - c. La corriente eléctrica a plena carga de todos los demás accesorios de las bombas que estén conectados al mismo circuito.

NOTA: Los motores deben ser de diseño B y para las corrientes a rotor bloqueado de los motores de 3,75 kW (5 CP) tomar la letra de código J, para 5,60 kW y 7,50 kW (7,5 CP y 10 CP) la letra de código H y para 11,2 kW (15 CP) y mayores, la letra de código G, ver las tablas 430-7 b) y 430-151b), para referencias

695-7. Ubicación del equipo

- a) **Ubicación de los controladores y del desconectador de transferencia.** Los controladores de los motores eléctricos de las bombas y de los desconectores de transferencia, deben estar situados lo más cerca posible de los motores que controlan y a la vista de ellos.
- b) **Ubicación de los controladores de otros motores.** Los controladores de los demás motores eléctricos deben estar situados lo más cerca posible de los motores que controlan y a la vista de ellos.
- c) **Almacenamiento de baterías.** Las baterías de los motores diesel deben estar en un estante sobre el suelo, o bien sujetas y situadas donde no estén expuestas a temperatura excesiva, vibraciones, daño mecánico o al agua.
- d) **Partes energizadas de equipo.** Todas las partes de equipo que puedan estar energizadas deben estar situadas a 30 cm como mínimo sobre el nivel del suelo.
- e) **Controladores y desconectores de transferencia.** Los controladores de motores y los desconectores de transferencia deben estar situados o protegidos para que no les llegue el agua procedente de las bombas o de sus conexiones.
- f) **Equipo de mando.** Todos los equipos de control de las bombas contra incendios deben estar sujetos a estructuras de material no combustible.

695-8. Alambrado

- a) **Conductores de suministro.** Los conductores de suministro deben instalarse por la parte exterior de las construcciones y tratarse como conductores de la acometida, de acuerdo con las disposiciones del Artículo 230 de esta norma. Cuando no puedan instalarse por fuera del edificio, se permite instalarlos por dentro, siempre que estén enterrados o encerrados bajo concreto de un espesor mínimo de 50 mm, como lo establece el Artículo 230.

Excepción 1: Se permite que los conductores de suministro de las bombas contra incendios a los que se refiere la Excepción 1 de 695-3(c), pasen a través del edificio si están conectados a sistemas de protección aprobados con clasificación a prueba de flama de una hora como mínimo. Esas instalaciones deben cumplir las limitaciones establecidas para la aprobación de dichos sistemas.

Excepción 2: Los conductores de suministro que haya en el cuarto de distribución del que se deriven y el cuarto de máquinas de las bombas.

- b) **Métodos de alambrado.** Todos los cables que vayan desde los controladores de los motores de las bombas hasta dichos motores, deben instalarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, metálico flexible a prueba de líquidos o ser cables de Tipo MI.
- c) **Conductores.** Los conductores deben estar protegidos solamente contra cortocircuito según se permita o exija en lo siguiente:
 - 1) Excepción 4 de 230-90(a)

- 2) Excepción de 230-94
- 3) Excepción 2 de 230-95
- 4) Sección 230-208.
- 5) Sección 240-3(a).
- 6) Excepción 2 de 240-13
- 7) Sección 430-31.
- 8) Excepción 4 de 430-72(b)
- 9) Excepción 5 de 430-72(c).

Excepción: Los conductores entre las baterías y el motor.

- d) **Controladores de las bombas contra incendios.** Los controladores de las bombas contra incendios no se deben usar como cajas de empalmes para conectar a otro equipo. Tampoco se deben conectar a los controladores de las bombas contra incendios, los conductores de suministro de las bombas auxiliares.
- e) **Tensión eléctrica en las terminales de la red.** Cuando se pongan en marcha los motores, la tensión eléctrica de las terminales de la red en el control no debe caer más de 15% por debajo de su valor normal (tensión eléctrica nominal del controlador). Cuando el motor funcione a 115% de su corriente eléctrica a plena carga, la tensión eléctrica en las terminales del motor no debe caer más de 5% de la tensión eléctrica nominal del motor.

Excepción: Esta limitación no se aplica a la puesta en marcha de emergencia por medios mecánicos.

- f) **Requisitos de alambrado.** Todos los cables entre los controladores de los motores y las baterías, se deben instalar siguiendo las instrucciones del fabricante del motor y del controlador. Estos cables deben protegerse contra daño físico.

695-9. Cables de control

- a) **Circuitos conectados exteriormente a los controladores.** Los circuitos externos de control deben instalarse de manera que la falta de uno de ellos (circuito abierto o cortocircuito) no impida el funcionamiento de la bomba por otros medios internos o externos. La apertura, desconexión, cortocircuito o corte de corriente eléctrica en estos circuitos, pueden hacer que la bomba siga funcionando continuamente, pero no deben impedir que el controlador o controladores pongan en marcha la bomba por causas distintas a estos circuitos externos de control.
- b) **Instalación de sensores.** No se deben instalar sensores de baja tensión eléctrica, de pérdida de fase, de cambios de frecuencia u otros que impidan automática o manualmente el funcionamiento del circuito del motor.
- c) **Dispositivos remotos.** No se deben instalar dispositivos remotos que impidan el funcionamiento automático del desconectador de transferencia.
- d) **Alambrado en el sitio.** Todos los conductores entre el controlador y el motor no eléctrico, deben ser cableados y tener una capacidad de conducción de corriente que les permita transportar continuamente toda la carga o corriente eléctrica de control necesaria, según las instrucciones del fabricante del controlador. Los cables deben estar protegidos contra daño físico. En cuanto a la separación y tamaño nominal de los cables, se deben seguir las instrucciones del fabricante del control.
- e) **Métodos de alambrado.** Todos los cables de control de los motores eléctricos de bombas contra incendios deben ir instalados en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, metálico flexible a prueba de líquidos, o ser cables de Tipo MI.

4.7 CONDICIONES ESPECIALES**CAPITULO 7****ARTICULO 700-SISTEMAS DE EMERGENCIA****A. Disposiciones generales**

700-1. Alcance. Los requisitos de este Artículo se aplican a la seguridad eléctrica de la instalación, para la operación y mantenimiento de los sistemas de emergencia constituidos por circuitos y equipos, destinados para alimentar, distribuir y controlar la energía eléctrica para iluminación o energía, o ambos, cuando se interrumpe el suministro eléctrico normal de energía eléctrica.

Los sistemas de emergencia son aquéllos requeridos por Ley y clasificados como emergentes por reglamentaciones, decretos o legislaciones federales o municipales vigentes. Estos sistemas son utilizados para suministrar automáticamente iluminación o energía, o ambos, áreas y equipos en caso de falla del suministro normal de energía eléctrica, o en caso de accidente en los componentes de un sistema destinado para suministrar, distribuir y controlar la energía y alumbrado esenciales para la seguridad de la vida humana.

NOTA 1: Para más información sobre los requisitos en instalaciones para áreas de atención a la salud, véase el Artículo 517.

NOTA 2: Para más información sobre el desempeño y mantenimiento de sistemas de emergencia en instalaciones para áreas de atención a la salud, véase Apéndice B2.

NOTA 3: Los sistemas de emergencia son generalmente instalados en lugares de reunión donde la iluminación artificial es necesaria para asegurar la salida o para controlar el pánico en edificios de concentración de personas, tales como hoteles, teatros, canchas deportivas, centros comerciales, áreas de atención a la salud o lugares similares. Los sistemas de emergencia también pueden suministrar energía para funciones como ventilación cuando sea esencial para la seguridad de la vida humana, sistemas de alarmas y detección de incendios, elevadores, bombas para equipo contra incendio, sistemas de comunicación de seguridad pública, procesos industriales, donde la interrupción de la corriente podría producir serios peligros para la seguridad de la vida humana o riesgos para la salud, y otras funciones similares.

NOTA 4: Para la especificación sobre los lugares donde los sistemas de emergencia se consideran esenciales para la seguridad de la vida humana, véase el Apéndice B2.

NOTA 5: Para más información sobre desempeño de sistemas de emergencia y de reserva, véase el Apéndice B2.

700-2. Otros artículos aplicables. Los sistemas de emergencia deben cumplir con las disposiciones aplicables de esta norma, excepto lo modificado por este Artículo.

700-3. Aprobación del equipo. Todo equipo utilizado en los sistemas de emergencia debe estar aprobado para este uso.

700-4. Pruebas y mantenimiento

a) Realización o verificación de la prueba. Debe realizarse o verificarse una prueba con carga del sistema completo al instalarse, y después periódicamente.

b) Pruebas periódicas. Los sistemas deben probarse periódicamente bajo un programa, para asegurar que el sistema se mantiene en condiciones de funcionamiento apropiadas.

c) Mantenimiento de sistemas de baterías. Donde haya sistemas de baterías o unidades de equipo, incluyendo los acumuladores utilizados para el arranque, control o ignición de máquinas auxiliares, debe requerirse un mantenimiento periódico.

d) Registros escritos o bitácora. Debe mantenerse un registro o bitácora de todas las pruebas y trabajos de mantenimiento.

e) Prueba con carga. Debe proveerse de medios para probar todos los sistemas de emergencia de alumbrado y energía, durante las condiciones de carga máxima previstas.

700-5. Capacidad del sistema

a) Capacidad y régimen. Un sistema de emergencia debe tener la capacidad y régimen adecuado para que puedan funcionar simultáneamente con todas las cargas. El equipo del sistema de emergencia debe ser adecuado para soportar la máxima corriente eléctrica de falla disponible en sus terminales.

b) Sistema selectivo de carga y desconexión de carga. Se permite que la fuente de energía alterna suministre a los sistemas de emergencia, sistemas de reserva legalmente requeridos y a los de reserva opcional, cuando se proporcione una selección automática de la carga al arranque y desconexión de carga de la forma necesaria para garantizar suministro adecuado para:

- (1) los circuitos de emergencia;
- (2) los circuitos de reserva legalmente exigidos;
- (3) los circuitos de reserva opcionales, en este orden de prioridad.

Siempre que se cumplan las condiciones anteriores, se permite utilizar la fuente de alimentación alterna para limitar los picos de carga. Para efectos de satisfacción de los requisitos de prueba de acuerdo con la Sección 700-4 (b), se permite la operación de limitación de picos de carga, siempre que se cumplan todas las demás disposiciones de la Sección 700-4. Cuando el generador de emergencia esté fuera de servicio para mantenimiento o reparaciones mayores, debe haber una fuente alternativa de energía eléctrica, portátil o provisional.

700-6. Equipo de transferencia

a) El equipo de transferencia, incluyendo los desconectadores automáticos de transferencia, debe ser automático, estar identificado para uso en emergencia y aprobado. El equipo de transferencia, debe diseñarse e instalarse para prevenir la conexión inadvertida de las fuentes de alimentación normal y de emergencia, al realizar cualquier manipulación del equipo de transferencia.

b) Se permite el uso de medios para conectar en derivación y aislar físicamente el equipo de transferencia. Cuando se utilicen desconectadores de aislamiento para hacer las derivaciones, debe evitarse el funcionamiento inadvertido en paralelo.

c) Los desconectadores de transferencia automática deben operarse eléctricamente y retenerse mecánicamente.

(d) El equipo de transferencia debe alimentar sólo a cargas de emergencia.

700-7. Señalización. Siempre que sea posible deben instalarse dispositivos de señalización audible y visual, para los propósitos siguientes:

a) Avería. Para indicar avería de la fuente de emergencia.

b) Alimentación de carga. Para indicar que la batería o el generador están funcionando con carga.

c) No funcionando. Para indicar que el cargador de batería no está funcionando.

d) Falla a tierra. Para indicar una falla a tierra en sistemas en estrella puestos a tierra, de más de 150 V a tierra y con dispositivos de protección de circuitos para corriente nominal de 1 000 A o mayor. El sensor para los dispositivos de señalización de falla a tierra debe estar ubicado en el medio de desconexión del sistema principal para la fuente de emergencia o antes de éste, y su ajuste máximo del dispositivo de señalización para la corriente de falla a tierra debe ser de 1 200 A. Debe colocarse lo más cerca posible en el lugar del sensor, las instrucciones que deben seguirse, en caso de producirse una falla a tierra.

NOTA: Para información adicional sobre los avisos de los grupos generadores véase el apéndice B2.

700-8. Avisos

a) Fuentes de emergencia. Debe colocarse un aviso en el equipo de entrada de la acometida, que indique el tipo y la ubicación de las fuentes de emergencia.

Excepción: No es necesario instalar avisos en los equipos unitarios individuales, como se indica en 700-12 (e).

b) Puesta a tierra. Cuando el conductor del circuito puesto a tierra conectado a la fuente de emergencia se conecte al conductor del electrodo de puesta a tierra en un lugar remoto de la fuente de emergencia, cerca del electrodo debe haber un aviso que identifique las fuentes normales y de emergencia que estén conectadas a ese conductor.

B. Alambrado de circuitos

700-9. Alambrado del sistema de emergencia

a) Identificación. Todas las cajas y envolventes de los circuitos de emergencia (incluyendo desconectadores de transferencia, generadores y tableros de distribución) deben marcarse permanentemente de forma que puedan identificarse fácilmente como pertenecientes a un sistema o circuito de emergencia.

b) Alambrado. A menos que se permita otra cosa en los incisos siguientes (1) a (4), el alambrado desde la fuente de emergencia o desde la protección contra sobrecorriente de la fuente del sistema de distribución de emergencia hasta las cargas del sistema de emergencia, debe mantenerse completamente independiente de cualquier otro alambrado y equipos. Se permite el alambrado de dos o más circuitos de emergencia alimentados por la misma fuente en la misma canalización, cable, caja o gabinete.

(1) En las envolventes de los equipos de transferencia se permite ubicar el alambrado de la fuente de alimentación normal.

(2) Se permite alambrado alimentado desde dos fuentes en los accesorios de alumbrado de las salidas o de emergencia.

(3) En una caja de empalme común, unida a accesorios de alumbrado de las salidas o de emergencia, se permite alambrado alimentado desde dos fuentes.

(4) Se permite el alambrado, en una caja de empalme común unida a un equipo unitario, y que contenga únicamente el circuito derivado que alimenta ese equipo y el circuito de emergencia alimentado por el mismo.

(c) Diseño y ubicación del alambrado. Los circuitos del alambrado de emergencia deben diseñarse y ubicarse de modo que se reduzcan al mínimo los riesgos de falla por inundaciones, incendios, congelamiento, vandalismo y otras condiciones adversas.

d) Protección contra incendios. En los inmuebles donde pueda haber más de 1 000 personas o en edificios que tengan más de 23 m de altura y que estén dedicadas a cualquiera de las actividades siguientes: reuniones, educativas, comerciales o de oficinas, viviendas, residencial, negocios, centros de detención y correccionales, los sistemas de emergencia deben cumplir además los requisitos siguientes:

- 1) El alambrado del circuito alimentador deben cumplir con una de las condiciones siguientes:
 - a) Estar instalado en edificios totalmente protegidos por sistemas automáticos de protección contra incendios aprobados.
 - b) Sistema de protección del circuito eléctrico, con una resistencia nominal al fuego de mínimo una hora, aprobado.
 - c) Estar protegido por un sistema de barrera térmica certificado para componentes eléctricos del sistema.
 - d) Estar protegido mediante un ensamble de resistencia nominal al fuego mínima de 1 h.
 - e) Encontrarse embebido en mínimo 50 mm de concreto.
 - f) Ser un cable aprobado para mantener la integridad del circuito durante mínimo 1 h al instalarse de acuerdo con los requisitos de la certificación.
- 2) El equipo para el circuito alimentador (incluidos los desconectores de transferencia, transformadores, tableros de distribución, y similares) debe instalarse en espacios totalmente protegidos por sistemas automáticos de protección contra incendios (rociadores automáticos, sistemas de dióxido de carbono, entre otros) o debe formar una instalación protegida con una clasificación resistente al fuego de 1 h.

NOTA: Para información adicional sobre la definición de la clase de inmueble, véase apéndice B2.

C. Fuentes de alimentación

700-12. Requisitos generales. El suministro de energía debe ser tal que, en caso de falla del suministro normal al edificio o grupo de edificios, el alumbrado, la energía de emergencia o ambos, estén disponibles dentro del tiempo requerido para tal aplicación, que en todo caso, no debe exceder de 10 s. El sistema de suministro para fines de emergencia, adicional a los servicios normales del inmueble, puede comprender uno o más de los tipos señalados en los incisos (a) hasta (d) siguientes. El equipo unitario que esté de acuerdo con lo indicado en 700-12 (e), debe cumplir con los requisitos aplicables de ese Artículo.

En la selección de la fuente de alimentación para emergencia, debe tenerse en cuenta el tipo de actividad desarrollada en el edificio y el tipo de servicio que haya que prestar; si es de corta duración, como para la evacuación de un teatro, o de larga duración, como suministrar el alumbrado y la alimentación de emergencia durante un periodo indefinido de tiempo debido a una falla producida dentro o fuera de un edificio.

Los equipos se deben diseñar y ubicar de modo que se reduzcan al mínimo los riesgos que pueden causar fallas totales de los mismos, debidas a inundaciones, incendios, congelamiento o vandalismo.

En lugares de reunión en las que pueda haber más de 1 000 personas o en edificios que tengan más de 23 m de altura y que estén dedicadas a cualquiera de las actividades siguientes: reuniones, educativas, residenciales, detención y correccionales, comerciales o de oficinas, viviendas, negocios o centros de rehabilitación; los equipo de las fuentes de alimentación, tales como se describen en los siguientes incisos (a) a (d), deben instalarse en espacios totalmente protegidos por sistemas automáticos de protección contra incendios aprobados (rociadores automáticos, sistemas de dióxido de carbono, y similares) o en espacios con resistencia al fuego de 1h.

NOTA: La asignación del grado de confiabilidad del sistema de suministro de alimentación de emergencia, depende de una evaluación de las variables de cada instalación en particular.

- a) **Baterías.** Las baterías utilizadas como fuente de alimentación para sistemas de emergencia deben ser de régimen y capacidad para suministrar y mantener la carga total, durante un periodo de por lo menos 1,5 h, sin que la tensión eléctrica aplicada a la carga caiga por debajo de 87,5% de lo normal.

Las baterías, ya sean de tipo ácido o alcalino, deben diseñarse y construirse para servicio de emergencia y ser compatibles con el tipo de cargador que se haya instalado en ese sistema particular.

Para las baterías selladas (que no requieren mantenimiento), no se necesita que la caja sea transparente. Sin embargo, las baterías de tipo plomo-ácido, que necesitan añadirles agua, deben proveerse de cajas transparentes o translúcidas. No deben utilizarse baterías de uso automotor.

La instalación debe contar con un medio de carga automática de las baterías.

b) Grupo generador

- 1) Un grupo generador accionado por una fuente primaria y su capacidad debe estar de acuerdo con 700-5. Debe proveerse los medios necesarios para el arranque automático de la fuerza primaria en una falla en el servicio normal y para la transferencia y operación automática de todos los circuitos eléctricos requeridos. Debe proveerse un dispositivo con ajuste mínimo de tiempo de 15 min para impedir la retransferencia en caso de restablecimiento, en un corto tiempo del suministro normal.
- 2) Cuando se empleen motores de combustión interna como la fuente primaria, debe instalarse un sistema de alimentación de combustible en el sitio, provisto con un suministro de combustible en el mismo predio, suficiente para que el sistema de emergencia pueda funcionar a plena carga durante 2 h como mínimo. Cuando se requiera alimentación eléctrica para la operación de las bombas de transferencia de combustible a fin de suministrar combustible al tanque de alimentación directa del grupo generador, dichas bombas deben conectarse al sistema de alimentación de emergencia.
- 3) Las fuentes primarias no deben depender exclusivamente de las redes públicas de suministro de gas para su provisión de combustible, ni de la red municipal de agua para sus sistemas de refrigeración. Si se utilizan sistemas de doble alimentación de combustible, deben instalarse medios de transferencia automática de un sistema a otro.

Excepción: Se permite el uso adicional de combustible del servicio público que no esté en el sitio, cuando exista una baja probabilidad de falla simultánea del combustible suministrado externamente y el suministro de energía eléctrica.

- 4) Cuando se utilicen baterías para los circuitos de control o de señalización o como medios de arranque para la fuente primaria, deben adecuarse para ese fin y estar equipadas con un medio automático de carga independiente del grupo generador. Cuando requiera un cargador de baterías para la operación de un grupo generador, dicho cargador debe conectarse al sistema de emergencia. Cuando se requiera potencia para la operación de las compuertas empleadas para ventilar el grupo generador, dichas compuertas deben conectarse al sistema de emergencia.
 - 5) Deben aceptarse los grupos generadores que tarden más de 10 s para generar potencia, siempre que se instale una fuente auxiliar de alimentación, que energice el sistema de emergencia hasta que el generador pueda tomar la carga.
- c) **Sistemas de alimentación ininterrumpible.** Los sistemas de alimentación ininterrumpible (UPS), utilizadas para suministrar energía a sistemas de emergencia, deben cumplir con lo establecido en 700-12 (a) y (b).

- d) Acometida independiente.** Cuando lo acepte la empresa suministradora, se permite instalar una acometida eléctrica independiente para uso de emergencia. Esta acometida puede ser aérea o subterránea, y debe cumplir con lo establecido en el Artículo 230, separada tanto eléctrica como físicamente de la acometida del servicio normal, con el objeto de disminuir al mínimo la posibilidad de una interrupción simultánea del suministro.
- e) Equipo unitario.** El equipo unitario individual para alumbrado de emergencia debe estar conformado por lo siguiente:
- (1) una batería recargable;
 - (2) los medios para la carga de la batería;
 - (3) la instalación para una o más lámparas montadas en el equipo y, opcionalmente, terminales para lámparas remotas; y
 - (4) un relevador para energizar automáticamente a las lámparas, al fallar el suministro normal al equipo unitario.

La batería debe ser de características nominales y capacidad suficiente para alimentar y mantener como mínimo de 87,5% de la tensión eléctrica nominal de la batería, para la carga total de las lámparas asociadas a la unidad durante un periodo mínimo de 1,5 h, o el equipo unitario deben alimentar y mantener un mínimo del 60% del alumbrado inicial de emergencia por un periodo de 1,5 h como mínimo. Las baterías del tipo ácido o alcalino deben diseñarse y fabricarse para el servicio de emergencia.

El equipo unitario debe estar fijo permanentemente en su lugar (no-portátiles), y todo el alumbrado que vaya a cada unidad debe estar instalado de acuerdo con los requisitos de alguno de los métodos de alumbrado descritos en el Capítulo 3. Las conexiones con cordón flexible y clavija pueden usarse, siempre que la longitud del cordón no sea mayor que 1 m. El circuito derivado que alimenta al equipo unitario debe ser el mismo circuito derivado que alimenta al alumbrado normal del área, estar claramente identificado en el tablero de distribución y debe estar conectado antes de cualquier interruptor. En el tablero de distribución debe identificarse claramente cuál es el circuito derivado que alimenta al equipo unitario. Los luminarios de emergencia que reciban su alimentación de un equipo unitario y que no formen parte de él, deben estar alumbrados al equipo unitario como se indica en 700-9 y por uno de los métodos indicados en el Capítulo 3.

Excepción: En un área separada y sin divisiones, con un mínimo de tres circuitos de alumbrado normal, se permite instalar un circuito derivado separado para equipos unitarios, si éste se origina desde el mismo tablero de alumbrado y control que los circuitos normales de alumbrado y que esté provisto de un dispositivo de bloqueo.

D. Circuitos de emergencia para alumbrado y fuerza

700-15. Cargas en circuitos derivados de emergencia. A los circuitos de alumbrado de emergencia no deben conectarse aparatos eléctricos ni lámparas que no sean los especificados como necesarios para su utilización en estos servicios.

700-16. Alumbrado de emergencia. El alumbrado de emergencia debe incluir todos los medios necesarios para el alumbrado de las salidas, las señales indicadoras de las salidas y todas las demás luces específicas necesarias para conseguir un alumbrado adecuado.

Los sistemas de alumbrado de emergencia deben diseñarse e instalarse de forma que la falla de un elemento cualquiera del alumbrado, como es el caso de una lámpara fundida, no pueda dejar en total oscuridad al área que requieran alumbrado de emergencia.

En sistemas de alumbrado con lámparas de descarga de alta intensidad, como de vapor de sodio, vapor de mercurio y aditivos metálicos, de alta y baja presión, que constituyen la única fuente de alumbrado normal, el sistema de alumbrado de emergencia debe estar diseñado para que funcione por un tiempo adicional, hasta que el alumbrado normal se restaure.

Excepción: Se permiten, otros medios alternativos, que aseguren que el nivel de alumbrado de emergencia se mantenga mientras se restaura el sistema normal.

700-17. Circuitos para alumbrado de emergencia. Los circuitos derivados de alumbrado de emergencia deben instalarse de forma que reciban el suministro de una fuente de energía, como se indica en 700-12, cuando se interrumpe el suministro de alumbrado normal. El suministro debe obtenerse por alguno de los medios siguientes:

- (1) de una fuente de energía independiente del sistema general de alumbrado, provista con el equipo necesario para la transferencia automática, cuando falle el suministro normal; o

(2) dos o más sistemas separados y completos con fuentes de suministro independientes de tal manera que cada uno produzca corriente suficiente para el alumbrado de emergencia.

A menos que se utilicen ambos sistemas para el alumbrado regular y se mantengan encendidos simultáneamente, debe instalarse un medio que encienda automáticamente cualquiera de los sistemas cuando falle el otro. Si los circuitos de iluminación de emergencia están instalados de acuerdo con las disposiciones generales de otras secciones de este Artículo, se permite que uno o los dos sistemas formen parte del sistema de alumbrado general de la instalación protegida.

700-18. Circuitos para energía de emergencia. Los circuitos derivados que alimenten equipo clasificado como de emergencia, deben contar con una fuente de alimentación a la cual pueda transferirse automáticamente la carga de esos equipos cuando falle el suministro normal.

E. Control de los circuitos del alumbrado de emergencia

700-20. Requisitos para los desconectores. El desconector o desconectores instalados en los circuitos de alumbrado de emergencia deben instalarse de forma tal que solamente personas autorizadas tengan acceso al control del alumbrado de emergencia.

Excepción 1: Cuando dos o más desconectores de una vía estén conectados en paralelo para controlar un solo circuito, por lo menos uno de estos desconectores debe ser accesible solamente a personas autorizadas.

Excepción 2: Se permiten desconectores adicionales que puedan solamente encender el alumbrado de emergencia, pero no para apagarlos.

No deben instalarse desconectores conectados en serie ni de 3 o 4 vías.

700-21. Localización de los desconectores. Todos los desconectores manuales que controlen circuitos de emergencia, deben ubicarse en lugares accesibles a las personas autorizadas responsables de su control. En lugares de reunión, como es el caso de un cine o teatro, debe ubicarse un desconector para controlar el alumbrado de emergencia instalado en el vestíbulo o en un lugar fácilmente accesible desde el mismo.

En ningún caso los interruptores del alumbrado de emergencia de un cine, teatro o lugar de reunión se deben instalar en la cabina de proyección, ni en el escenario ni en el estrado.

Excepción: Cuando se instalen desconectores múltiples, se permite que uno de ellos esté ubicado en dichos lugares, dispuestos de forma que solamente puedan energizar al circuito, pero no lo puedan desenergizar.

700-22. Alumbrado exterior. Se permite que el alumbrado exterior de un edificio, que no se requiera para iluminar cuando haya suficiente luz de día, se puede controlar por medio de un dispositivo automático activado por la luz de día.

F. Protección contra sobrecorriente

700-25. Accesibilidad. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados en circuitos de emergencia, deben ser accesibles solamente a personas calificadas.

NOTA - Si en los circuitos de emergencia se instalan fusibles e interruptores automáticos, coordinados de modo que se despejen selectivamente las corrientes de falla, se incrementa la confiabilidad general del sistema.

700-26. Protección por falla a tierra del equipo. La fuente alterna de los sistemas de emergencia no requiere protección por falla a tierra del equipo con medios de desconexión automática. La indicación de un dispositivo por falla a tierra, debe instalarse según lo establecido en 700-7(d) para la fuente de emergencia.

ARTICULO 701-SISTEMAS DE RESERVA LEGALMENTE REQUERIDOS

A. Disposiciones generales

701-1. Alcance. Las disposiciones de este Artículo se aplican a la seguridad eléctrica de la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de reserva legalmente requeridos, constituidos por circuitos y equipos destinados a alimentar, distribuir y controlar la energía eléctrica para las instalaciones exigidas de alumbrado, fuerza o ambas, cuando es interrumpido el suministro normal de energía eléctrica.

Los sistemas a que se refiere este Artículo son únicamente aquellos que están instalados permanentemente, en su totalidad, incluida la fuente de alimentación.

NOTA: Para más información sobre el funcionamiento de los sistemas eléctricos de emergencia y de reserva, véase Apéndice B2.

701-2. Sistemas de reserva legalmente requeridos. Los sistemas de reserva legalmente requeridos son aquellos sistemas exigidos y clasificados por leyes municipales, estatales, departamentales o nacionales o por otras regulaciones o por otro organismo gubernamental competente. Estos sistemas tienen por objeto suministrar automáticamente energía de alimentación a cargas seleccionadas (diferentes a las clasificadas como de emergencia), en el caso de falla de la fuente del suministro normal.

NOTA - Los sistemas de reserva legalmente requeridos, son aquellos que se instalan normalmente para servir cargas tales como: sistemas de calefacción y refrigeración, sistemas de comunicaciones, sistemas de ventilación y extracción de humo, sistemas de drenaje, sistemas de alumbrado y procesos industriales que, en el caso de falla del suministro normal de energía eléctrica, pueden ocasionar riesgos o dificultar las operaciones de extinción de incendios y de rescate.

701-3. Aplicación de otros Artículos. A excepción de lo modificado en este Artículo, los sistemas de reserva legalmente requeridos deben cumplir con otras disposiciones de esta norma.

701-4. Aprobación de equipo. Todo equipo instalado en estos sistemas debe estar aprobado para este uso específico.

701-5. Pruebas y mantenimiento para sistemas de reserva legalmente requeridos

- a) **Realización o verificación de la prueba.** Debe realizarse o verificarse una prueba del sistema completo al instalarse.
- b) **Pruebas periódicas.** Los sistemas de reserva legalmente exigidos deben probarse periódicamente, bajo un programa, con objeto de asegurar que los sistemas mantienen las condiciones de funcionamiento apropiadas.
- c) **Mantenimiento de sistemas de baterías.** Donde haya sistemas de baterías, incluyendo los acumuladores utilizados para el arranque, control o ignición de máquinas auxiliares, debe requerirse un mantenimiento periódico.
- d) **Registros escritos o bitácora.** Debe mantenerse un registro escrito o bitácora de todas las pruebas y trabajos de mantenimiento.
- e) **Pruebas con carga.** Deben proveerse de medios para probar todos los sistemas de reserva legalmente requeridos, durante las condiciones de carga máxima previstas.

701-6. Capacidad y régimen. Un sistema de reserva legalmente requerido debe tener la capacidad y régimen adecuado para que puedan funcionar simultáneamente con todas las cargas. Los equipos del sistema de reserva legalmente requeridos deben ser adecuados para soportar la máxima corriente eléctrica de falla disponible en sus terminales.

Se permite que la fuente de energía alterna suministre a los sistemas de reserva legalmente requerido y las cargas del sistema de reserva opcionales, cuando se proporcione una selección automática de la carga al arranque y desconexión de carga de la forma necesaria para garantizar el suministro adecuado al sistema de reserva legalmente requerido.

701-7. Equipo de transferencia

a) El equipo de transferencia, incluyendo los desconectores automáticos de transferencia, debe ser automático estar identificado para uso como equipo de reserva. El equipo de transferencia, debe diseñarse e instalarse para prevenir la inadvertida de las fuentes de alimentación normal y de reserva al realizar cualquier manipulación de dicho equipo de transferencia.

b) Se permite el uso de medios para conectar en derivación y aislar físicamente el equipo del equipo de transferencia. Cuando se utilicen desconectores de aislamiento para hacer las derivaciones, debe evitarse el funcionamiento inadvertido en paralelo.

(c) Los desconectores de transferencia automática deben operarse eléctricamente y retenerse mecánicamente.

701-8. Señalización. Siempre que sea posible deben instalarse dispositivos de señalización audible y visual para los propósitos siguientes:

- a) **Avería.** Para indicar avería del sistema de reserva.
- b) **Alimentación de carga.** Para indicar que la fuente de reserva está funcionando con carga.
- c) **No funcionando.** Para indicar que el cargador de batería no está funcionando.

NOTA: Para más información sobre las señales de los grupos generadores véase, Apéndice B2.

701-9. Avisos

- a) **Equipo de reserva obligatorio.** Debe colocarse un aviso en la entrada de acometida, que indique el tipo y la ubicación de las fuentes de alimentación de reserva legalmente requeridas.

Excepción: No es necesario instalar avisos en los equipos unitarios individuales, como se indica en la Sección 701-11(f).

- b) **Puesta a tierra.** Cuando el conductor del circuito puesto a tierra conectado a la fuente de reserva se conecte al conductor del electrodo de puesta a tierra en un lugar remoto de la fuente de emergencia, cerca del electrodo debe haber un aviso que identifique las fuentes normales y de emergencia que estén conectadas a ese conductor.

B. Alambrado de circuitos

701-10. Alambrado de los sistemas de reserva legalmente requeridos. Se permite que el alambrado de los sistemas de reserva legalmente requeridos ocupe las mismas canalizaciones, cables, cajas y gabinetes junto con otro alambrado general.

C. Fuentes de alimentación

701-11. Sistemas de reserva legalmente requeridos. El suministro de energía debe ser tal que, en caso de falla del suministro normal al edificio o grupo de edificios, el alumbrado o la energía del sistema de reserva legalmente requerido, está disponible dentro del tiempo requerido para tal aplicación, que en todo caso, no debe exceder de 60 s. El sistema de suministro para los sistemas de reserva legalmente requeridos, adicional a los servicios normales del inmueble, puede comprender uno o más de los sistemas señalados en los incisos (a) hasta (e) siguientes. El equipo unitario que esté de acuerdo con lo indicado en 701-11(f) debe cumplir con los requisitos de ese Artículo.

En la selección de la fuente de alimentación para sistemas de reserva legalmente requeridos, debe tenerse en cuenta el tipo de actividad desarrollada en el edificio y el tipo de servicio que haya que prestar, por ejemplo si es de corta o larga duración.

Los equipos se deben diseñar y ubicar de modo que reduzcan al mínimo los riesgos que pueden causar las fallas totales del sistema debidas a inundaciones, incendios, formación de hielo o vandalismo.

NOTA - La asignación del grado de confiabilidad del sistema de reserva legalmente requerido, depende de una cuidadosa evaluación de las variables de cada instalación en particular.

- a) **Baterías.** Las baterías utilizadas como fuente de alimentación para sistemas de reserva legalmente requeridos, deben ser de régimen y capacidad adecuados para suministrar y mantener la carga total de los circuitos que suministran alimentación de reserva legalmente requerida, sin que la tensión caiga a menos del 87,5% de la tensión del sistema, durante 1,5 h como mínimo.

Las baterías, ya sean de tipo ácido o alcalino, deben diseñarse y construirse de modo tal que cumplan los requisitos del servicio de emergencia, y deben ser compatibles con el tipo de cargador que haya instalado en ese sistema en particular.

Para las baterías selladas (que no requieren mantenimiento), no se necesita que la caja sea transparente. Sin embargo, las baterías de tipo plomo-ácido que necesitan añadirles agua, deben proveerse de cajas transparentes o translúcidas. No deben utilizarse baterías de uso automotor.

La instalación debe contar con un medio de carga automático de las baterías.

b) Grupo generador

- 1) Un grupo generador accionado por una fuente primaria y su capacidad, debe estar de acuerdo lo indicado en 701-6. Debe proveerse los medios necesarios para el arranque automático de la fuerza primaria cuando falle el suministro normal y para la transferencia y operación automática de todos los circuitos eléctricos requeridos. Debe proveerse un dispositivo con ajuste mínimo de tiempo de 15 min para impedir la retransferencia en caso de restablecimiento, en un corto tiempo del suministro normal.
- 2) Cuando se empleen motores de combustión interna como fuerza primaria, debe instalarse un sistema de alimentación de combustibles en el mismo predio, suficiente para que el sistema de reserva pueda funcionar a plena carga durante 2 h como mínimo. Cuando se requiera alimentación eléctrica para la operación de las bombas de transferencia de combustible a fin de suministrar combustible al tanque de alimentación directa del grupo generador, dichas bombas deben conectarse al sistema de alimentación de emergencia.

- 3) La fuerza primaria no debe depender exclusivamente del servicio público para su alimentación de gas para su provisión de combustible, ni de la fuente pública de agua para el enfriamiento del sistema. Si se utilizan sistemas de doble alimentación de combustible, deben instalarse medios para transferir automáticamente de un suministro de combustible a otro.

Excepción: Se permite el uso adicional de combustible del servicio público que no esté en el sitio, cuando exista una baja probabilidad de falla simultánea del sistema de suministro externo de combustible.

- 4) Cuando se utilicen baterías para los circuitos de control o de señalización o como medios de arranque para la fuente primaria, deben adecuarse para ese fin y estar equipadas con un medio automático de carga independiente del grupo generador. Cuando requiera un cargador de baterías para la operación de un grupo generador, dicho cargador debe conectarse al sistema de emergencia. Cuando se requiera potencia para la operación de las compuertas empleadas para ventilar el grupo generador, dichas compuertas deben conectarse al sistema de emergencia.
- c) **Sistemas de alimentación ininterrumpible.** Los sistemas de alimentación ininterrumpible (UPS) utilizadas para suministrar energía a los sistemas de reserva legalmente requeridos, deben cumplir con lo establecido en 701-11 (a) y (b).
- d) **Acometida independiente.** Cuando lo acepte la empresa suministradora, se permite instalar una acometida eléctrica independiente para uso de emergencia. Esta acometida puede ser aérea o subterránea y debe cumplir con lo establecido en el Artículo 230, separada tanto eléctrica como físicamente de la acometida del servicio normal, con el objeto de disminuir al mínimo la posibilidad de una interrupción simultánea del suministro.
- e) **Conexión antes de los medios de desconexión de la acometida.** Cuando lo permita la empresa suministradora, se permiten conexiones antes de los medios de desconexión de la acometida normal, pero no en el mismo medio. La acometida de reserva legalmente requerida debe estar suficientemente separada de los medios de desconexión de la acometida normal, para evitar la interrupción simultánea del suministro, debido a una falla dentro del edificio o grupo de edificios afectados.

NOTA: Para mayor información sobre equipo permitido en el lado de alimentación de los medios de desconexión de la acometida, véase 230-82.

- f) **Equipo unitario.** El equipo unitario individual para alumbrado de los sistemas de reserva legalmente requeridos debe incluir:
 - 1) una batería recargable;
 - 2) los medios para la carga de la batería;
 - 3) la instalación para una o más lámparas montadas en el equipo y, opcionalmente, terminales para lámparas remotas; y
 - 4) un relevador para energizar automáticamente a las lámparas, al fallar el suministro normal al equipo unitario.

La batería debe ser de características nominales y capacidad suficiente para alimentar y mantener, como mínimo de 87,5% de la tensión eléctrica nominal de la batería, para la carga total de las lámparas asociadas a la unidad durante un periodo mínimo de 1,5 h, o el equipo unitario deben alimentar y mantener un mínimo del 60% del alumbrado inicial de reserva legalmente requerido, por un periodo de 1,5 h como mínimo. Las baterías del tipo ácido o alcalino deben diseñarse y fabricarse de modo que cumplan los requisitos del servicio de emergencia.

El equipo unitario debe instalarse permanentemente fijo en su lugar (no-portátiles), y todo el alumbrado que vaya a cada unidad debe estar instalado de acuerdo con los requisitos de alguno de los métodos de alumbrado descritos en el Capítulo 3. Las conexiones con cordón flexible y clavija pueden usarse, siempre que la longitud del cordón no sea mayor que 1 m. El circuito derivado que alimenta al equipo unitario debe ser del mismo circuito derivado que alimenta al alumbrado normal del área y debe estar conectado antes de cualquier interruptor local. Los luminarios que reciban su alimentación de un equipo unitario y que no formen parte de él, deben estar alumbrados al equipo unitario por uno de los métodos indicados en el Capítulo 3.

Excepción: En un área separada y sin divisiones, alimentada por un mínimo tres circuitos de alumbrado normal, se permite instalar un circuito derivado separadamente para equipos unitarios que inicie en el mismo tablero de alumbrado y control que los circuitos normales de alumbrado y que tenga un mecanismo de bloqueo en su posición de encendido.

D. Protección contra sobrecorriente

701-15. Accesibilidad. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados en circuitos de reserva legalmente requeridos, deben ser accesibles únicamente a personas calificadas.

701-17. Protección por falla a tierra del equipo. La fuente alterna de alimentación de los sistemas de reserva legalmente requeridos, no requiere protección por falla a tierra del equipo.

ARTICULO 702-SISTEMAS DE RESERVA OPCIONALES

A. Disposiciones generales

702-1. Alcance. Las disposiciones de este Artículo se aplican a la instalación y operación de los sistemas de reserva opcionales.

Los sistemas a que se refiere este Artículo son únicamente aquellos que están instalados permanentemente, incluyendo la fuerza primaria.

702-2. Sistemas de reserva opcionales. Los sistemas de reserva opcionales tienen por objeto proteger negocios o propiedades públicas o privadas, donde la seguridad de la vida humana no depende del funcionamiento de estos sistemas. Los sistemas de reserva opcionales tienen por finalidad suministrar energía eléctrica generada en sitio a determinadas cargas, en forma manual o automática.

NOTA - Los sistemas de reserva opcionales se instalan normalmente para proveer una fuente alternativa de energía eléctrica en instalaciones tales como edificios comerciales e industriales, granjas y residencias, así como para abastecer cargas de sistemas de calefacción, refrigeración, sistemas de procesamiento de datos, comunicaciones y procesos industriales; en los cuales una falla del suministro normal de energía eléctrica puede ocasionar incomodidad, interrupción graves de un proceso, daños a productos o procesos en curso, o situaciones similares.

702-3. Aplicación de otros Artículos. A excepción de lo modificado en este Artículo, los sistemas de reserva opcionales deben cumplir con otras disposiciones de esta norma.

702-4. Aprobación de equipo. Todo equipo instalado en estos sistemas debe estar aprobado para este uso específico.

702-5. Capacidad y régimen. Un sistema de reserva opcional debe tener la capacidad y régimen adecuado para la alimentación de todo el equipo proyectado para funcionar simultáneamente. El equipo del sistema de reserva opcional debe ser adecuado para soportar la corriente eléctrica máxima de falla disponible en sus terminales. Se permite que el usuario del sistema de reserva opcional elija las cargas que quiera conectar al sistema.

702-6. Equipo de transferencia. El equipo de transferencia debe ser adecuado para el uso previsto y diseñarse e instalarse para prevenir la conexión inadvertida de las fuentes de alimentación normal y la alterna al realizar cualquier operación.

Se permite que el equipo de transferencia, conectado después del dispositivo de protección del circuito derivado, contenga otros dispositivos suplementarios de protección contra sobrecorriente, con corriente de interrupción suficiente para soportar la corriente eléctrica máxima de falla disponible en las terminales de generador.

702-7. Señalización. Siempre que sea posible deben instalarse dispositivos de señalización audible y visual, para los propósitos siguientes:

- a) **Avería.** Para indicar avería del sistema de reserva opcional.
- b) **Alimentación de carga.** Para indicar que la fuente de reserva está funcionando con carga.

702-8 Avisos

- a) **Equipo de reserva.** Debe colocarse un aviso en la entrada de la acometida, que indique el tipo y la ubicación de las fuentes de alimentación de reserva opcional ubicadas en el lugar. No se requiere instalar avisos en los equipos unitarios individuales para alumbrado de reserva.
- b) **Puesta a tierra.** Cuando el conductor del circuito puesto a tierra conectado a la fuente de alimentación de emergencia esté conectado al conductor del electrodo de puesta a tierra en un lugar lejano o remoto de la fuente de emergencia, cerca del electrodo debe haber un aviso que identifique a todas las fuentes de alimentación normales y de emergencia que estén conectadas a ese conductor.

B. Alambrado de circuitos

702-9 Alambrado de los sistemas de reserva opcionales. Se permite que el alambrado de los sistemas de reserva opcionales ocupe las mismas canalizaciones, cables, cajas y gabinetes junto con otro alambrado general.

ARTICULO 705-FUENTES DE PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA CONECTADA

705-1. Alcance. Este Artículo cubre la instalación de una o más fuentes de generación de energía eléctrica que operan en paralelo con una o más fuentes primarias de electricidad.

NOTA - La fuente primaria puede ser del servicio público o particular.

705-2. Definición. Para los propósitos de este Artículo, se aplica la siguiente definición:

Sistema interactivo: Es un sistema de producción de energía eléctrica de operación en paralelo con una fuente primaria de energía eléctrica, a la cual le puede suministrar, a su vez energía eléctrica.

705-3. Otros artículos. Las fuentes de producción de energía eléctrica conectada, deben cumplir con los requisitos de este Artículo y también con los requisitos aplicables de los artículos siguientes:

Concepto	Artículo
Generadores	445
Sistemas solares fotovoltaicos	690
Sistemas de emergencia	700
Sistemas de reserva legalmente requeridos	701
Sistemas de reserva opcionales	702

Excepción: la instalación de sistemas solares fotovoltaicos operados como fuentes de potencia interconectadas debe hacerse de conformidad con el Artículo 690.

705-10. Placa o guía. Debe instalarse una placa permanente o guía en cada equipo de acometida, y en los lugares donde se localizan todas las fuentes de producción de energía eléctrica capaces de ser conectadas, indicando todas las fuentes de energía eléctrica existentes sobre o en los predios.

Excepción: Se permite que en las instalaciones con gran número de fuentes de generación de energía, sean designadas por grupos.

705-12. Punto de conexión. Las salidas de los sistemas de producción de energía eléctrica deben ser conectadas en los medios de desconexión de acometida de los predios.

a) Las salidas pueden conectarse en otro u otros puntos, siempre que el sistema eléctrico esté calificado como un sistema eléctrico integrado e incorporado equipo de protección de acuerdo con todas las secciones aplicables del Artículo 685.

b) Las salidas pueden conectarse en otro u otros puntos de los predios, si se reúnen las condiciones siguientes:

1. El conjunto de fuentes de energía eléctrica que no son de servicio público y tienen una capacidad que excede 100 kw, o la acometida es de más de 1 000 V;
2. las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguran que sólo personas calificadas atienden y operan el sistema; y
3. Se establezcan y mantengan resguardos de seguridad y equipos de protección.

705-14. Características de las salidas. La salida de un generador o de otra fuente de producción de energía eléctrica que opere en paralelo con un sistema de suministro de energía eléctrica, debe ser compatible con la tensión eléctrica, la forma de la onda y la frecuencia del sistema al cual esté conectado.

NOTA - El término compatible no necesariamente significa igualar la forma de la onda de la fuente primaria.

705-16. Capacidad nominal de corriente de corto circuito y de interrupción. Se debe considerar la contribución de las corrientes eléctricas de falla de todas las fuentes de energía conectadas, para el cálculo de la capacidad nominal de interrupción y de corriente de cortocircuito del equipo en sistemas interactivos.

705-20. Medios de desconexión de las fuentes. Deben proveerse medios que permitan desconectar todos los conductores no puestos a tierra de una o varias fuentes de producción de energía eléctrica de todos los otros conductores. Véase el Artículo 230.

705-21. Medios de desconexión de los equipos. Deben proveerse medios que permitan desconectar los equipos, tales como inversores o transformadores asociados con una fuente de producción de energía, de todos los conductores no puestos a tierra de todas las fuentes de alimentación. Los equipos proyectados para operarse y mantenerse como parte integral de una fuente de producción de más de 1 000 V no requieren contar con este medio de desconexión.

705-22. Dispositivo de desconexión. Los medios de desconexión de los conductores no puestos a tierra debe consistir de uno o más interruptores, operación eléctrica manual o interruptores automáticos y cumplir con lo siguiente:

- 1) Situados donde puedan operarse;
- 2) Que puedan operarse desde afuera sin exponer al operador al entrar en contacto con las partes vivas, y si son de operación eléctrica, que pueda abrirse en forma manual, en caso de falla en el suministro de energía;
- 3) Que indique claramente si está en la posición de abierto o cerrado; y
- 4) Que tengan capacidades nominales no-menores a la carga conectada y a la corriente eléctrica de falla que va a ser interrumpida.

Para equipo de desconexión energizados desde ambos lados, debe proveerse una marca que indique que todos los contactos del equipo de desconexión pueden estar energizados.

NOTA 1 - En sistemas de generación en paralelo puede ocurrir que algunos equipos, estén energizados por los dos polos, como interruptores y fusibles de cuchillas. Véase 240-40.

NOTA 2 - La conexión a una fuente primaria fuera del predio, puede requerir la instalación de un medio de desconexión visible y verificable.

705-30. Protección contra sobrecorriente. Los conductores deben protegerse contra sobrecorriente según el Artículo 240. La protección contra sobrecorriente del equipo debe estar de acuerdo con lo indicado en otros Artículos a que hace referencia el Artículo 240. Los conductores y el equipo conectados a más de una fuente de energía eléctrica, deben tener un número suficiente de dispositivos de protección contra sobrecorriente, ubicados de forma que proporcionen protección desde todas las fuentes.

- 1) Los generadores deben protegerse de acuerdo con lo establecido en 445-4.
- 2) Los sistemas solares fotovoltaicos deben protegerse de acuerdo al Artículo 690.
- 3) Debe proveerse dispositivo de protección contra sobrecorriente, cuando un transformador esté conectado a una fuente(s) en cada lado, de acuerdo con lo indicado en 450-3, tomando en cuenta primero un lado del transformador, como el primario, y luego del otro.

705-32. Protección por falla a tierra. Cuando se use protección falla a tierra, la salida de un sistema interactivo debe conectarse en el lado de la alimentación del dispositivo de protección por falla a tierra.

Excepción: Se permite hacer la conexión en el lado de la carga del dispositivo de protección falla a tierra, siempre que los equipos estén protegidos por falla a tierra, producida desde cualquiera de las fuentes de corriente eléctrica por falla a tierra.

705-40. Pérdida de la fuente primaria. Cuando haya pérdida de la fuente primaria, todas las fuentes de generación de energía eléctrica, debe desconectarse automáticamente de todos los conductores no puestos a tierra de la fuente de producción primaria y no deben volver a conectarse hasta que se reestablezca el suministro de la fuente primaria.

NOTA 1 - Si una fuente de generación de energía eléctrica interactiva puede operar aisladamente, puede producir riesgos para las personas y para los equipos asociados a la fuente primaria. Para determinar si se ha producido un corte en el sistema de suministro de la fuente primaria y si existe desconexión automática, es necesario instalar medios especiales de detección. Cuando se restablece el suministro de la fuente primaria, también pueden ser necesarios medios especiales de detección para limitar la exposición de las demás fuentes de generación a los desfases que se producen en la reconexión.

NOTA 2 - Los equipos de generación por inducción en sistemas con capacitancia significativa, pueden llegar a auto excitarse y experimentar severas sobretensiones como consecuencia de la pérdida de la fuente primaria.

705-42. Conexiones desbalanceadas. Una fuente de tres fases de producción de energía eléctrica, debe desconectarse automáticamente de todos los conductores no puestos a tierra de los sistemas conectados, cuando una de las fases de esa fuente se abra. Este requisito no es aplicable en una fuente de producción de energía eléctrica que provea energía para un sistema de emergencia o sistema de reserva legalmente requerido.

705-43. Generadores síncronos. Los generadores síncronos operando en un sistema paralelo, deben estar provistos del equipo necesario para establecer y mantener la condición de sincronismo.

705-50. Puesta a tierra. Las fuentes de producción de energía eléctrica conectadas, deben ponerse a tierra de acuerdo con lo indicado en el Artículo 250.

Excepción: Se permite que los sistemas de corriente continua conectados a través de un inversor directamente de la acometida puesto a tierra, utilicen otros métodos alternativos que proporcionen al sistema una protección equivalente, siempre que se utilicen equipos aprobados para este uso.

ARTICULO 710-EQUIPOS QUE OPERAN A TENSIONES ELECTRICAS MAYORES DE 600 V NOMINALES

A. Disposiciones generales

710-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos generales para todos los equipos que operan a una tensión eléctrica mayor que 600 V nominales.

NOTA: Para información adicional con relación a los requisitos de seguridad eléctrica para sitios de trabajo, Véase el Apéndice B2.

710-2. Definición. Para los propósitos de este Artículo, alta tensión eléctrica se define como aquella mayor que 600 V nominales.

710-3 Equipo en aceite. La instalación de equipos eléctricos, diferentes de los transformadores tratados en el Artículo 450 que contienen más de 38 L de aceite inflamable por unidad, debe cumplir los requisitos de las partes B y C del Artículo 450.

710-4. Métodos de alambrado

a) Conductores por encima del nivel del piso. Los conductores para instalaciones sobre el nivel del piso, deben ser instalados en tubo (conduit) metálico tipo pesado, tubo (conduit) metálico tipo semipesado, tubo (conduit) no metálico rígido, soporte tipo charola para cables, ductos con barras (electroducto), ducto con cables, y en otras canalizaciones adecuadas o en trayectorias abiertas de cable con cubierta metálica adecuada para ese uso.

En sitios accesibles únicamente a personal calificado, pueden usarse cables Tipo MT (MV) en trayectorias abiertas, conductores desnudos o barras desnudas.

b) Conductores en instalaciones subterráneas. Los conductores en instalaciones subterráneas deben estar identificados para la tensión eléctrica y para las condiciones en las que se instalen.

Los cables directamente enterrados deben cumplir con las disposiciones indicadas en 310-7. En vía pública no se permite el uso de cables directamente enterrados (véase los Artículos 311 (a), (b), (c), (d) y 923-3).

Los cables subterráneos pueden instalarse directamente enterrados o dentro de canalizaciones adecuadas para ese uso, y deben cumplir con las especificaciones de profundidad indicadas en la Tabla 710-4(b).

Los cables sin pantalla pueden instalarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, tubo (conduit) metálico tipo semipesado o en tubo (conduit) no metálico rígido embebido en concreto con espesor no menor que 76 mm.

Excepción 1: Cables Tipo MC con conductores sin pantalla, donde la cubierta metálica sea puesta a tierra en forma efectiva cumpliendo con los requisitos establecidos en 250-51.

Excepción 2: Cables con cubierta de plomo con conductores sin pantalla, donde la cubierta de plomo sea puesta a tierra en forma efectiva cumpliendo con los requisitos establecidos en 250-51.

TABLA 710-4(b). Profundidad mínima de enterrado (mm)*

Tensión eléctrica Del Circuito	Cables Directamente Enterrados**	Tubo (conduit) no metálico	Tubo (conduit) metálico
Más de 600 V a 22 kV	750	450	150
Más de 22 kV a 40 kV	900	600	150
Más de 40 kV	1100	750	150

* La profundidad mínima es la distancia en mm más corta medida desde un punto en la superficie superior de cualquier conductor directamente enterrado, cable, tubo (conduit), u otra canalización hasta la superficie exterior del piso terminado, concreto o recubrimiento similar.

** Aprobados como adecuados para enterrarse directamente sin estar embebidos. Todos los demás sistemas no-metálicos requieren una protección de 50 mm de espesor de concreto o un material

equivalente sobre el tubo (conduit), además de la profundidad indicada en la Tabla.

Excepción 1: En áreas sujetas a tráfico de vehículos, tales como casetas de cobro o áreas de estacionamientos comerciales, se debe enterrar como mínimo a una profundidad de 60 cm.

Excepción 2: La profundidad mínima para enterrar otras canalizaciones diferentes del tubo (conduit) metálico tipo pesado y semipesado, puede reducirse 15 cm, por cada 50 mm de protección de concreto o material equivalente, colocado en la trinchera sobre la instalación subterránea.

Excepción 3: Los requerimientos de profundidad mínima no se aplican a tubo (conduit) u otras canalizaciones situadas bajo un edificio o una placa exterior de concreto de un espesor no-menor que 100 mm, y que se extienda más allá de la instalación subterránea por lo menos 150 mm. Se debe poner una cinta con un letrero de advertencia u otro método adecuado sobre la instalación subterránea para avisar la existencia de ésta.

Excepción 4: Se permiten profundidades menores cuando los cables y conductores suben a las cajas de terminales o empalmes, o cuando se requiere el acceso por alguna otra razón.

Excepción 5: En pistas de aeropuertos, incluyendo áreas adyacentes en las cuales el acceso está prohibido, se permite que los cables puedan ser enterrados sin canalización ni revestimiento de concreto o material equivalente, a profundidades no-menores a 45 cm.

Excepción 6: Las canalizaciones instaladas en roca sólida pueden enterrarse a menor profundidad, siempre y cuando estén cubiertas con una capa de 50 mm de espesor de concreto, la cual debe extenderse sobre los bordes de la roca.

- 1) **Protección contra daños.** Los conductores que salen del suelo deben ser encerrados dentro de canalizaciones aprobadas. Las canalizaciones instaladas en postes deben ser de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, de PVC cédula 80, u otra equivalente, y extenderse del nivel de piso especificado en la Tabla 710-4(b) hasta una altura de 2,5 m por encima del piso terminado. Los conductores que entren a un edificio deben ser protegidos por una envolvente o canalización aprobada, desde su salida del piso hasta el punto de entrada. Las envolventes metálicas deben ponerse a tierra.
- 2) **Empalmes.** Se permite que en los cables directamente enterrados se hagan empalmes o derivaciones sin emplear cajas de empalme, siempre y cuando se utilice materiales aprobados para esa aplicación. Los empalmes y derivaciones deben ser herméticos al agua y estar protegidos contra daño mecánico. Para los cables con pantalla, ésta debe ser continua a través de los empalmes o derivaciones.

Excepción: En los empalmes prefabricados de los sistemas de cables directamente enterrados de un solo conductor con separación entre fases, se permite cortar o traslapar los blindajes metálicos. En ambos casos se debe poner a tierra las dos partes del blindaje en un punto.

- 3) **Relleno.** Para rellenar la excavación después de la instalación, no deben usarse materiales que contengan residuos de pavimento, escorias, materiales grandes o con bordes cortantes u otros materiales o sustancias corrosivas que puedan dañar a las canalizaciones o a los cables o que impidan la compactación adecuada del relleno.

Para evitar daño físico a la canalización o al cable, éstos deben protegerse con material de relleno seleccionado de granulación uniforme, o con cubiertas adecuadas.

- 4) **Sellos para las canalizaciones.** Cuando una canalización entre a un edificio desde el sistema subterráneo, el extremo a la entrada del edificio debe sellarse con un compuesto adecuado para evitar la entrada de humedad o gases, o debe estar dispuesta en tal forma que evite el contacto de la humedad con las partes vivas.

c) **Barras conductoras.** Se permiten tanto las barras de cobre como las de aluminio.

710-6. Pantalla sobre aislamiento. Los componentes metálicos y semiconductores de cables con pantalla, deben removerse en las terminales hasta una distancia que depende de la tensión eléctrica del circuito y del material del aislamiento. Deben proveerse medios para la reducción del esfuerzo eléctrico en todas las terminaciones de los cables con pantalla.

Deben ponerse a tierra los componentes metálicos de las pantallas como cintas, alambres o mallas, o combinaciones de ellos, así como sus elementos complementarios, conductores o semiconductores.

710-7. Puesta a tierra. Las instalaciones y equipo se deben poner a tierra cumpliendo las disposiciones aplicables del Artículo 250.

710-8. Protección mecánica o contra la humedad de cables con cubierta metálica. Cuando los conductores de un cable salen de la cubierta metálica y se requiere protección contra la humedad o contra daño físico, el aislamiento de los conductores debe estar protegido por un dispositivo terminal apropiado.

710-9. Protección del equipo de acometida, desconectores en envolvente metálica y tableros de control industrial. No debe haber cerca del sistema eléctrico tubos o ductos que no pertenezcan a la instalación eléctrica, y que requieran mantenimiento periódico, y cuya falla pueda poner en peligro la operación del equipo de acometida, desconectores en envolventes metálicas o tableros de control industrial. Deben proveerse protecciones para evitar daño producido por condensación, fugas o roturas en los tubos o ductos que no pertenecen al sistema eléctrico.

Excepción: No se consideran elementos extraños la tubería o instalaciones similares que pertenezcan al sistema de protección contra incendio del sistema eléctrico.

B. Equipo. Disposiciones específicas

710-20. Protección contra sobrecorriente. Debe proveerse protección contra sobrecorriente en cada conductor activo (de fase) por medio de alguna de las siguientes formas:

- a) **Relevadores de sobrecorriente y transformadores de corriente.** En circuitos trifásicos los interruptores de potencia utilizados para la protección contra sobrecorriente, deben tener como mínimo tres relevadores de sobrecorriente accionados por tres transformadores de corriente.

Excepción 1: En circuitos de tres fases, tres hilos, se permite que un relevadores de sobrecorriente en el circuito residual de los transformadores de corriente, reemplace a uno de los relevadores de fase.

Excepción 2: Un relevador de sobrecorriente accionado por un transformador de corriente que enlaza a todos los conductores de un circuito de tres fases, tres hilos, puede reemplazar al relevador residual y a uno de los transformadores de corriente de los conductores de fase. Cuando el neutro no está puesto a tierra en el lado de la carga del circuito (como variación de lo permitido en 250-152(b)), se permite que el transformador de corriente enlace a los tres conductores de fase y al conductor puesto a tierra del circuito.

- b) **Fusibles.** Debe conectarse un fusible en serie con cada conductor de fase.

710-21. Dispositivos de interrupción de circuitos

a) Interruptores automáticos

- 1) En las instalaciones interiores, los interruptores automáticos deben ubicarse dentro de gabinetes metálicos o en celdas resistentes al fuego. Se permite su montaje a la vista en lugares accesibles solamente a personas calificadas.
- 2) Los interruptores automáticos utilizados para el control de transformadores en aceite deben estar situados ya sea en el exterior de la bóveda del transformador o deben poder operarse desde el exterior de la bóveda.
- 3) Los interruptores automáticos en aceite deben ubicarse de forma tal que las estructuras o materiales combustibles, estén protegidos de manera apropiada.
- 4) Los interruptores automáticos deben tener el siguiente equipo y características de operación:
 - a. Un medio mecánico accesible u otro medio aprobado para el accionamiento manual, independiente de cualquier potencia de control.
 - b. Deben ser de disparo libre.
 - c. Si el interruptor automático puede abrirse o cerrarse mientras esté energizado, deben operar los interruptores independiente de la velocidad de la operación manual.
 - d. Un indicador mecánico de posición en el interruptor automático para mostrar la posición abierta o cerrada de los contactos principales.
 - e. En el caso de operación remota, un medio de indicación de la posición abierta o cerrada del interruptor automático en el(los) sitio(s) desde el(los) cual(es) pueda operarse.
 - f. Una placa de datos legible y permanente, que muestre el nombre del fabricante o marca registrada, número de identificación o código del tipo según el fabricante, capacidad de corriente eléctrica nominal, corriente de interrupción en megavoltamperes (MVA) o

amperes (A) y la capacidad nominal máxima de tensión eléctrica. Cuando se realice una modificación al interruptor automático que modifique sus características nominales de operación, debe hacerse el cambio correspondiente en la placa de datos.

- 5) La capacidad de corriente eléctrica nominal en régimen continuo del interruptor automático, no debe ser menor que la corriente eléctrica máxima que circule en forma continua a través del interruptor automático.
- 6) La capacidad nominal de interrupción de un interruptor automático, no debe ser menor que la máxima corriente eléctrica de falla que deba interrumpir, incluyendo las contribuciones de todas las fuentes de energía conectadas.
- 7) La capacidad nominal de cierre de un interruptor automático, no debe ser menor que la corriente eléctrica de falla máxima asimétrica, en la cual el interruptor automático pueda cerrarse.
- 8) La capacidad nominal de interrupción momentánea de un interruptor automático no debe ser menor que la corriente eléctrica de falla máxima asimétrica en el punto de su instalación.
- 9) La tensión eléctrica máxima nominal de un interruptor automático no debe ser menor que la tensión eléctrica máxima del circuito.

b) Fusibles de potencia y portafusibles

- 1) **Uso.** Cuando se empleen fusibles para proteger conductores y equipo, debe colocarse un fusible en cada conductor de fase. Se permite usar dos fusibles de potencia en paralelo para proteger la misma carga, si ambos fusibles tienen idéntica capacidad nominal y si están instalados en un montaje común identificado con conexiones eléctricas, que dividan la corriente eléctrica en partes iguales.

Los fusibles de potencia de tipo ventilado no deben usarse en interiores, en registros subterráneos o en envolventes metálicas, a menos que estén identificados para tales usos.

- 2) **Capacidad nominal de interrupción.** La capacidad nominal de interrupción de los fusibles de potencia no debe ser menor que la corriente eléctrica máxima de falla que debe interrumpir el fusible, incluyendo las contribuciones de todas las fuentes de energía conectadas.
- 3) **Capacidad nominal de tensión eléctrica.** La capacidad de tensión eléctrica máxima de los fusibles de potencia no debe ser menor que la tensión eléctrica máxima del circuito. Los fusibles que tengan una tensión eléctrica de operación mínima recomendada no deben utilizarse en tensiones inferiores a ese valor.
- 4) **Identificación de las unidades fusibles y de sus montajes.** Las unidades fusibles y los montajes para fusibles, deben tener placas de identificación legibles y permanentes, mostrando el tipo o designación del fabricante, la capacidad nominal de corriente eléctrica en régimen de operación continua, la capacidad nominal de corriente de interrupción y la capacidad nominal de tensión eléctricas máximas de operación.
- 5) **Fusibles.** Los fusibles que al abrir un circuito desprendan llamas, deben diseñarse o estar instalados de forma que su operación no represente peligro para las personas o propiedades.
- 6) **Portafusibles.** Los portafusibles deben diseñarse o instalarse de tal forma que queden desenergizados cuando se tenga que reemplazar un fusible.

Excepción: Se permite el uso de fusibles y portafusibles diseñados para permitir el reemplazo de fusibles por personas calificadas, que utilicen el equipo diseñado para ese propósito sin desenergizar el portafusible.

- 7) **Fusibles de alta tensión eléctrica.** Los equipos de interrupción en subestaciones con envolvente metálica que utilicen fusibles de alta tensión eléctrica deben estar equipados con un interruptor separador de operación múltiple o un interruptor removible con fusibles como medio para aislar los fusibles de la fuente de alimentación (tándem). El aislamiento físico de los fusibles del circuito debe proporcionarse ya sea conectando un interruptor entre la fuente y los fusibles o colocando un interruptor deslizable y una construcción de tipo fusible. El interruptor debe ser del tipo de operación bajo carga, a menos que esté mecánica o eléctricamente enclavado con un dispositivo interruptor de operación bajo carga, que permita reducir la carga a la capacidad de interrupción del interruptor.

Excepción 1: No aplica en subestaciones tipo pedestal.

Excepción 2: Se permite usar más de un interruptor como medio de desconexión para un grupo de fusibles, cuando dichos interruptores se instalan para proveer conexión a más de un grupo de conductores de alimentación. Los interruptores deben tener un dispositivo de seguridad mecánico o eléctrico que permita el acceso a los fusibles solamente cuando todos los interruptores estén abiertos. En los fusibles debe colocarse un aviso con el texto siguiente:

“PRECAUCION-LOS FUSIBLES PUEDEN ESTAR ENERGIZADOS DESDE MAS DE UNA FUENTE”

c) Cortacircuitos de distribución y eslabones fusibles - Tipo expulsión

- 1) **Instalación.** Los cortacircuitos deben estar localizados de manera que puedan operarse con facilidad y seguridad para que sea posible el reemplazo de fusibles, y que la expulsión de gases de escape de los fusibles no sea peligrosa para las personas. Los cortacircuitos de distribución no deben usarse en interiores o subterráneos o en envoltentes metálicas.
- 2) **Operación.** Cuando los cortacircuitos con fusibles no son apropiados para interrumpir el circuito manualmente mientras portan la carga completa, debe instalarse un desconectador aprobado para abrir con carga. A menos que los cortacircuitos con fusible estén enlazados con el desconectador para evitar la apertura del cortacircuitos bajo carga, debe colocarse en éstos un aviso que resalte claramente y en forma legible el texto siguiente:

"CUIDADO-NO ABRIR CON CARGA"

- 3) **Capacidad nominal de interrupción.** La capacidad nominal de interrupción de los cortacircuitos de distribución, no debe ser menor que la corriente eléctrica máxima de falla que debe interrumpir el cortacircuitos, incluyendo las contribuciones de todas las fuentes de energía conectadas.
- 4) **Capacidad nominal tensión eléctrica.** La capacidad nominal de tensión eléctrica máxima de los cortacircuitos no debe ser menor que la máxima tensión del circuito.
- 5) **Identificación.** Los cortacircuitos de distribución deben tener sobre su cuerpo, puerta o tubo portafusible una placa o identificación legible y permanente, indicando el tipo o designación del fabricante, la capacidad de corriente eléctrica nominal en régimen de operación continua, la capacidad nominal de tensión máxima y capacidad nominal de interrupción.
- 6) **Eslabones fusibles.** Los eslabones fusibles deben tener una identificación legible y permanente indicando el tipo y la capacidad nominal de corriente eléctrica en régimen de operación continua y el tipo.
- 7) **Instalación en estructuras exteriores.** La altura de los cortacircuitos instalados en estructuras exteriores, debe ser tal que se tenga una separación segura entre las partes energizadas más bajas (posición abierta o cerrada) y las superficies verticales, donde pueda haber personas, como se establece en 110-34(e).

d) Cortacircuitos en aceite

- 1) **Capacidad nominal de corriente eléctrica de régimen continuo.** La capacidad nominal de corriente eléctrica en régimen continuo de un cortacircuitos en aceite, no debe ser menor que la corriente eléctrica máxima que circule en forma continua a través del cortacircuitos.
- 2) **Capacidad nominal de interrupción.** La capacidad nominal de interrupción de los cortacircuitos en aceite, no debe ser menor que la máxima corriente eléctrica de falla que el cortacircuitos en aceite deba interrumpir, incluyendo las contribuciones de todas las fuentes de energía conectadas.
- 3) **Capacidad nominal tensión eléctrica.** La capacidad nominal de tensión eléctrica máxima de los cortacircuitos no debe ser menor que la tensión eléctrica máxima del circuito.
- 4) **Capacidad nominal de cierre en condiciones de falla.** Los cortacircuitos en aceite deben tener una capacidad de cierre en condiciones de falla no-menor que la máxima tensión eléctrica del circuito.
- 5) **Identificación.** Los cortacircuitos en aceite deben tener una placa de datos legible y permanente indicando la capacidad nominal de corriente eléctrica en régimen de operación continua, la capacidad nominal corriente de interrupción y la tensión eléctrica máxima de operación.

- 6) **Eslabones fusibles.** Los eslabones fusibles deben tener una identificación legible y permanente indicando la capacidad nominal de corriente eléctrica en régimen de operación continua.
 - 7) **Localización.** Los cortacircuitos en aceite deben estar localizados de manera que puedan operarse con facilidad y seguridad de acceso fácil y seguro para que sea posible el reemplazo de fusibles. El extremo superior del cortacircuitos no debe ser mayor que 1,5 m sobre el nivel del suelo o plataforma.
 - 8) **Envolventes.** Deben colocarse envoltentes o barreras adecuadas para evitar el contacto con partes energizadas o con cables sin pantalla de los cortacircuitos en aceite.
- e) **Desconectores de operación con carga.** Los desconectores de operación con carga se deben usar en conjunto con fusibles o interruptores automáticos para interrumpir las corrientes eléctricas de falla. Cuando estos dispositivos se usan en forma combinada, deben estar coordinados eléctricamente, de forma que resistan con seguridad los efectos de cierres, transporte o interrupción de todas las corrientes eléctricas posibles, incluyendo la capacidad nominal de cortocircuito máxima asignada.

Cuando se instale más de un desconector con terminales de cargas interconectadas para proporcionar conexión alterna a los circuitos alimentadores, cada desconector debe estar provisto de un aviso de advertencia con el texto siguiente:

**"PRECAUCION-EL DESCONECTOR PUEDE
ESTAR ENERGIZADO POR RETROALIMENTACION"**

- 1) **Capacidad nominal de corriente eléctrica en régimen continuo.** La capacidad nominal de corriente eléctrica en régimen continuo de los desconectores debe ser igual o mayor que la corriente eléctrica máxima que circule en el punto de instalación.
- 2) **Capacidad nominal tensión eléctrica.** La capacidad nominal de tensión eléctrica máxima de los desconectores debe ser igual o mayor que la tensión máxima del circuito.
- 3) **Identificación.** Los desconectores deben tener una placa de datos legible y permanente indicando lo siguiente:
 - a. Tipo o designación del fabricante;
 - b. Capacidad nominal de corriente eléctrica en régimen de operación continua;
 - c. Capacidad nominal de interrupción de corriente;
 - d. Capacidad de cierre en condiciones de falla;
 - e. Tensión eléctrica máxima de operación.
- 4) **Mecanismo de desconexión de los conductores.** El mecanismo de desconexión debe estar montado de tal forma que pueda operarse desde un lugar donde el operador no esté expuesto a partes energizadas, y debe disponerse de manera que abra simultáneamente, en una sola operación, todos los conductores de fase del circuito. Los desconectores deben estar montados en tal forma que puedan bloquearse en la posición de abierto. Los desconectores en envoltente metálica deben poder accionarse desde el exterior de la envoltente.
- 5) **Energía almacenada para apertura.** Se permite que el mecanismo de apertura de energía almacenada, quede en posición de descargado después de que el desconector ha sido cerrado, si al accionar la palanca para abrir el desconector, simultáneamente se carga ese mecanismo.
- 6) **Terminales de alimentación.** Las terminales de alimentación de los desconectores con fusibles, deben estar instalados de forma que estén en la parte superior de la envoltente del desconector, o si las terminales están ubicadas en cualquier otra parte, el equipo debe tener instaladas barreras para impedir que las personas entren en contacto accidentalmente con partes energizadas o que herramientas o fusibles caigan sobre las partes energizadas.

710-22. Medios para aislar el equipo. Deben instalarse medios para aislar cada componente del equipo para su inspección o reparación. No se requiere del uso de desconectores que separen secciones del equipo, cuando existan otras maneras de desenergizar el equipo, como es el caso de los tableros de distribución en gabinetes metálicos con partes removibles y el de los tableros o secciones deslizantes desmontables.

Los desconectores de aislamiento que no estén asociados a un dispositivo de interrupción de circuito aprobado, deben tener un aviso de advertencia con relación a la apertura, que indique que ese desconector no se debe abrir con carga.

Como desconector de aislamiento, se permite el empleo de un juego de portafusibles y un fusible, si están diseñados y aprobados para ese propósito.

710-23. Reguladores de tensión eléctrica. La secuencia adecuada de interrupción para reguladores, debe garantizarse por alguno de los medios siguientes:

- 1) Desconector en derivación de secuencia mecánica.
- 2) Enlace mecánico.
- 3) Un procedimiento de interrupción presentado en manera notoria en el lugar del desconector.

710-24 Espacio de separación. En instalaciones fabricadas en campo, la separación mínima de aire entre conductores desnudos energizados y entre estos conductores y las superficies adyacentes puestas a tierra, no deben ser menores a los valores presentados en la Tabla 710-24. Estos valores no deben aplicarse a porciones interiores o a terminales exteriores de equipo aprobado.

TABLA 710-24.- Claro mínimo a partes vivas

Tensión eléctrica nominal kV	Nivel básico de aislamiento al impulso kV		Claro mínimo a partes vivas en cm			
			Entre fases		Fase a tierra	
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior
2,4	60	95	12	18	8	15
4,16	60	95	12	18	8	15
7,2	75	95	14	18	10	15
13,8	95	110	19	31	13	18
23	125	150	27	38	19	26
34,5	150	150	32	38	24	26
	200	200	46	46	33	33
46		250		54		43
85		350		79		64
115		450		107		88
138		550		135		107
		550		135		107
		650		160		127
161		650		160		127
		750		183		148
230		750		183		148
		900		226		180
		1 050		267		211

NOTAS:

1. Los valores de esta tabla deben considerarse como valores mínimos aplicables en condiciones atmosféricas normales.
2. Para condiciones desfavorables de servicio, estos valores deben aumentarse.

C. Equipo de interrupción de potencia en gabinetes metálicos y equipos de control industrial

710-30. Alcance. Esta Parte cubre ensambles de equipos de interrupción de potencia en gabinetes metálicos y de control industrial, que incluye entre otros, desconectores, dispositivos de interrupción y su control, equipos de medición, protección y regulación cuando son parte integral del ensamble, con conexiones asociadas y estructuras de soporte.

Esta Parte también incluye ensambles de equipo de potencia en gabinetes metálicos que forman parte de subestaciones unitarias, centros de potencia o equipo similar.

710-31 Montaje de los dispositivos en ensambles. El montaje de los dispositivos en ensambles debe ser tal, que los componentes individuales puedan realizar en forma segura su función específica, sin impedir la operación del resto de los componentes.

710-32 Protección de partes energizadas en alta tensión eléctrica dentro de un compartimiento. Cuando, además de la inspección visual, se requiera acceso a un compartimiento que contenga partes

energizadas en alta tensión eléctrica, deben proveerse barreras protectoras para evitar el contacto accidental por parte de personas, herramientas u otros equipos con las partes energizadas. Las partes energizadas expuestas sólo deben permitirse en compartimientos accesibles a personas calificadas. Los fusibles y portafusibles contruidos para permitir su reemplazo futuro sin desenergizar el portafusible, solamente se permite para uso por personas calificadas.

710-33 Protección de partes energizadas en baja tensión eléctrica dentro de compartimiento. Las partes desnudas energizadas montadas en puertas de compartimientos, deben tener guardas cuando la puerta deba abrirse para mantenimiento de equipo o reemplazo de equipo removible.

710-34 Separación para cables que entran a una envolvente. El espacio libre frente u opuesto a las terminales o a las canalizaciones o cables que entren a un equipo de interrupción o ensamble de control, debe ser adecuado para el tipo de conductor y método de conexión en las terminales.

710-35 Accesibilidad de partes energizadas

a) Las puertas que puedan permitir el acceso de personas no calificadas a partes energizadas de alta tensión eléctrica, deben cerrarse con llave.

b) El equipo de control en baja tensión eléctrica, tales como relevadores, motores y dispositivos similares, no debe instalarse en compartimientos donde existan partes energizadas expuestas en alta tensión eléctrica o alambrado en alta tensión, a menos que el medio de acceso tenga una protección pueda enclavarse, cuando el interruptor de alta tensión o los medios de desconexión, están en la posición de aislamiento físico.

Excepción: Se permite instalar instrumentos de alta tensión o transformadores de control y calefactores de ambiente, en el compartimiento de alta tensión sin restricciones de acceso, fuera de las que se aplican generalmente a compartimientos de alta tensión.

710-36 Puesta a tierra. Las estructuras con equipo de interrupción y ensambles de control deben ser puestas a tierra.

710-37 Puesta a tierra de dispositivos. Los dispositivos con cajas o estructuras metálicas, o ambos, tales como instrumentos, relevadores, medidores y transformadores para instrumentos y de control, situados dentro o sobre el equipo de distribución o control, deben tener las cajas o estructuras metálicas puestas a tierra.

710-38 Seguros para puerta y placas de cubiertas. Las puertas o cubiertas exteriores con bisagras deben estar provistas de seguros para mantenerlas en la posición abierta. Las placas de cubiertas que deban removerse para inspeccionar las partes energizadas o el alambrado, deben estar equipadas con asas para levantarlas y no deben exceder de un área de 1,11 m² o 27 kg de peso, a menos que estén abisagradas y atornilladas o cerradas con llave.

710-39 Descarga de gas de los dispositivos de interrupción. La descarga de gas durante la operación de los dispositivos de interrupción, debe ser dirigida de tal forma que no sea peligrosa para las personas.

710-40 Ventanas de inspección. Las ventanas que se usen para propósitos de inspección de los desconectores separadores u otros dispositivos, deben ser de material transparente apropiado.

710-41 Localización de los dispositivos

a) Las palancas de los desconectores de transferencia para instrumentos y control, o los botones pulsadores diferentes a los mencionados en (b) siguiente, deben estar localizados en un lugar accesible fácilmente, a una altura no mayor que 2 m.

Excepción: Las palancas de operación que requieran de fuerza mayor que 23 kg, no deben estar a una altura mayor que 1,70 m ya sea en la posición de abierto o cerrado.

b) Se permite colocar las palancas de operación de uso poco frecuente, como fusibles removibles, transformadores control o de potencial con fusible, y su medio de desconexión del primario, y los desconectores de transferencia de barras conductoras, en donde puedan accionarse de manera segura y pueda realizarse el mantenimiento técnico desde una plataforma portátil.

710-42 Mecanismos de seguridad en desconectores. Los desconectores equipados con mecanismos de almacenamiento de energía, deben tener enclavamientos mecánicos para evitar el acceso al compartimiento de los desconectores, a menos que el mecanismo de almacenamiento de energía esté en posición de descarga o bloqueo.

710-43 Energía almacenada para apertura. Se permitirse que el mecanismo de apertura que opera con energía almacenada, quede en posición de sin carga después de que el desconectador ha sido cerrado, si al accionar la palanca para abrir el desconectador simultáneamente se carga ese mecanismo y se abre el interruptor.

710-44 Desconectador con fusibles

a) Terminales de alimentación. Las terminales de alimentación de los desconectores con fusibles deben estar instalados de forma que todas estén en la parte superior del desconectador o si las terminales están ubicados en otra parte, el equipo debe tener instaladas barreras para impedir que las personas entren en contacto accidentalmente con partes energizadas o que herramientas o fusibles caigan en las partes energizadas.

b) Retroalimentación. Cuando los fusibles puedan ser energizados por retroalimentación, debe colocarse un aviso de advertencia en la puerta de la envolvente, con el texto siguiente:

"PELIGRO-LOS FUSIBLES PUEDEN SER ENERGIZADOS POR RETRO-ALIMENTACION"

c) Mecanismo de interrupción. El mecanismo de interrupción debe estar montado en tal forma que pueda operarse desde un lugar externo a la envolvente, donde el operador no esté expuesto a partes energizadas, y debe instalarse de manera que con una sola operación abra simultáneamente todos los conductores del circuito no-conectados a tierra. Los desconectores deben estar montados en tal forma que puedan bloquearse en la posición de abierto.

710-45 Mecanismos de seguridad en interruptores automáticos

a) Los interruptores automáticos equipados con mecanismos de almacenamiento de energía, deben estar diseñados para evitar la salida de la energía almacenada, a menos que el mecanismo haya sido totalmente cargado.

b) Deben colocarse enclavamientos mecánicos en la carcasa para impedir que el interruptor automático sea retirado completamente de la carcasa, cuando el mecanismo de almacenamiento de energía esté en la posición de totalmente cargado, a menos que se suministre un dispositivo adecuado para bloquear la función de cierre del interruptor automático antes de que sea retirado completamente.

D. Equipo móvil y portátil

710-51. Disposiciones generales

a) Alcance. Las disposiciones de esta Parte se aplican a la instalación y uso de equipo de distribución de potencia de alta tensión eléctrica y equipo de utilización portátil o móvil, o ambos, tales como subestaciones y desconectores, montados en malacates, remolques o vehículos, palas móviles, dragas, grúas, elevadores, perforadoras, excavadoras, compresores, bombas, transportadores y similares.

b) Otros requerimientos. Los requerimientos de esta Parte son adicionales o modifican los requisitos de los Artículos 100 a 725 de esta norma. Debe prestarse especial atención al Artículo 250.

c) Protección. Deben proveerse envolventes o guardas, o ambas, para proteger al equipo portátil y móvil contra daño físico.

d) Medios de desconexión. Se deben instalar medios de desconexión para equipo de alta tensión eléctrica móvil y portátil, de acuerdo con lo indicado en los requisitos de la Parte H del Artículo 230 y debe desconectar todos los conductores de fase.

710-52. Protección contra sobrecorriente. Los motores de corriente eléctrica alterna que impulsan generadores individuales o múltiples de c.c., que alimentan a un sistema que opera con carga cíclica, no necesitan protección contra sobrecorriente, siempre y cuando no se exceda la capacidad térmica del motor de c.a. que impulsa al grupo, bajo cualquier condición de funcionamiento.

Los dispositivos de protección del circuito derivado, deben proveer protección contra cortocircuito y de rotor bloqueado y se permite que sean externos al equipo.

710-53. Envolventes. Todas las partes energizadas de interrupción y controles, deben estar encerradas en gabinetes o envolventes metálicas puestas a tierra efectivamente. Estos gabinetes o envolventes deben llevar un aviso con el texto siguiente:

"PELIGRO-ALTA TENSION ELECTRICA, MANTENGANSE ALEJADO"

y deben estar provistos de cerraduras, de modo que sólo personas calificadas puedan tener acceso. Los interruptores automáticos y equipos de protección, deben tener un medio de accionamiento externo que salga

a través del gabinete o envolvente, de forma que las unidades puedan ser operadas sin tener que abrir las puertas. Debe tenerse un acceso razonablemente seguro para la operación normal de estas unidades.

710-54. Anillos colectores. Los anillos colectores ensambladas en máquinas rotativas (palas, dragas, excavadoras, entre otros) deben tener guardas para impedir contactos accidentales con las partes energizadas, por parte de las personas que operan las máquinas.

710-55. Conexiones con cables de energía a máquinas móviles. Debe proveerse una envolvente metálica en la máquina móvil para las terminales de los cables de energía. El gabinete debe incluir medios para la conexión sólida del conductor de puesta a tierra de la terminal a la carcasa de la máquina.

Los conductores vivos deben sujetarse a aisladores o terminar con un conector aprobado para cables de alta tensión eléctrica (el cual incluya conectores para los conductores de puesta a tierra), de la capacidad de corriente nominal y tensión eléctricas adecuadas. El método de terminación del cable utilizado, debe evitar que los esfuerzos mecánicos o de tracción en el cable se transmitan a las conexiones eléctricas. La envolvente debe estar provista de cerradura, de manera que solamente personas calificadas y autorizadas pueden abrirlas, y debe tener un aviso con el texto siguiente:

"ALTA TENSION ELECTRICA, MANTENGANSE ALEJADO"

710-56. Cables portátiles de alta tensión eléctrica para alimentación principal. Los cables flexibles de alta tensión eléctrica que alimenten equipos portátiles o móviles deben cumplir con los Artículos 250 y 400, Parte C.

710-57. Puesta a tierra. El equipo móvil debe ser puesto a tierra según lo establecido en el Artículo 250.

E. Calderas de electrodos

710-70. Disposiciones generales. Las recomendaciones de esta parte deben aplicarse a calderas que operen en tensiones eléctricas mayores a 600 V nominales, en las cuales el calor es generado por la circulación de corriente eléctrica entre electrodos a través del líquido que está siendo calentado.

710-71. Sistema de suministro. Las calderas de electrodos deben alimentarse solamente de sistemas de tres fases cuatro hilos, conexión estrella con neutro puesto sólidamente a tierra, o de transformadores de aislamiento debidamente instalados para este sistema. Los circuitos de control deben conectarse a circuitos puestos a tierra que no excedan de 150 V, y los dispositivos de control deben conectarse al conductor de fase.

710-72. Requisitos para circuitos derivados

- a) **Capacidad.** Cada caldera debe alimentarse de un circuito derivado individual con capacidad no menor que el 100% de la carga total.
- b) **Dispositivo de interrupción de fallas de disparo automático.** El circuito debe estar protegido por un dispositivo trifásico de interrupción de fallas de disparo automático. Se permite que el dispositivo de interrupción vuelva a cerrar el circuito automáticamente después de haber retirado la condición de sobrecarga, pero no debe cerrar el circuito después de una condición de falla.
- c) **Protección de falla en una fase.** En cada fase del circuito debe instalarse un dispositivo individual de protección contra fallas en la fase, que consista en un transformador de corriente conectado a un relevador de sobrecorriente de fase.
- d) **Protección de falla a tierra.** Deben proveerse medios para la detección de corrientes eléctricas por el neutro y a tierra. El dispositivo de protección debe operar abriendo el circuito, si la suma de esas corrientes excede el valor de 5 A, o 7,5% del valor de la corriente eléctrica de plena carga del circuito, durante 10 s o si excede un valor instantáneo del 25% de la corriente eléctrica nominal de plena carga de la caldera.
- e) **Conductor neutro puesto a tierra.** El conductor del neutro puesto a tierra, debe cumplir con los requisitos siguientes:
 - 1) Estar conectado al tanque de presión que contiene los electrodos.
 - 2) Estar aislado para no menos de 600 V.
 - 3) Tener la capacidad de conducción de corriente no menor que la del conductor mayor del circuito derivado no puesto a tierra.
 - 4) Debe estar instalado en la misma canalización, cable o soporte tipo charola para cables, junto con los conductores no puestos a tierra o cuando esté instalado como conductor expuesto en proximidad con los conductores no puestos a tierra.

5) No debe utilizarse para ningún otro circuito.

710-73. Control para limitar la presión y temperatura. Cada caldera debe estar equipada con los medios necesarios para limitar la presión o la temperatura máximas, o ambas, ya sea por medio de la interrupción directa o indirecta del flujo de corriente eléctrica en los electrodos. Estos medios deben instalarse en adición a los de regulación de presión o temperatura, o ambos, y las válvulas de seguridad de presión, propios de la caldera.

710-74. Puesta a tierra. Todas las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente de la caldera y otras estructuras o equipos asociados puestos a tierra, deben tener un puente de unión con el recipiente a presión o con el conductor neutro, al cual el tanque está conectado, según lo establecido en 250-79. La capacidad de conducción de corriente del puente de unión no debe ser menor que la del conductor neutro.

ARTICULO 720-CIRCUITOS Y EQUIPOS QUE OPERAN A MENOS DE 50 V

720-1. Alcance. Este Artículo se aplica a las instalaciones de corriente continua o corriente alterna que operan a menos de 50 V.

Excepción: Lo establecido en los Artículos 411, 551, 650, 669, 690, 725 y 760.

720-2. Areas peligrosas (clasificadas). Las instalaciones comprendidas en este Artículo y ubicadas en áreas peligrosas (clasificadas), deben cumplir adicionalmente con las disposiciones correspondientes de los Artículos 500 a 517.

720-4. Conductores. El tamaño nominal de los conductores no debe ser menor que 3,31 mm² (12 AWG) en cobre o equivalente. Los conductores para los circuitos derivados que alimenten más de un aparato eléctrico o receptáculos para aparatos eléctricos, no deben ser menores a 5,26 mm² (10 AWG) en cobre o equivalente.

720-5. Portalámparas. Deben utilizarse portalámparas de capacidad no menor que 660 W nominales.

720-6 Capacidad de los receptáculos. Los receptáculos deben tener una capacidad no-menor que 15 A.

720-7. Receptáculos requeridos. En las cocinas, cuartos de lavado y otros lugares donde es probable el uso de aparatos eléctricos portátiles, debe instalarse receptáculos de capacidad no menor que 20 A.

720-8. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente debe cumplir con lo establecido en el Artículo 240.

720-9. Baterías. Las instalaciones con baterías deben cumplir con lo especificado en el Artículo 480.

720-10. Puesta a tierra. La puesta a tierra del equipo debe cumplir con lo especificado en el Artículo 250.

720-11. Ejecución mecánica del trabajo. Los circuitos que funcionen a 50 V o menos, deben instalarse conforme a lo establecido en 110-12. Los cables deben soportarse por la estructura del edificio, de manera que no sean dañados por el uso normal del edificio.

ARTICULO 725-CIRCUITOS CLASE 1, CLASE 2 Y CLASE 3 DE CONTROL REMOTO, SEÑALIZACION Y DE POTENCIA LIMITADA

A. Disposiciones generales

725-1. Alcance. Este Artículo cubre los circuitos de control remoto, señalización y potencia limitada, que no son parte integral de un dispositivo o aparato eléctrico.

NOTA - Los circuitos descritos dentro de este Artículo se caracterizan por su uso y por las limitaciones de energía eléctrica, que los diferencian de los circuitos de alumbrado y fuerza, y por consiguiente se dan requerimientos alternativos a los de los Capítulos 1 al 4 en lo que respecta a tamaños nominales mínimos de los conductores, factores de reducción de capacidad de conducción de corriente, protecciones contra sobrecorriente, requisitos de aislamiento y métodos de alambrado y materiales.

725-2. Definiciones. Para los propósitos de este Artículo son aplicables las siguientes definiciones:

Circuitos Clase 1. Es la parte del sistema de alambrado entre el dispositivo de sobrecorriente del lado de la carga o de una fuente de potencia limitada y el equipo conectado. Las limitaciones de tensión eléctrica y de energía están de acuerdo con lo indicado en 725-11.

Circuitos Clase 2. Es la parte del sistema de alambrado entre el lado de la carga de una fuente de potencia Clase 2 y el equipo conectado. Debido a sus limitaciones de potencia, un circuito Clase 2 se considera seguro desde el punto de vista de la iniciación del fuego y provee una protección aceptable contra choque eléctrico.

Circuitos Clase 3. Es la parte de un sistema de alambrado entre el lado de la carga de una fuente de potencia Clase 3 y el equipo conectado. Debido a sus limitaciones de potencia, un circuito Clase 3 se considera seguro desde el punto de vista de la iniciación del fuego. En estos circuitos se permiten mayores niveles de tensión eléctrica y de potencia que en los Clase 2, debe tener medidas adicionales de seguridad que brinden protección contra el riesgo de choque eléctrico que se pudiera encontrar.

725-3. Ubicación y referencia a otros Artículos. Los circuitos y el equipo deben cumplir con los siguientes requisitos (a) hasta (e). Sólo aquellas secciones del Artículo 300 referenciadas en este Artículo deben aplicarse en los circuitos de clase 1, clase 2 y clase 3.

- a) Propagación del fuego y de los productos de la combustión. Véase 300-21.
- b) Ductos, cámaras de aire y otros espacios para el manejo de aire. Cuando se instalan en ductos, cámaras de aire u otros espacios para manejo de aire ambiental, véase 300-22.

Excepción a (b): Lo que se permite en 725-61(a).

- c) **Áreas peligrosas (clasificadas).** Cuando se instalen en áreas peligrosas (clasificadas), véanse los Artículos 500 al 516 y el Artículo 517, parte D.
- d) **Soporte tipo charola para cables.** Cuando se instalen en soporte tipo charola para cables, véase el Artículo 318.
- e) **Circuitos para control de motores.** Cuando se conecten en el lado de la carga de los dispositivos de protección de circuitos derivados de motores, como se especifica en 430-72(a).

725-5. Acceso a equipo eléctrico por detrás de los tableros diseñados para permitir el acceso. El acceso a equipo no debe obstruirse por la acumulación de alambres y cables que impidan quitar los tableros, incluyendo tableros suspendidos del techo.

725-6. Puesta a tierra de los circuitos Clase 1, Clase 2 y Clase 3. Los circuitos y equipos de Clase 1, Clase 2 y Clase 3 deben estar puestos a tierra según lo que establece el Artículo 250.

725-7. Ejecución mecánica de los trabajos. Los circuitos Clase 1, Clase 2 y Clase 3 deben instalarse de manera organizada y profesional. Los cables deben soportarse sobre la estructura de la edificación, de modo que el cable no se dañe durante el uso normal de ésta.

NOTA: Para información adicional sobre cómo determinar la práctica industrial aceptada, consultar el Apéndice B2.

725-8. Equipo de control para seguridad

(a) Circuitos de control remoto. Los circuitos de control remoto de los equipos de control para seguridad deben clasificarse como de Clase 1, si cuando el equipo deja de funcionar se puede producir un riesgo directo de incendio o de muerte. No se consideran equipos de control para seguridad los termostatos para cuartos, los reguladores de la temperatura del agua y otros controles similares utilizados junto con los equipos electrodomésticos de calefacción y aire acondicionado.

(b) Protección física. Cuando una avería en el circuito de control remoto de un equipo de control para seguridad pueda producir un riesgo como los descritos en 725-8(a), todos los conductores de dichos circuitos deben instalarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, tubo (conduit) metálico semipesado, tubo (conduit) rígido no metálico, tubería eléctrica metálica, cable de Tipo MI, Tipo MC u otro tipo debidamente protegido contra los daños físicos.

725-15. Requisitos de los circuitos Clase 1, Clase 2 y Clase 3. Un circuito de control remoto, de señalización o de potencia limitada debe cumplir las siguientes partes de este Artículo:

- 1) **Circuitos Clase 1. Las Partes A y B.**
- 2) **Circuitos Clase 2 y Clase 3. Las Partes A y C.**

B. Circuitos Clase 1

725-21. Clasificación de los circuitos Clase 1 y requisitos de las fuentes de alimentación. Los circuitos Clase 1 deben clasificarse en circuitos de potencia limitada de Clase 1, cuando cumplen las limitaciones de potencia del siguiente (a), o en circuitos de control remoto y señalización de Clase 1, cuando se usen para control remoto o señalización y cumplan las limitaciones de potencia del siguiente (b).

(a) Circuitos de potencia limitada de Clase 1. Estos circuitos deben estar alimentados por una fuente con salida nominal no mayor que 30 V y 1 000 VA.

(1) Transformadores de Clase 1. Los transformadores utilizados para alimentar circuitos de potencia limitada de Clase 1 deben cumplir lo establecido en el Artículo 450.

(2) Otras fuentes de alimentación de Clase 1. Las fuentes de alimentación distintas de los transformadores deben estar protegidas por dispositivos contra sobrecorriente de capacidad nominal inferior al 167% de los volt-amperes (VA) nominales de la fuente divididos por su tensión nominal. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente no deben ser intercambiables con otros de mayor capacidad nominal. Se permite que el dispositivo de protección contra sobrecorriente forme parte integral de la fuente de alimentación.

Para cumplir con la limitación de 1 000 VA establecida en el Artículo 725-21(a), la salida máxima ($VA_{m\acute{a}x}$) de las fuentes de alimentación que no sean transformadores se debe limitar a 2 500 VA y el producto de la corriente máxima $I_{m\acute{a}x}$ por la tensión máxima $V_{m\acute{a}x}$ no debe superar los 10 000 VA. Estos valores nominales se deben determinar con cualquier dispositivo de protección contra sobrecorriente anulado por su conexión en derivación (cortocircuitado, puenteado).

$VA_{m\acute{a}x}$ es la salida máxima en voltamperes después de un minuto de funcionamiento, independientemente de la carga y con el dispositivo de protección contra sobrecorriente cortocircuitado si se usa. Para determinar los $VA_{m\acute{a}x}$ no debe cortocircuitarse la impedancia de limitación de corriente.

$I_{m\acute{a}x}$ es la corriente máxima de salida con cualquier carga no capacitiva, incluida la de cortocircuito, y con el dispositivo de protección contra sobrecorriente cortocircuitado (si está instalado). Al determinar la $I_{m\acute{a}x}$ no se debe cortocircuitar la impedancia de limitación de corriente. Cuando se utilice una impedancia de limitación de corriente, para esa aplicación o que forme parte de un producto aprobado, en combinación con una fuente de almacenamiento de energía, por ejemplo una batería, para limitar la corriente de salida, deben aplicarse los límites de $I_{m\acute{a}x}$ después de 5 s.

$V_{m\acute{a}x}$ es la tensión de salida máxima independientemente de la carga, cuando se aplica la entrada nominal.

(b) Circuitos de control remoto y señalización de Clase 1. Estos circuitos no deben exceder los 600 V. Puede limitarse la potencia de salida de la fuente de alimentación.

725-23. Protección contra sobrecorriente de los circuitos Clase 1. La protección contra sobrecorriente para conductores 2,08 mm² (14 AWG) y mayores se debe establecer de acuerdo con la capacidad de corriente de dichos conductores sin aplicar los factores de corrección de 310-15 a la capacidad de corriente calculada. La protección contra sobrecorriente no debe ser mayor que 7 A para los conductores 0,824 mm² (18 AWG) ni de 10 A para los 1,31 mm² (16 AWG).

Excepción: Cuando otros Artículos de esta norma exijan o permitan otro tipo de protección contra sobrecorriente.

NOTA 1: Por ejemplo, véase 430-72 para motores, 610-53 para grúas y polipastos eléctricos y 517-74(b) y 660-9 para equipos de rayos x.

725-24. Ubicación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de un circuito Clase 1. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben estar ubicados en el punto donde el conductor por proteger es alimentado.

Excepción 1: Cuando el dispositivo de protección contra sobrecorriente del conductor de mayor tamaño o designación nominal protege también al más pequeño.

Excepción 2: Conductores secundarios del transformador. Se permite proteger contra la sobrecorriente, por el dispositivo de protección en el lado del primario (alimentación) del transformador, los conductores de circuito clase 1 alimentados por el secundario de un transformador monofásico que tiene sólo un secundario de dos fases (tensión única); siempre que dicha protección cumpla lo establecido en 450-3 y no exceda el valor determinado al multiplicar la capacidad de corriente del conductor secundario por la relación de tensión del secundario al primario del transformador. Los conductores secundarios del transformador diferentes a los de dos fases no se consideran protegidos por la protección contra sobrecorriente del primario.

Excepción 3: Conductores de salida de una fuente de alimentación electrónica. Se permite proteger los conductores de un circuito clase 1 alimentados por la salida de una fuente de alimentación electrónica certificada monofásica diferente a la de un transformador, que tenga sólo una salida de dos fases (de un sola tensión) para conectarse con circuitos de Clase 1, mediante protección contra la sobrecorriente proporcionada en el lado de entrada de la fuente de alimentación electrónica, siempre que esta protección no exceda el valor determinado al multiplicar la capacidad de corriente del conductor de circuito Clase 1 por la relación de la tensión de salida a la tensión de entrada. Las salidas de fuente de alimentación electrónica, diferentes a las

dos fases (de tensión única), conectadas a circuitos Clase 1 no deben considerarse protegidas contra la sobrecorriente por la protección en la entrada de la fuente de alimentación electrónica.

NOTA: Un ejemplo de fuente de alimentación de Clase 1 que cumpla con los requisitos de 725-23 es una fuente de alimentación electrónica monofásica cuya salida alimente un circuito de dos fases (de tensión única).

Excepción 4: Los conductores de 2,08 mm² (14 AWG) y mayores de circuitos clase 1, que se derivan desde el lado de carga del dispositivo o dispositivos de protección contra la sobrecorriente de un circuito controlado de iluminación y fuerza requieren sólo protección de cortocircuito y falla a tierra y se permite protegerlos mediante dispositivos de protección contra la sobrecorriente del circuito derivado cuando la capacidad nominal de tales dispositivos sea máximo del 300% de la capacidad de conducción de corriente del conductor del circuito de clase 1.

725-25. Métodos de alambrado para circuitos Clase 1. La instalación de los circuitos Clase 1 debe cumplir los correspondientes Artículos del Capítulo 3.

Excepción 1: Lo que se establece en las Secciones 725-26 a 725-28.

Excepción 2: Cuando otros Artículos de esta norma exijan o permitan otros métodos.

725-26. Conductores de distintos circuitos en el mismo cable, envolvente o canalización.

(a) Dos o más circuitos Clase 1. Se permite que los circuitos Clase 1 ocupen el mismo cable, envolvente o canalización, independientemente si son de corriente continua o de corriente alterna, siempre que todos los conductores estén aislados para la máxima tensión de cualquier conductor que haya en el cable, envolvente o canalización.

(b) Circuitos Clase 1 con circuitos de suministro de fuerza. Sólo se permite que los circuitos Clase 1 ocupen el mismo cable, envolvente o canalización con los circuitos de suministro de fuerza cuando los equipos a los que estén conectados estén funcionalmente asociados.

Excepción 1: Cuando estén instalados en centros de control prefabricados o ensamblados en sitio.

Excepción 2: Los conductores subterráneos en un registro de inspección, siempre que se cumpla una de las siguientes condiciones:

(a) Que los conductores del circuito de suministro de fuerza o del circuito Clase 1 estén en un cable con recubrimiento metálico o de Tipo UF.

(b) Que, además del aislante del alambre, los conductores del circuito Clase 1 estén separados permanentemente de los de suministro de fuerza por un material continuo no conductor bien sujeto, por ejemplo tubería flexible.

(c) Que los conductores estén permanente y eficazmente separados de los de suministro de fuerza y bien sujetos a soportes, aisladores u otros medios aprobados.

725-27. Conductores de los circuitos Clase 1.

(a) tamaño y designación nominal y uso. Se permite usar conductores de un tamaño 0,824 mm² (18 AWG) y 1,31 mm² (16 AWG) siempre que las cargas alimentadas no superen las capacidades de corriente dadas en 402-5, y además estén instalados en una canalización o tubería o un cable aprobado. Los conductores de tamaño o designación nominal mayor que 1,31 mm² (16 AWG) no deben alimentar cargas mayores que las capacidades de corriente dadas en 310-15. Los cordones flexibles deben cumplir lo dispuesto en el Artículo 400.

(b) Aislamiento. El aislamiento de los conductores debe ser para 600 V. Los conductores de un tamaño o designación nominal mayor que 1,31 mm² (16 AWG) deben cumplir lo establecido en el Artículo 310. Los conductores con un tamaño de 0,824 mm² (18 AWG) y 1,31 mm² (16 AWG) deben ser de Tipo, SF-2, SFF-2, TF, TFF, TFFN, TFN. Se permite utilizar conductores de otros tipos o de otros espesores de aislamiento, siempre que estén aprobados para usarlos en circuitos Clase 1.

725-28. Número de conductores en los soportes tipo charola para cables y en las canalizaciones. Factores de corrección.

(a) Conductores de circuitos Clase 1. Cuando en una canalización sólo haya conductores de circuitos Clase 1, el número de conductores debe determinarse de acuerdo con 300-17. Sólo deben aplicarse los

factores de corrección de 310-15(g)(1) si dichos conductores transportan continuamente cargas mayores al 10 % de la capacidad de corriente de cada conductor.

(b) Conductores para suministro de fuerza y circuitos Clase 1. Cuando, según lo permitido en 725- 26, en una canalización haya conductores de circuitos Clase 1 y para suministro de fuerza, el número de conductores debe determinarse de acuerdo con 300-17. Los factores de corrección de 310-15(g)(1) deben aplicarse del siguiente modo:

(1) A todos los conductores, cuando los conductores del circuito Clase 1 transporten continuamente cargas mayores al 10% de la capacidad de conducción de corriente de cada conductor y el número total de conductores sea más de tres.

(2) Sólo a los conductores para suministro de fuerza, cuando los conductores del circuito Clase 1 no transporten continuamente cargas mayores al 10% de la capacidad de conducción de corriente de cada conductor y el número total de conductores para suministro de fuerza sea de más de tres.

(c) Conductores de circuitos Clase 1 en soportes tipo charola para cables. Cuando haya instalados conductores de circuitos Clase 1 en soportes tipo charola para cables, deben cumplir lo establecido en 318-9 a 318-11.

725-29. Circuitos que se extienden más allá de un edificio. Si los circuitos Clase 1 salen en forma aérea más allá de un edificio, también deben cumplir los requisitos del Artículo 225.

C. Circuitos Clase 2 y Clase 3

725-41. Fuentes de alimentación para circuitos Clase 2 y Clase 3.

(a) Fuente de alimentación. La fuente de alimentación para un circuito Clase 2 o Clase 3 debe ser como se especifica en (1), (2), (3) o (4) siguientes:

NOTA 1: En la Figura 725-41 se indican las relaciones entre las fuentes de alimentación Clase 2 o Clase 3, su alimentación y los circuitos Clase 2 o Clase 3.

NOTA 2: En las Tablas 11(a) y 11(b) del Capítulo 10 se establecen los requisitos de las fuentes de alimentación aprobadas para Clase 2 y Clase 3.

1) Un transformador aprobado para Clase 2 o Clase 3.

2) Una fuente de alimentación aprobada para Clase 2 o Clase 3.

3) Otro equipo aprobado y marcado para identificar la fuente de alimentación de Clase 2 o Clase 3.

NOTA: Ejemplos de otros equipos son:

1. una placa aprobada (circuito impreso) para usar como fuente de alimentación para circuitos Clase 2 o Clase 3 si forma parte de un conjunto aprobado;

2. una impedancia de limitación de corriente si es para ese propósito o forma parte de un conjunto aprobado, utilizada junto con un transformador de potencia no limitada o una fuente de almacenamiento de energía, como una batería, para limitar la corriente de salida;

3. un termopar.

Excepción: Es opcional que los termopares estén aprobados como fuente de alimentación para circuitos Clase 2.

4) Los equipos aprobados de procesamiento de datos (computadoras) de potencia limitada.

NOTA: Para información adicional sobre como determinar los requisitos aplicables a los equipos de procesamiento de datos (computador), véase Apéndice B2.

Estos circuitos son normalmente los que se usan para conectar equipos de procesamiento de datos con el propósito de intercambiar información (datos).

5) Una batería seca debe considerarse una fuente de alimentación de Clase 2 intrínsecamente limitada, siempre que tenga 30 V o menos y que su capacidad sea igual o menor que la disponible de celdas No. 6 de zinc y carbón conectadas en serie.

(b) Conexión de fuentes de alimentación. No deben conectarse en paralelo ni de ningún otro modo las salidas de las fuentes de alimentación de Clase 2 o Clase 3, a menos que estén aprobadas para ello.

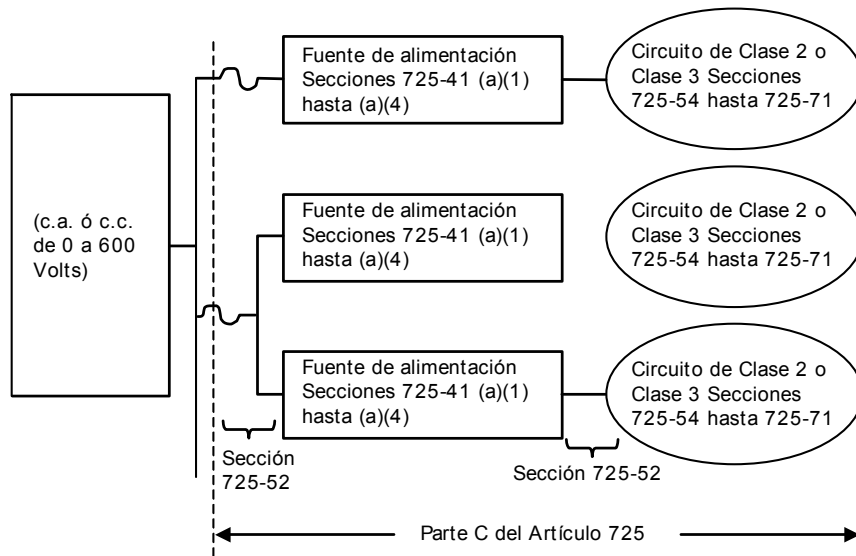


FIGURA 725-41.- Circuitos Clase 2 y Clase 3

725-51. Métodos de alambrado en el lado de la alimentación de las fuentes de alimentación de Clase 2 o Clase 3. Los conductores y equipos que estén en el lado de la alimentación de las fuentes de alimentación deben instalarse de acuerdo con los requisitos apropiados de los Capítulos 1 a 4. Los transformadores u otros dispositivos que se alimenten desde circuitos de alumbrado o fuerza deben protegerse con dispositivos contra sobrecorriente de máximo 20 A nominales.

Excepción: Se permite que los terminales de entrada de un transformador u otra fuente de alimentación que den suministro a un circuito Clase 2 o Clase 3, sean de tamaño o designación menor que 2,08 mm² (14 AWG) pero no menor que 0,824 mm² (18 AWG) si no tienen más de 305 mm de longitud y tienen un aislamiento que cumpla lo establecido en 725-27(b).

725-52. Materiales y métodos de alambrado en el lado de la carga de la fuente de alimentación de Clase 2 o Clase 3. Los conductores en el lado de la carga de la fuente de alimentación deben estar aislados como mínimo según lo que exige en 725-71 y deben instalarse de acuerdo con lo establecido en 725-54 y 725-61.

725-54 Instalación de los conductores y equipos

(a) Separación entre los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada, y cables de comunicaciones de banda ancha energizados por una red de potencia media.

(1) En cables, compartimientos, soportes tipo charola para conductores, envolventes, registro de inspección, cajas de salida, cajas de dispositivos y canalizaciones. Los cables y conductores de circuitos Clase 2 y Clase 3 no deben ubicarse en cables, compartimientos, soportes tipo charola para conductores, envolventes, registro de inspección, cajas de salida, cajas de dispositivos ni canalizaciones o accesorios similares con conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada, y cables de comunicaciones de banda ancha energizados por una red de potencia media.

Excepción 1: Cuando los conductores de circuitos de alumbrado eléctrico, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada y cables de comunicaciones de banda ancha energizados por una red de potencia media, estén separados de los de los circuitos Clase 2 o Clase 3 por una barrera. En las envolventes se permite instalar los conductores de los circuitos Clase 2 o Clase 3 en una canalización dentro de dichas envolventes que los separe de los de los circuitos de alumbrado eléctrico, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada, y cables de comunicaciones de banda ancha energizados por una red de potencia media.

Excepción 2: Los conductores en compartimientos, envolventes, cajas de salida, cajas de dispositivos o accesorios similares en los que los conductores de los circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada y cables de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media, se introduzcan únicamente para conectarse a los equipos conectados a circuitos Clase 2 o Clase 3 a los cuales se conectan los otros conductores, y:

(a) Los conductores de los circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada y cables de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media se instalen de modo que queden como mínimo a 6,35 mm de distancia de los cables y conductores de circuitos Clase 2 y Clase 3; o

(b) Los conductores del circuito operen a 150 V o menos a tierra y además cumplan con uno de los siguientes requisitos:

(1) Que los circuitos Clase 2 o Clase 3 se instalen con cables de Tipo CL3, CL3R o CL3P o cables sustitutos permitidos, siempre que los conductores de los cables del circuito Clase 3 que se extiendan más allá de la cubierta estén separados de todos los demás conductores por una distancia mínima de 6,35 mm o por una manga o barrera no conductora, o

(2) Que los conductores de los circuitos Clase 2 o Clase 3 se instalen como un circuito Clase 1, de acuerdo con g725-21.

Excepción 3: Cuando los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia no limitada y cables de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media entren en compartimentos, envolventes, cajas de salida, cajas de dispositivos o accesorios similares, solamente para conectarse con los equipos conectados a circuitos Clase 2 o Clase 3 a los cuales se conecten los otros conductores en la envolventes. Si los conductores deben entrar en una envolvente con una sola abertura, se permite que lo hagan a través de un accesorio sencillo (tal como una " T") siempre que estén separados de los conductores de los demás circuitos por un elemento no conductor, continuo y bien sujeto, como una tubería flexible.

Excepción 4: Los conductores subterráneos en un registro de inspección, cuando se cumpla una de las siguientes condiciones:

(a) Los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada y de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media, estén dentro de un cable con recubrimiento metálico o un cable de Tipo UF.

(b) Los conductores estén permanente y eficazmente separados de los conductores de otros circuitos mediante una barrera no conductora continua y bien sujeta, tal como tubería flexible, adicional al aislamiento o recubrimiento del alambre.

(c) Los conductores estén permanente y eficazmente separados de los conductores de otros circuitos y bien sujetos a soportes, aisladores u otros apoyos aprobados.

Excepción 5: Según se permite en 780-6(a) y si se instalan de acuerdo con lo que establece el Artículo 780.

Excepción 6: En soportes tipo charola, donde los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, y de alarma contra incendios de potencia no limitada estén separados mediante una barrera fija sólida de un material compatible con el soportes tipo charola para conductores o donde se instalen circuitos de Clase 2 y Clase 3 en cable Tipo MC.

(2) **En los cubos de los ascensores.** En los cubos de los ascensores, los conductores de los circuitos Clase 2 o Clase 3 deben instalarse en tubo metálico (conduit) tipo pesado, tubo (conduit) rígido no metálico, tubo (conduit) metálico tipo semipesado o tuberías eléctricas metálicas.

Excepción: Lo que se establece en 620-21 para ascensores y equipos similares.

(3) **Otras aplicaciones.** Los conductores de los circuitos Clase 2 y Clase 3 deben separarse como mínimo a 50 mm de los conductores de cualquier circuito de alumbrado, de fuerza, de Clase 1 y de alarma contra incendios de potencia no limitada o de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media.

Excepción 1: Cuando: (1) todos los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada y de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media; o (2) todos los conductores de los circuitos Clase 2 y Clase 3 estén instalados en una canalización o cables con armadura metálica, cable armado, cables con armadura no metálica o cable de Tipo UF.

Excepción 2: Cuando todos los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada y de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media estén separados permanentemente de todos los conductores de los circuitos Clase 2 y Clase 3 por una barrera continua, no conductora y bien sujeta, tal como tubos de porcelana o tubería flexible, adicional al aislamiento de los conductores.

(b) Conductores de distintos circuitos en el mismo cable, envolvente o canalización

(1) Dos o más circuitos Clase 2. Se permite instalar los conductores de dos o más circuitos Clase 2 en el mismo cable, envolvente o canalización.

(2) Dos o más circuitos Clase 3. Se permite instalar los conductores de dos o más circuitos Clase 3 en el mismo cable, envolvente o canalización.

(3) Circuitos Clase 2 con circuitos Clase 3. Se permite instalar los conductores de uno o más circuitos Clase 2 en el mismo cable, envolvente o canalización con conductores de circuitos Clase 3 siempre que el aislamiento de los conductores de los circuitos Clase 2 que haya en el cable, envolvente o canalización sea como mínimo el exigido para los conductores de los circuitos Clase 3.

(4) Conductores de circuitos Clase 2 y Clase 3 con circuitos de comunicaciones. Se permite instalar conductores de los circuitos Clase 2 y Clase 3 en el mismo cable, con circuitos de comunicaciones, en cuyo caso los circuitos Clase 2 y Clase 3 deben clasificarse como circuitos de comunicaciones y cumplir los requisitos del Artículo 800. Los cables deben estar aprobados como cables de comunicaciones o multipropósito.

Excepción: No se exige que los cables construidos con base en conductores individuales aprobados de Clase 2 y Clase 3 y de comunicaciones, instalados dentro de la misma cubierta estén clasificados como cables de comunicaciones. La clasificación de resistencia al fuego para estos cables compuestos debe determinarse por su desempeño.

(5) Cables de Clase 2 o Clase 3 con cables de otros circuitos. Se permite que en la misma tubería o canalización haya cables cubiertos de circuitos Clase 2 o Clase 3 con cables también cubiertos de cualquiera de los siguientes circuitos:

(a) Circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada que cumplan lo establecido en el Artículo 760;

(b) Cables de fibra óptica, conductores o no conductores, que cumplan lo establecido en el Artículo 770;

(c) Circuitos de comunicaciones que cumplan lo establecido en el Artículo 800;

(d) Sistemas de distribución de antenas comunales de radio y televisión que cumplan lo establecido en el Artículo 820;

(e) Cables de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia baja, de conformidad con el Artículo 830.

(c) Conductores de circuitos que se extiendan más allá de un edificio. Cuando los conductores de circuitos Clase 2 o Clase 3 se extiendan más allá de un edificio y vayan tendidos de modo que puedan entrar en contacto accidental con conductores de circuitos de alumbrado o fuerza, que funcionen a más de 300 V a tierra o estén expuestos a los rayos por los circuitos que haya entre los edificios de un mismo predio, también deben cumplirse los requisitos siguientes:

(1) Los establecidos en 800-10, 800-12, 800-13, 800-30, 800-31, 800-32, 800-33 y 880-40, cuando los conductores no sean coaxiales.

(2) Los establecidos en 820-10, 820-33 y 820-40 para conductores coaxiales.

(d) Apoyos de los conductores. Los conductores de circuitos Clase 2 o Clase 3 no deben ajustarse con abrazaderas, cinta o cualquier medio al exterior de cualquier tubo (conduit) u otra canalización como medios de apoyo. Excepción: Lo que permite la Sección 300-11(b)(2).

725-61. Aplicaciones de los cables certificados de Clase 2, Clase 3 y PLTC. Los cables de Clase 2, Clase 3 y PLTC deben cumplir los siguientes requisitos (a) hasta (g):

(a) Cámaras plena (de aire). Los cables instalados en cámaras plenas (de aire), ductos y otros espacios utilizados para ventilación (aire ambiental) deben ser de tipo CL2P o CL3P.

Excepción: Los cables y alambres aprobados e instalados que cumplen lo establecido en 300- 22.

(b) secciones verticales. Los cables instalados en tramos verticales que atraviesen más de un piso o los instalados en secciones verticales de un pozo deben ser de tipo CL2R o CL3R. Cuando se requiera que los cables que pasen a través del piso sean de tipo CL2R o CL3R, sólo deben usarse cables para uso en secciones verticales o cámaras plenas (de aire).

Excepción 1: Se permite utilizar otros cables de acuerdo con la Tabla 725-61 y otros métodos de alambrado de acuerdo con el Capítulo 3, si están instalados en canalizaciones metálicas o ubicados en cubos protegidos contra incendios con cortafuegos en cada piso.

Excepción 2: En viviendas unifamiliares y bifamiliares se permite utilizar cables de Tipo CL2, CL3, CL2X y CL3X. NLM: Para los requisitos de cortafuegos para penetraciones en el piso, véase el Artículo 300-21.

(c) Soportes tipo charola para conductores. Los cables instalados en soportes tipo charola para conductores en exteriores deben ser de tipo PLTC. Los cables instalados en soportes tipo charola para conductores, en interiores deben ser de tipo PLTC, CL3P, CL3R, CL3, CL2P, CL2R y CL2. NLM: Para los cables permitidos en soportes tipo charola para conductores, véase 800-52(d).

(d) Áreas peligrosas (clasificadas). Los cables instalados en áreas peligrosas (clasificadas) deben ser de Tipo PLTC. Cuando, según en 501-4(b), 502-4(b) y 504-20, se permita utilizar cables de Tipo PLTC, los cables deben instalarse en soportes tipo charola para conductores, en canalizaciones, sujetos por cables mensajeros o de cualquier otra forma apoyados adecuadamente, y protegidos mecánicamente por ángulos, columnas, canales u otros medios mecánicos; o enterrados directamente, si están aprobados para este uso.

Excepción 1: En los circuitos Clase 2, según se permite en 501-4(b) Excepción.

Excepción 2: En los circuitos de termopares de Clase 2 se permite que los conductores de los cables PLTC utilizados sean del mismo material que se utilice para el alambre de extensión de los termopares.

Excepción 3: En establecimientos industriales donde las condiciones de mantenimiento y supervisión garanticen que sólo personas calificadas realizan mantenimiento a la instalación, y donde el cable no esté sujeto a daño físico, se permite el empleo de cable tipo PLTC, que cumpla con los requisitos de compresión e impacto del cable tipo MC y esté identificado para dicho uso, como alambrado a la vista entre los soportes tipo charola para conductores y el equipo de utilización en longitudes máximas de 16 m, donde el cable esté apoyado y protegido contra daño físico mediante dispositivos mecánicos tales como columnas especiales, ángulos o canales. Debe apoyarse el cable y asegurarlo en intervalos que no superen los 2,0 m.

(e) Otro alambrado dentro de los edificios. Los cables instalados dentro de los edificios en lugares distintos a los tratados en los anteriores apartados (a) hasta (d) deben ser de Tipo CL2 o CL3.

Excepción 1: Los cables de Tipo CL2X o CL3X cuando se instalen en una canalización o con alguno de los métodos de alambrado de los que trata el Capítulo 3.

Excepción 2: En espacios no resguardados, cuando la longitud del tramo de cable expuesto no pase de 3,05 m.

Excepción 3: Los cables de Clase 2 Tipo CL2X de diámetro menor que 6,4 mm y los de Clase 3 Tipo CL3X aprobados, de diámetro menor que 6,4 mm instalados en viviendas unifamiliares y bifamiliares.

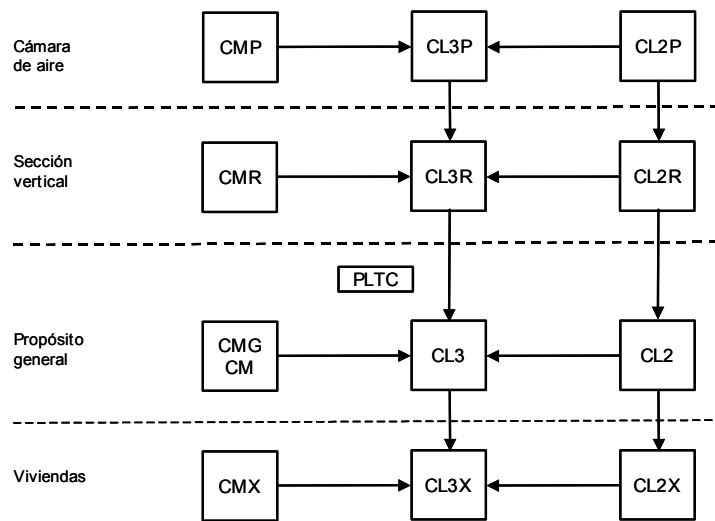
Excepción 4: Los cables aprobados de Clase 2 Tipo CL2X de diámetro menor que 6,4 mm y los aprobados de Clase 3 Tipo CL3X de diámetro menor que 6,4 mm instalados en espacios no resguardados de viviendas multifamiliares.

Excepción 5: Los alambres y cables de comunicaciones de Tipo CMUC instalados bajo alfombras.

(f) Conjuntos de conexión cruzada. Se deben utilizar conductores o cables de Tipo CL2 o CL3.

(g) Usos y sustituciones permitidas de los cables de Clase 2 y Clase 3. Los usos y sustituciones de los cables de Clase 2 y Clase 3 indicados en la Tabla 725-61, deben considerarse adecuados para ese propósito y deben permitirse.

NOTA: Para más información sobre los cables de Tipo CMP, CMR, CMG, CM y CMX, véase 800-50.



Tipo CM - alambres y cables de comunicaciones
 Tipo CL2 y CL3 Cables de control remoto, de señalización y de potencia limitada clase 2 y clase 3
 Tipo PLTC - Cable para bandejas de potencia limitada

A → **B** Se puede usar el cable A en sustitución del cable

FIGURA 725-61.- Jerarquía de sustitución de los cables

725-71. Aprobado y marcado de los cables de Clase 2, Clase 3 y Tipo PLTC. Los cables de Clase 2, Clase 3 y Tipo PLTC, que se instalen dentro de edificaciones deben estar aprobados como resistentes a la propagación del fuego según los demás requisitos de los apartados (a) hasta (g) siguientes y estar marcados según el apartado (h):

(a) Tipos CL2P y CL3P. Los cables de Tipo CL2P y CL3P para cámaras plenas (de aire), deben estar aprobados para uso en cámaras plenas (de aire), ductos y otros espacios de circulación de aire ambiental; además, deben estar aprobados como poseedores de características adecuadas de resistencia al fuego y baja producción de humo.

TABLA 725-61.- Aplicaciones y sustituciones de los cables permitidos

Tipo de Cable	Uso	Referencias	Sustituciones permitidas
CL3P	Cable de Clase 3 para cámaras de distribución de aire	725-61(a)	CMP
CL2P	Cable de Clase 2 para cámaras de distribución de aire	725-61(a)	CMP, CL3P
CL3R	Cable de Clase 3 para secciones verticales	725-61(b)	CMP, CL3P, CMR
CL2R	Cable de Clase 2 para secciones verticales	725-61(b)	CMP, CL3P, CL2P, CMR, CL3R
PLTC	Cable de potencia limitada para bandejas portacables	725-61(c) y (d)	
CL3	Cable de Clase 3	725-61(b)(e) y (f)	CMP, CL3P, CMR, CL3R, CMG, CM, PLTC
CL2	Cable de Clase 2	725-61(b)(e) y (f)	CMP, CL3P, CL2P, CMR, CL3R, CL2R, CMG, CM, PLTC, CL3
CL3X	Cable de Clase 3 de uso limitado	725-61(b) y (e)	CMP, CL3P, CMR, CL3R, CMG, CM, PLTC, CL3, CMX
CL2X	Cable de Clase 2 de uso limitado	725-61(b) y (e)	CMP, CL3, CL2P, CMR, CL3R, CL2R, CMG, CM, PLTC, CL3, CL2, CMX, CL3X

NOTA: Un método para definir la baja producción de humo de un cable consiste en establecer un valor aceptable del humo producido al realizar la prueba, a una densidad óptica de pico máximo de 0,5 y una densidad óptica promedio máxima de 0,15. En forma similar, un método para definir la resistencia a la flama de los cables consiste en establecer la distancia permisible de viaje de la llama de 1,50 m al ser evaluado de acuerdo con la misma prueba. Véase apéndice B1.

(b) Tipos CL2R y CL3R. Los cables para secciones verticales, Tipo CL2R y CL3R, deben estar aprobados para instalarlos en tramos verticales dentro de cubos o de piso a piso, además, deben estar aprobados como poseedores de características de resistencia al fuego para que no transmitan las llamas de un piso a otro.

NOTA: Un método para determinar si las características de resistencia a la flama puedan evitar el transporte de la llama de un piso a otro es someterlo al método de prueba para la determinación de la resistencia a la propagación de la flama en conductores eléctricos colocados en charola vertical. Ver Apéndice B1.

(c) Tipos CL2 y CL3. Los cables de Tipo CL2 y CL3 deben estar aprobados como adecuados para uso general excepto en secciones verticales, cámaras plenas (de aire), ductos y otros espacios utilizados para circulación de aire ambiental; además, deben estar aprobados como resistentes a la propagación del fuego.

NOTA: Un método para establecer la resistencia a la propagación de la flama es que los cables no propaguen el fuego a la parte superior del soporte tipo charola para conductores en la prueba de flama vertical para el soporte tipo charola, véase Apéndice B1. Otro método para establecer la resistencia a la propagación del fuego es medir si el daño sufrido por el cable (longitud de la parte carbonizada) no superior a 1,5 m cuando se le somete la prueba de flama vertical, véase Apéndice B1.

(d) Tipos CL2X y CL3X. Los cables de uso limitado de Tipo CL2X y CL3X deben estar aprobados para uso en viviendas y canalizaciones, y además estar aprobados como retardantes de las flamas.

NOTA: Un método para establecer si un conductor es resistente a la propagación de la flama, consiste en someterlo a la prueba de flama para cables verticales VW-1, véase apéndice B1.

(e) Tipo PLTC. Los cables de potencia limitada con armadura no metálico para soportes tipo charola, Tipo PLTC (soportes tipo charola para conductores de potencia limitada), deben ser aprobados para usarlos en soportes tipo charola para conductores y deben consistir en un conjunto montado de dos o más conductores aislados en una armadura no metálica, y marcados según establecen en 310-11 y la Tabla 725-71. Los conductores aislados deben ser de 0,325 mm² (22 AWG) al 3,31 mm² (12 AWG). El material de los conductores debe ser cobre (sólido o trenzado) y el aislamiento sobre los conductores debe ser adecuado para 300 V. El núcleo del cable debe ser alguno de los siguientes:

(1) dos o más conductores paralelos;

(2) uno o más grupos de conductores trenzados o paralelos; o

(3) una combinación de ambos. Se permite aplicar sobre el núcleo del cable, sobre grupos de conductores o sobre ambos, una cubierta metálica o una armadura de hoja metalizada con cable o cables de drenaje (fuga). El cable debe estar aprobado como resistente a la propagación del fuego. El material de la cubierta exterior debe ser de material no metálico y resistente a la humedad y a la luz del sol.

Excepción 1: No se exige que haya una cubierta exterior no metálica cuando se aplique sobre la armadura no metálica una cubierta metálica lisa, un armadura metálica soldada y corrugada o una armadura de cinta traslapada. En los cables con armadura metálica sin cubierta exterior no metálica, la información requerida en 310- 11 debe ubicarse en la cubierta no metálica bajo la cubierta.

Excepción 2: En los circuitos de termopares de Clase 2 se permite que los conductores de los cables PLTC utilizados sean de cualquiera de los materiales que se utilicen para el alambre de extensión de los termopares.

NOTA: Un método para establecer la resistencia a la propagación del fuego es que los cables no propaguen el fuego hasta la parte superior del soporte tipo charola para conductores en la prueba de flama para soportes tipo charola para conductores verticales, véase Apéndice B1. Otro método para definir la resistencia a la propagación del fuego consiste en medir si el daño sufrido por el cable (longitud de la parte carbonizada no es mayor que 1,5 m cuando se le somete al ensayo de flama vertical para cables en soportes tipo charola para conductores, véase apéndice B1.

(f) Tensión nominal de los cables de Clase 3. Los cables de Clase 3 deben tener una tensión nominal no menor que 300 V.

(g) Conductores sencillos de Clase 3. Los conductores sencillos de Clase 3 usados como un alambrado diferente dentro de edificios no deben tener un tamaño o designación nominal menor que 0,824 mm²

(18 AWG) y deben ser del Tipo CL3. Se permiten a los tipos de conductores descritos en 725-27(b) que también están aprobados como Tipo CL3.

NOTA: Un método para definir la resistencia a la propagación del fuego es que al someter los cables a la prueba de Flama Vertical para cables en soportes tipo charola para conductores, éstos no propaguen el fuego hasta la parte superior del soportes tipo charola para conductores. Otro método para definir la resistencia a la propagación del fuego es medir si el daño sufrido por el cable (longitud de la parte carbonizada) no supera 1,5 m cuando se le somete a la prueba de flama vertical para soportes tipo charola para cables. Véase Apéndice B1.

(h) Marcado. Los cables deben estar marcados de acuerdo con la Tabla 725-71. La tensión nominal no debe marcarse en los cables.

NOTA: Si se marca la tensión nominal en los cables se puede mal interpretar, como sugiriendo que los cables pueden utilizarse en circuitos de alumbrado de Clase 1 y de fuerza.

Excepción: Se permite que la tensión nominal esté marcada en los cables cuando estén aprobados para varias aplicaciones y las condiciones de aprobación de alguna de ellas así lo requiera.

TABLA 725-71.- Aplicaciones de los cables y sustituciones permitidas

Tipo de Cable	Uso	Referencias
CL3P	Cable de Clase 3 para cámaras de distribución de aire	725-71(a)(f) y (h)
CL2P	Cable de Clase 2 para cámaras de distribución de aire	725-71(a) y (h)
CL3R	Cable de Clase 3 para secciones verticales	725-71(b)(f) y (h)
CL2R	Cable de Clase 2 para secciones verticales	725-71(b) y (h)
PLTC	Cable de potencia limitada para bandejas portacables	725-71(e) y (h)
CL3	Cable de Clase 3	725-71(c)(f) y (h)
CL2	Cable de Clase 2	725-71(c)(f) y (h)
CL3X	Cable de Clase 3 de uso limitado	725-71(d)(f) y (h)
CL2X	Cable de Clase 2 de uso limitado	725-71(d)(f) y (h)

NOTA: Los tipos de cables de Clase 2 y Clase 3 están relacionados en orden descendente en cuanto a resistencia al fuego. Los cables de Clase 3 están relacionados por encima de los de Clase 2, puesto que pueden utilizarse en sustitución de los de Clase 2.

ARTICULO 727-CABLES PARA SOPORTES TIPO CHAROLA PARA CONDUCTORES DE INSTRUMENTACION TIPO ITC

727-1. Alcance. Este Artículo trata las especificaciones del uso, instalación y construcción de cable para soportes tipo charola para conductores de instrumentación aplicables a los circuitos de instrumentación y control que funcionan a 150 V o menor y 5 A o menor.

727-2. Definición. Un cable de Tipo ITC para soportes tipo charola para conductores de instrumentación, es un conjunto montado en fábrica de dos o más conductores aislados, con o sin conductor o conductores de puesta a tierra y encerrado dentro de un forro no metálico.

727-3. Otros Artículos. Además de las disposiciones de este Artículo, la instalación del cable Tipo ITC debe cumplir con los demás Artículos aplicables de esta norma, tales como los Artículos 240, 250, 300 y 318.

727-4. Usos permitidos. Se permite utilizar cable de Tipo ITC en establecimientos industriales donde las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que la instalación es atendida sólo por personas calificadas:

- (1) En soportes tipo charola para conductores.
- (2) En canalizaciones.
- (3) En áreas peligrosas (clasificadas), cuando lo permitan los Artículos 501, 502, 503, 504 y 505.
- (4) Como alambrado a la vista donde se encuentre equipado con un forro metálico liso, metálico corrugado continuo o blindaje de cinta traslapada aplicada sobre el forro no metálico de acuerdo con 727-6.

El cable debe apoyarse y asegurarse a intervalos menores de 1,80 m.

Excepción 1: Se permite la instalación de cable tipo ITC sin forro metálico o armadura como alambrado a la vista entre el soportes tipo charola para conductores y el equipo en longitudes menores 16 m donde el cable esté apoyado y protegido contra daño físico mediante protección mecánica, tal como columnas especiales, ángulos o canales. El cable debe apoyarse y asegurarse a intervalos menores 1,80 m.

Excepción 2: Se permite la instalación de cable tipo ITC, que cumpla con los requisitos de compresión e impacto del cable tipo MC y esté identificado para su uso, como alambrado a la vista entre el soporte tipo charola para conductores y el equipo en tramos menores a los 1,24 m. El cable debe estar apoyado y asegurado en intervalos de longitud menor que 1,80 m.

(5) Como cables aéreos con un cable mensajero.

(6) Directamente enterrados cuando estén identificados para ese uso.

(7) Bajo suelos elevados en salas de control y de cuartos de bastidores donde estén dispuestos de tal forma que se eviten daños a los cables.

727-5. Usos no permitidos. No deben usarse cables de Tipo ITC en circuitos que funcionen a más de 150 V o más de 5 A.

La instalación de cable Tipo ITC con otros cables debe estar sujeta a las disposiciones establecidas en los Artículos específicos para los otros cables. Cuando los Artículos específicos no contengan las disposiciones establecidas para la instalación con cable tipo ITC, no se permite la instalación del cable tipo ITC con los otros cables.

No deben instalarse cables de Tipo ITC en circuitos de fuerza, alumbrado, Clase 1 o de potencia no limitada.

Excepción 1: Cuando terminen dentro de equipos o cajas de empalme y las separaciones se mantengan mediante barreras aislantes u otros medios.

Excepción 2: Cuando se aplique una cubierta metálica o un armado sobre el forro no metálico del cable tipo ITC.

727-6. Construcción. Los conductores aislados de los cables de Tipo ITC deben tener tamaños entre 0,325 mm² (22 AWG) y 3,31 mm² (12 AWG). El material de los conductores debe ser cobre o aleación de termopar. El aislamiento de los conductores debe ser para 300 V nominales. Se permite la cubierta.

Los cables deben estar aprobados como resistentes a la propagación del fuego. La cubierta exterior debe ser además resistente a la humedad y a la luz del sol.

Cuando se aplique una cubierta metálica lisa, un cubierta metálica continuo y corrugado o un armado de cinta traslapada sobre la cubierta no metálica del cable, se permite, aunque no se requiere, aplicar una cubierta exterior no metálica.

727-7. Marcado. Los cables deben marcarse según lo establecido en 310-11.

727-8. Capacidad permisible de corriente. La capacidad de conducción de corriente para los conductores debe ser 5 A, excepto para los de 0,325 mm² (22 AWG), la cual debe ser 3 A.

727-9. Protección contra la sobrecorriente. La protección contra la sobrecorriente no debe exceder los 5 A para conductores 0,519 (20 AWG) y mayores, ni ser mayor que 3 A para los 0,325 mm² (22 AWG).

727-10. Curvas. Las curvas en los cables de Tipo ITC deben hacerse de manera que no se dañe el cable.

ARTICULO 760-SISTEMAS DE ALARMA CONTRA INCENDIOS

A. Disposiciones generales

760-1. Alcance. Este Artículo cubre la instalación de alambrado y equipos de sistemas de alarma contra incendios, incluidos todos los circuitos controlados y alimentados por el sistema de alarma.

NOTA 1: Los sistemas de alarma contra incendios incluyen los de detección del fuego y notificación de la alarma, puestos de guardia, flujo de agua de los rociadores automáticos y sistemas de supervisión de los mismos. Los circuitos controlados y alimentados por el sistema de alarma contra incendios incluyen los circuitos de control para las funciones de los sistemas de seguridad del edificio, captura de ascensores, parada de ascensores, apertura de puertas, control de las compuertas y puertas cortahumos, control de las puertas y ventanas cortafuegos y parada de los ventiladores, pero únicamente cuando estos circuitos estén alimentados y controlados por el sistema de alarma contra incendios. Para más información sobre la instalación y supervisión de los requisitos integrales de los sistemas de alarma contra incendios, véase Apéndice B2.

NOTA 2: Los circuitos Clase 1, Clase 2 y Clase 3, se definen en el Artículo 725.

760-2. Definiciones. Para efectos de este Artículo se utilizan las siguientes definiciones:

Cable de integridad (CI) del circuito de alarma contra incendios: Cable empleado en sistemas de alarma contra incendios con el fin de asegurar la continuidad del funcionamiento de los circuitos críticos durante un tiempo especificado bajo condiciones de incendio.

Circuito de alarma contra incendios. Parte del sistema de alambrado entre el lado de carga del dispositivo de protección contra sobrecorriente o la alimentación de potencia limitada y el equipo conectado de todos los circuitos alimentados y controlados por el sistema de alarma contra incendios. Los circuitos de alarma contra incendios se clasifican en circuitos de potencia limitada y de potencia no limitada.

Circuito de alarma contra incendios de potencia no limitada (NPLFA): Circuito de alarma contra incendios alimentado por una fuente que cumple lo establecido en 760- 21 y 760-23.

Circuito de alarma contra incendios de potencia limitada (PLFA): Circuito de alarma contra incendios alimentado por una fuente que cumple lo establecido en 760-41.

760-3. Ubicación y referencia a otros artículos. Los circuitos y equipos deben cumplir con los incisos (a) hasta (f) siguientes. Sólo aquellas secciones del Artículo 300 referenciadas en este Artículo deben aplicarse a los sistemas de alarma contra incendio:

- a) **Propagación del incendio o productos de la combustión.** Véase 300-21.
- b) **Ductos, cámaras plenas (de aire) y otros espacios para manejo de aire.** Véase 300-22, cuando los sistemas se instalen en ductos, cámaras plenas (de aire) y otros espacios usados para aire ambiental.

Excepción: Lo permitido en 760-17 (e)(1) y (2) y 760-53(a).

- c) **Áreas peligrosas (clasificadas).** Cuando se instalan en áreas peligrosas (clasificadas), los circuitos de alarma contra incendios deben cumplir con los Artículos del 500 al 516, y la Parte D del Artículo 517.
- d) **Áreas con ambientes corrosivos, húmedos o mojados.** Cuando se instalan en áreas con ambientes corrosivos, húmedos o mojados, los circuitos de alarma contra incendios deben cumplir lo establecido en 110-11, 300-6 y 310-9.
- e) **Circuitos de control de los edificios.** Cuando los circuitos de control de sistemas de los edificios (por ejemplo control de elevadores, ventiladores, etc.), estén asociados con los sistemas de alarma contra incendios, deben cumplir con el Artículo 725.
- f) **Cables de fibra óptica.** Cuando se utilicen cables de fibra óptica para circuitos de alarma contra incendio, los cables deben instalarse cumpliendo con lo establecido en el Artículo 770.

760-5. Acceso a los equipos eléctricos instalados detrás de tableros diseñados para permitir el acceso. El acceso a los equipos eléctricos no debe verse impedido por acumulación de conductores y cables que impidan quitar los tableros, incluso los de los techos falsos.

760-6. Puesta a tierra de los circuitos y equipos de alarma contra incendios. Los circuitos y equipo de alarma contra incendios, deben ser puestos a tierra conforme a lo establecido en el Artículo 250.

760-7. Circuitos de alarma contra incendios que se extienden más allá de un edificio. Los circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada, que se extiendan más allá de un edificio y que estén instalados en sitios exteriores, tienen que cumplir los requisitos de instalación del Artículo 800, partes B, C y D o cumplir con los requisitos de instalación del Artículo 225. Los circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada que se extiendan más allá de un edificio y que estén instalados en sitios exteriores deben cumplir los requisitos del Artículo 225.

760-8. Ejecución mecánica de los trabajos. Los circuitos de alarma contra incendios deben instalarse de manera organizada. Los cables deben apoyarse en la estructura del edificio de modo que no resulten dañados durante el uso normal de ésta.

NOTA: Para información adicional sobre la forma de determinar la práctica industrial aceptada consultar el Apéndice B2.

760-10. Identificación de los circuitos de alarma contra incendios. Los circuitos de alarma contra incendios deben identificarse en los lugares de sus terminales y empalmes, de modo que se evite la interferencia accidental con el circuito de señalización, durante su prueba y mantenimiento.

760-15. Requisitos de los circuitos de alarma contra incendios. Los circuitos de alarma contra incendios deben cumplir lo establecido en las siguientes partes de este Artículo:

(a) **Circuitos de alarma contra incendio de potencia no limitada (NPLFA):** Partes A y B.

(b) **Circuitos de alarma contra incendio de potencia limitada (PLFA):** Partes A y C.

B. Circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada (NPLFA)

760-21. Requisitos de la fuente de alimentación del circuito NPLFA. La fuente de alimentación para los circuitos los circuitos de alarma de incendios de potencia no-limitada, debe de cumplir con los Capítulos 1 al 4, y la tensión eléctrica de salida no debe ser mayor que 600 V nominales.

760-23. Protección contra sobrecorriente del circuito NPLFA. Los conductores de tamaño nominal de 2,08 mm² (14 AWG) y mayores deben protegerse contra sobrecorriente de acuerdo con su capacidad de corriente sin aplicar los factores de corrección especificados en 310-15 para el cálculo de dicha capacidad. La protección contra sobrecorriente no debe exceder de 7 A para conductores de 0,824 mm² (18 AWG) y de 10 A para conductores de 1,31 mm² (16 AWG).

Excepción: Cuando en otros Artículos de esta norma, se permiten o requieren otras protecciones contra sobrecorriente.

760-24. Ubicación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito NPLFA. El dispositivo de protección contra sobrecorriente del conductor por ser protegido, debe situarse en el punto de conexión del conductor a la red de alimentación.

Excepción 1: Cuando el dispositivo de protección contra sobrecorriente del conductor de mayor tamaño nominal también protege a los conductores de menor tamaño nominal.

Excepción 2: Conductores del secundario del transformador. Los conductores de circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada, alimentados desde el secundario de un transformador monofásico que tenga solamente dos hilos (una sola tensión eléctrica), se permite que sean protegidos por el dispositivo de protección contra sobrecorriente del lado del primario del transformador (lado de alimentación), siempre y cuando la protección esté de acuerdo con lo indicado en 450-3, y no exceda el valor determinado por la multiplicación de la capacidad de conducción de corriente del conductor en el secundario, por la relación de transformación de tensión del secundario al primario del transformador. Los conductores del secundario del transformador de más de dos hilos, no están considerados para ser protegidos por el dispositivo de protección contra sobrecorriente del primario.

Excepción 3: Conductores de salida de la fuente de alimentación electrónica. Se permite conductores de circuito de potencia no limitada alimentados por la salida de una fuente de alimentación electrónica monofásica, diferente a un transformador, y que tenga sólo una salida de un hilo (tensión única) para conectarse a circuitos de potencia no limitada, a fin de protegerse mediante el dispositivo de protección contra la sobrecorriente proporcionado en el lado de entrada de la fuente de alimentación electrónica, siempre que esta protección no exceda el valor determinado al multiplicar la capacidad de conducción de corriente del conductor de circuito de potencia no limitada por la relación de la tensión de la salida a la de la entrada. Las salidas de una fuente de alimentación electrónica, diferentes a los dos hilos (tensión única) conectadas a circuitos de potencia no limitada, no deben considerarse como protegidas por la protección contra sobrecorriente en la entrada de la fuente de alimentación electrónica.

NOTA: Un ejemplo de fuente de alimentación de potencia no limitada que cumple con los requisitos de 760-21 es una fuente de alimentación electrónica monofásica, cuya salida alimente un circuito de dos hilos (de tensión única).

760-25. Método de alambrado de circuitos NPLFA. La instalación de los circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada debe cumplir con lo establecido en las Secciones 110-3(b), 300-11(a), 300-15, 300-17 y demás Artículos aplicables del Capítulo 3.

Excepción 1: Como se indica en 760-26 a 760-30.

Excepción 2: Cuando en otros Artículos de esta norma se requieran otros métodos.

760-26. Conductores de diferentes circuitos en el mismo cable, envolvente o canalización

(a) **Circuitos Clase 1 con NPLFA.** Se permite que los circuitos Clase 1 y de alarma contra incendios de potencia no-limitada estén dentro del mismo cable, envolvente o canalización, independientemente si los circuitos individuales son de corriente eléctrica continua o alterna, siempre y cuando todos los conductores estén aislados para la tensión eléctrica máxima de cualquiera de los conductores que haya en la envolvente o canalización.

(b) Circuitos de alarma contra incendios con circuitos de alimentación. Se permite que los conductores de circuitos de alimentación y de alarma contra incendio formen parte del mismo cable, envolvente o canalización, solamente cuando estén conectados al mismo equipo.

760-27. Conductores de los circuitos NPLFA

a) Tipos, tamaño nominal y usos. En los sistemas de alarma contra incendios, sólo se permiten utilizar conductores de cobre. Se permite el uso de conductores de tamaño nominal de 0,824 mm² (18 AWG) y 1,31 mm² (16 AWG), siempre que las cargas de alimentación no excedan de las capacidades de corriente eléctrica dadas en la Tabla 402-5 y que se instalen en una canalización, envolventes o cable aprobado. Los conductores de tamaño nominal de 1,31 mm² (16 AWG) no deben alimentar cargas mayores que las capacidades de conducción de corriente dadas en 310-15, cuando sea aplicable.

b) Aislamiento. El aislamiento de los conductores debe ser adecuado para 600V. Los conductores mayores de 1,31 mm² (16 AWG) deben cumplir lo establecido en el Artículo 310. Los conductores de tamaño nominal de 0,824 mm² (18 AWG) y 1,31 mm² (16 AWG) deben ser tipo KF-2 KFF-2, PAFF, PTFE, PF, PFF, PGF, PGFF, RFH-2, RFHH-2, RFHH-3, SF-2, SFF-2, TF, TFF, TFN, TFFN, ZF o ZFF. Se permiten conductores con aislamiento de otro tipo y otros espesores de aislamiento, si están aprobados para uso en circuitos de alarma contra incendios de potencia no-limitada.

NOTA - Para indicaciones sobre los usos de los tipos de conductores véase la Tabla 402-3.

c) Material del conductor. Los conductores deben ser alambres de cobre sólido o trenzado.

Excepción para (b) y (c) anteriores: Se permite utilizar alambres de Tipo PAF y PTF sólo para aplicaciones a alta temperatura, entre 90°C y 250°C.

760-28. Número de conductores en soporte tipo charola para cables y canalizaciones y factor de ajuste

a) Circuitos NPLFA y circuitos Clase 1. Cuando en una canalización solamente hay conductores de circuitos NPLFA y circuitos Clase 1, el número de conductores debe determinarse como se indica en 300-17. Si tales conductores llevan cargas continuas mayores de 10% de la capacidad de conducción corriente permitida para cada conductor, deben aplicarse los factores de ajuste indicados en la sección 310-15(g)(1).

b) Conductores de alimentación y conductores para circuitos de alarma contra incendios. Cuando se permita que en una canalización existan conductores de alimentación y conductores para circuitos de alarma contra incendio de acuerdo con lo indicado en 760-26, el número de conductores debe determinarse como se indica en 300-17. Los factores de ajuste indicados en la sección 310-15(g)(1), se aplican como sigue:

- 1) A todos los conductores, cuando los conductores del circuito de alarma contra incendio transporten cargas continuas mayores de 10% la capacidad de conducción de corriente permisible de cada conductor y cuando el número total de conductores sea mayor que tres.
- 2) Solamente a los conductores del circuito de alimentación, cuando los conductores del circuito de alarma contra incendio no transportan carga continua mayores de 10% de su capacidad de conducción de corriente de cada conductor y cuando el número de conductores de alimentación sea más de tres.

c) Soporte tipo charola para cables. Cuando los conductores del circuito de alarma contra incendio se instalen en un soporte tipo charola para cables, deben cumplir con lo indicado en 318-9 a 318-11.

760-30. Cables NPLFA multiconductores. Se permite utilizar cables multiconductores de tipo NPLFA (alarma contra incendios de potencia no limitada), que cumplan los requisitos de 760-31 en circuitos de alarma contra incendios que funcionen a 150 V o menos y deben instalarse de acuerdo con los siguientes apartados (a) y (b).

(a) Método de alambrado de los NPLFA. Los cables multiconductores de circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada deben instalarse como sigue:

(1) En canalizaciones o expuestos sobre la superficie de techos y paredes o alambrados guiados en espacios ocultos. Los empalmes de cables o terminaciones deben hacerse en herrajes aprobados, cajas, envolventes, dispositivos de alarma contra incendios, o equipo de utilización. Cuando estén expuestos, los cables deben estar apoyados adecuadamente e instalados de modo que cuenten con máxima protección contra daños físicos mediante los elementos del edificio, como paneles, marcos de las puertas, listones, etc. Cuando estén instalados a menos de 2,10 m del piso, los cables deben ir bien sujetos, a intervalos no mayores a 45 cm de manera adecuada.

(2) En canalizaciones metálicas o tubo (conduit) rígido no metálico, cuando pasen a través de un piso o pared hasta una altura de 2,10 m sobre el piso, a menos que estén bien protegidos por los elementos del edificio como se indica en el anterior apartado (1), o a menos que se suministre un medio de resguardo equivalente.

(3) Cuando estén instalados en los cubos de elevadores, deben ir en tubo (conduit) metálico tipo pesado, tubo (conduit) rígido no metálico, tubo (conduit) metálico tipo semipesado o tubería eléctrica metálica.

Excepción: Lo establecido en 620-21 para elevadores y equipos similares.

(b) **Aplicaciones de los cables NPLFA.** El uso de los cables de circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada debe cumplir con lo establecido en los siguientes apartados (1) hasta (4):

(1) **Cámaras plenas (de aire) y ductos.** Los cables multiconductores de circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada Tipo NPLFP, NPLFR y NPLF no deben instalarse expuestos en cámaras plenas (de aire) o ductos. Véase 300-22(b).

(2) **Otros espacios usados para aire ambiental.** Los cables instalados en otros espacios utilizados para aire ambiental deben ser de Tipo NPLFP.

Excepción 1: Los cables de Tipo NPLFR y NPLF instalados de acuerdo con 300-22(c).

Excepción 2: Otros métodos de alambrado permitidos en 300-22(c) y los conductores que cumplan lo establecido en 760-27(c).

(3) **Secciones verticales.** Los cables instalados en tramos verticales que atraviesen más de un piso o los instalados en tramos verticales dentro de cubos de elevadores o de servicios deben ser de tipo NPLFR. Cuando se exija que los cables que pasen a través del piso sean de tipo NPLFR, sólo deben usarse cables para uso en secciones verticales o en cámaras plenas (de aire).

Excepción 1: Los cables de Tipo NPLF u otros, especificados en el Capítulo 3, que cumplan lo establecido en el Artículo 760-27(c) y vayan encerrados en canalizaciones metálicas.

Excepción 2: Los cables de Tipo NPLF ubicados en un ducto vertical a prueba de incendios que tenga cortafuegos en cada piso.

NOTA: Respecto a los requisitos de cortafuegos para penetraciones en el piso, véase 300-21.

(4) **Otro alambrado dentro de edificios.** Los cables instalados en lugares de edificios distintos a los mencionados en 760-30(b)(1), (2) y (3) deben ser de Tipo NPLF.

Excepción 1: Los métodos de alambrado del Capítulo 3 con conductores que cumplan lo establecido en 760-27.(c).

Excepción 2: Se permite usar cables de Tipo NPLFP o NPLFR.

760-31 Aprobado y marcado de los cables NPLFA. Los cables de circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada, instalados como alambrado dentro de edificios, deben estar aprobados de acuerdo con los siguientes apartados (a) y (b), y ser resistentes a la propagación del fuego según los siguientes apartados (c) hasta (f), y estar marcados según se establece en el siguiente apartado (g):

(a) **Material de los conductores NPLFA.** Los conductores deben ser de cobre sólido o trenzado y tamaño o designación nominal de 0,824 (18 AWG) o mayor.

(b) **Conductores aislados.** Los conductores aislados deben ser para 600 V. Los conductores aislados de tamaño o designación nominal de 2,08 mm² (14 AWG) y mayor deben ser de uno de los tipos aprobados indicados en la Tabla 310-13 o de un tipo identificado para ese uso. Los conductores aislados con un tamaño o designación nominal de 0,824 (18 AWG) y 1,31 mm² (16 AWG) deben cumplir lo establecido en 760-27.

(c) **Cables de Tipo NPLFP.** Los cables de tipo NPLFP para alarma contra incendio de potencia no limitada, instalados en espacios para aire ambiental, deben estar aprobados para instalarlos en esos espacios, tal como se describe en 300-22(c) y además deben estar aprobados para contar con las características adecuadas de resistencia al fuego y baja producción de humo.

NOTA: Un método para determinar si la producción de humo de un cable es baja consiste en establecer un valor aceptable del humo producido, a una densidad óptica de pico máximo de 0,5 y una densidad óptica máxima promedio de 0,15. De forma similar, un método para definir la resistencia al fuego de los cables consiste en establecer la distancia permisible de viaje de la flama de 1,50 m cuando es probado bajo la misma prueba, véase Apéndice B1.

(d) Cables de Tipo NPLFR. Los cables de tipo NPLFR para secciones verticales deben estar aprobados como adecuados para usar en un tramo vertical en un cubo o de un piso, y además con características de resistencia al fuego tales que eviten la propagación del fuego de un piso a otro.

NOTA: Un método para determinar si las características de resistencia al fuego pueden evitar el transporte de la flama de un piso a otro, Véase Apéndice B1.

(e) Cables de Tipo NPLF. Los cables de tipo NPLF para alarma contra incendio de potencia no limitada deben estar aprobados como adecuados para uso en alarmas contra incendios de uso general, excepto en ductos, secciones verticales, cámaras plenas (de aire) y otros espacios usados para aire ambiental; además, deben estar aprobados como resistentes a la propagación del fuego.

NOTA: Un método para establecer la resistencia a la propagación del fuego es que los cables no propaguen el fuego a la parte superior de la bandeja en la prueba del soporte tipo charola vertical, véase Apéndice B2.

Otro método para establecer ese mismo parámetro consiste en medir si el daño sufrido por el cable (longitud de la parte carbonizada) no es mayor que 1,5 m cuando se le somete a la prueba de flama vertical para cables en soportes tipo charolas, véase B1.

(f) Cable de integridad (CI) del circuito de alarma contra incendio. Los cables adecuados para usarse en sistemas de alarma contra incendio, con el fin de garantizar la supervivencia de circuitos críticos durante un tiempo específico bajo condiciones de incendio deben estar aprobados como cable de integridad (CI) del circuito. Los cables identificados como se indica en 760-31 (c), (d) y (e) que cumplen con los requisitos para integridad del circuito deben tener la clasificación adicional que emplea el sufijo "CI" (por ejemplo, NPLFP-CI, NPLFR-CI y NPLF-CI).

NOTA 1: Este cable puede emplearse en circuitos de alarma contra incendio a fin de cumplir con los requisitos de posibilidad de supervivencia.

NOTA 2: Un método para definir al cable de integridad (CI) del circuito es mediante el establecimiento de una resistencia al fuego nominal de 2 h como mínimo, para el cable, al realizar la prueba, véase Apéndice B1.

(g) Marcado de los cables NPLFA. Los cables multiconductores de alarma contra incendios de potencia no limitada deben estar marcados según como se establece en la Tabla 760-31(g). Se permite que estos cables estén marcados con una tensión nominal de trabajo máxima de 150 V. Los cables que estén aprobados para integridad del circuito deben identificarse con el sufijo "CI" como se define en (f).

C. Circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada

760-41. Fuentes de alimentación para circuitos PLFA. La fuente de alimentación para un circuito de alarma contra incendios de potencia limitada debe ser una de las especificadas en los siguientes apartados (a), (b) o (c)

NOTA: En las tablas 12(a) y 12(b) del Capítulo 10 se dan los requisitos de aprobación de las fuentes de alimentación de circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada.

TABLA 760-31(g).- Marcado de los cables NPLFA

Tipo de Cable	Uso	Referencias
NPLFP	Cable para circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada para usar en otros espacios utilizados para aire ambiente	Artículo 760-31(c) y (g)
NPLFR	Cable para circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada para usar en secciones verticales	Artículo 760-31 (d) y (g)
NPLF	Cable para circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada	Artículo 730-31 (e) y (g)
NOTA - Los cables identificados en los literales (c), (d) y (e) que cumplen con los requisitos para integridad del circuito deben tener clasificación adicional empleando el sufijo "CI" (por ejemplo, NPLFP-CI, NPLFR-CI y NPLF-CI).		

NOTA: Los tipos de cables se encuentran en orden descendente, en cuanto a su clasificación de resistencia al fuego.

(a) Transformadores. Un transformador aprobado para PLFA o Clase 3.

(b) Fuentes de alimentación. Una fuente de alimentación aprobada para PLFA o Clase 3.

(c) Equipos aprobados. Otros equipos aprobados y marcados de modo que se identifique la fuente de alimentación PLFA.

NOTA: Otros equipos aprobados son, por ejemplo, tableros de control de alarma contra incendios con fuente de alimentación incorporada; una tarjeta de circuito aprobada para usar como fuente de alimentación de circuitos PLFA, si forma parte de un conjunto aprobado; una impedancia de limitación de corriente adecuada para ese propósito o como parte de un producto, utilizada junto con un transformador de potencia no limitada o un acumulador de energía, como una batería, para limitar la corriente de salida.

760-22. Marcado de los circuitos. El equipo debe estar marcado en forma permanente y donde sea claramente visible, indicando que se trata de circuitos de alarma contra incendio de potencia limitada.

NOTA: Cuando se reclasifique un circuito de potencia limitada como de potencia no limitada, véase la Sección 760-52(a), excepción 3.

760-51. Métodos de alambrado del lado suministro de la fuente de la alimentación PLFA. Los conductores y equipo instalados del lado del suministro de la fuente de alimentación deben instalarse de acuerdo con los requerimientos aplicables de la Parte B de este Artículo y de los Capítulos 1 al 4 de esta norma. Los transformadores u otros elementos u otros dispositivos alimentados desde los conductores de suministro, deben protegerse por un dispositivo contra sobrecorriente con una corriente nominal no-mayor que 20 A.

Excepción: Los cables de entrada a un transformador o de otra fuente de energía que alimenten a circuitos de alarma contra incendio de potencia limitada para, se permite que sean de tamaño o designación nominal menor que 2,08 mm² (14 AWG), pero no-menor que 0,824 mm² (18 AWG), si no exceden de 300 mm de longitud y su aislamiento cumple con lo indicado en 760-27(b).

760-52. Métodos de alambrado y materiales en el lado de la carga de las fuentes de alimentación PLFA. Se permite instalar los circuitos de alarma contra incendio en el lado de la carga de la fuente de alimentación utilizando métodos de alambrado y materiales que estén de acuerdo con (a) o (b) siguientes:

a) Métodos de alambrado y materiales para circuitos de NPLFA. La instalación debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la Sección 760-25; además, los conductores deben ser de cobre sólido o trenzado.

Excepción 1: No deben aplicarse los factores de ajuste del 310-15 (g)(1).

Excepción 2: Se permite instalar conductores y cables multiconductores descritos en 760-27 y 760-30.

Excepción 3: Se permite que los circuitos de potencia limitada sean reclasificados e instalados como circuitos de potencia no-limitada si se elimina el marcado requerido en 760-42 y la totalidad del circuito se instala empleando los métodos de alambrado y los materiales indicados en la Parte B de este Artículo, Circuitos de alarma contra incendio de potencia no limitada.

NOTA: Los circuitos de potencia limitada, reclasificados e instalados como circuitos de potencia no limitada, dejan de ser de potencia limitada, sin importar que continúen conectados a una fuente de potencia limitada.

b) Métodos de alambrado y materiales para circuitos PLFA. Los cables y conductores para circuitos de potencia limitada descritos en 760-71, deben instalarse como en (1), (2), o (3) siguientes. Los dispositivos deben instalarse de acuerdo con lo establecido en 110-3, 300-11(a) y 300-15:

1) En canalizaciones o expuestos sobre la superficie de techos y paredes laterales o "guiados" en espacios ocultos. Los empalmes o terminaciones de los cables se deben hacer en accesorios, cajas, encerramientos, dispositivos de alarma contra incendios o equipos de utilización certificados. Cuando se instalen expuestos, los cables deben estar soportados por accesorios adecuados, e instalados de tal forma que se logre la máxima protección contra daños físicos, provista por elementos del edificio, como en zoclos, marcos de puertas,

chambranas, bordes, etc. Cuando estén instalados a menos de 2,10 m del piso los cables deben estar sujetos adecuadamente a intervalos no-mayores a 45 cm.

- 2) Cuando los cables pasen a través de pisos o paredes hasta una altura de 2,10 m sobre el piso, deben instalarse en canalización metálica o en tubo (conduit) rígido no-metálico, a menos que se les pueda dar una protección adecuada en alguno de los elementos de la construcción mencionados en el inciso (1) anterior, u otra protección sólida equivalente.
- 3) Cuando se instalen en cubos de elevador, los cables deben estar dentro de tubo (conduit) metálico tipo pesado, tipo semipesado o tipo ligero o en tubería eléctrica no-metálica.

Excepción 1. Para elevadores y equipo similar debe seguirse lo establecido por 620-21.

Excepción 2: Se permiten otros métodos de alambrado y otros materiales instalados de acuerdo 760-3 para extender o reemplazar los conductores y cables descritos en la Sección 760-71 y permitidos en la Sección 760-52(b).

760-54. Instalación de conductores y equipos

(a) Separación de los conductores de los circuitos de los conductores de los circuitos de alumbrado, de fuerza, Clase 1, de los NPLFA y los conductores de circuitos de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media

1) En cables, compartimentos, envolventes, cajas de salida o canalizaciones. Los cables y conductores de circuitos de potencia limitada no deben instalarse en cables, soportes tipo charola para cables, compartimentos, envolventes, cajas de salida, canalizaciones o accesorios similares con conductores de iluminación eléctrica, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada, o de circuitos de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media.

Excepción 1: Cuando los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia no limitada y de circuitos de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media, están separados mediante barrera, de los circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada. Dentro de envolventes se permite instalar circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada dentro de una canalización, que los separe de los circuitos: de alumbrado eléctrico, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada y de circuitos de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media.

Excepción 2: Los conductores en compartimentos, envolventes, cajas de salida, cajas de dispositivos o accesorios similares en los que los conductores de los circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada o de circuitos de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media se introduzcan únicamente para conectar los equipos conectados a circuitos de potencia limitada a los que estén conectados los otros conductores; y

a. Los conductores de los circuitos de alumbrado eléctrico, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada y de circuitos de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media se instalan de modo que mantengan como mínimo una separación de 60 cm de los cables y conductores de circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada, o

b. Los conductores del circuito funcionen a 150 V a tierra o menos y cumplan además uno de los siguientes requisitos:

1. Que los circuitos de alarma contra incendio de potencia limitada se instalen con cables de Tipo FPL, FPLR, FPLP o cables sustitutos permitidos, siempre que estos conductores de los cables del circuito de potencia limitada que sobresalgan de la chaqueta estén separados de todos los demás conductores por una distancia mínima de 60 cm o por un manija o barrera no conductiva; o

2. Que los conductores de los circuitos de alarma contra incendio de potencia limitada se instalen como circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada, como establece la Sección 760-25.

Excepción 3: Los conductores que entren en compartimentos, envolventes, cajas de salida, cajas de dispositivos o accesorios similares, cuando se introduzcan conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada o de circuitos de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media, exclusivamente para conectar los equipos conectados a circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada u otros circuitos controlados por el sistema de alarma contra incendios a los que estén conectados los otros conductores en el encerramiento. Si los conductores deben entrar en un encerramiento con una sola abertura, se permite que lo hagan a través de un solo accesorio (como una T), siempre que estén separados de los conductores de los demás circuitos por un elemento no conductor, continuo y bien sujeto, como una tubería flexible.

2) Cubos de elevador. En cubos de elevadores, los conductores de los circuitos de alarma contra incendios potencia limitada, deben instalarse dentro de tubo (conduit) metálico tipo pesado tubo (conduit) metálico tipo semipesado o tubería eléctrica metálica.

Excepción: Lo que se indica para elevadores o equipos similares en las Excepciones 1 y 2 de 620-21.

3) Otras aplicaciones. Los conductores de los circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada deben estar separados 5 cm, como mínimo, de los conductores de circuitos de alumbrado eléctrico, de fuerza, de Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia no limitada, o de circuitos de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media.

Excepción 1: Cuando: 1) Todos los conductores de circuitos de alumbrado eléctrico, de fuerza, de Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia no limitada; o 2) Todos los conductores de los circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada, estén instalados en una canalización o en cables con blindaje metálico, con blindaje no metálico, con cubierta metálica o de Tipo UF.

Excepción 2: Cuando todos los conductores de circuitos: de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendios de potencia no limitada y de circuitos de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media estén separados permanentemente de todos los conductores de los circuitos de alarma contra incendio de potencia limitada por una barrera continua, no conductora y bien sujeta, como un tubo de porcelana o un tubo flexible, además del aislante del alambre.

(b) Conductores de diferentes circuitos de señalización de potencia limitada para protección contra incendios, Clase 2, Clase 3 y circuitos de comunicación en el mismo cable, envoltente o canalización

1) Dos o más circuitos PLFA. Se permite tener en el mismo cable, envoltente o canalización, cables y conductores de dos o más circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada, circuitos de comunicación o de circuitos de Clase 3.

2) Circuitos Clase 2 con circuitos PLFA. Se permite tener en el mismo cable, envoltentes o canalización, conductores de uno o más circuitos de Clase 2, junto con conductores de circuito de alarma contra incendios de potencia limitada, siempre y cuando el aislamiento de los conductores de los circuitos Clase 2 que haya en el cable, envoltente o canalización sea por lo menos igual que el requerido para los conductores de los circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada.

(3) Cables de comunicaciones de banda ancha de una red de baja potencia y cables PFLA. Se permite en el mismo envoltente o canalización, circuitos de comunicaciones de banda ancha, alimentados por una red de baja potencia con cables PLFA.

(c) Apoyo de los conductores. Los conductores del circuito de alarma contra incendios de potencia limitada no deben ajustarse con abrazaderas o cinta ni cualquier otro medio al exterior de cualquier tubo (conduit) u otra canalización como medio de apoyo.

(d) Tamaño o designación nominal de los conductores. Sólo se permite utilizar conductores con tamaño 0,131 mm² (26 AWG) cuando estén empalmados con un conector certificado como adecuado para usar con conductores 0,131 mm² (26 AWG) hasta 0,212 mm² (24 AWG) o mayor y que terminen en equipos, o cuando los conductores 0,131 mm² (26 AWG) terminen en equipos certificados como adecuados para conductores de ese calibre. Los conductores sencillos no deben ser de un tamaño o designación nominal menor que 0,824 mm² (18 AWG).

760-55. Detectores de incendios de línea continua portadora de corriente

(a) Aplicación. En los circuitos de potencia limitada se permite utilizar detectores de incendios de línea continua aprobados, incluidas las tuberías de cobre aisladas de los detectores accionados neumáticamente empleados tanto para la detección como para la transmisión de corrientes de señalización.

(b) Instalación. Los detectores de incendios de línea continua deben instalarse cumpliendo lo establecido en las Secciones 760-42 hasta 760-52 y la Sección 760-54.

760-61. Aplicaciones de cables PLFA aprobados. Los cables de los circuitos de alarma contra incendio de potencia limitada, deben cumplir con lo indicado en los incisos (a), (b) y (c) siguientes, o lo establecido con el inciso (d) cuando se haga una sustitución de cables:

a) En cámaras plenas (de aire). Los cables instalados en ductos, cámaras plenas (de aire) u otros espacios usados para el manejo de aire ambiental deben ser del tipo FPLP.

Excepción. Los cables tipo FPLP, FPLR y FPL cuando se instalan de acuerdo con lo indicado en 300-22.

b) Secciones verticales. Los cables instalados en tramos verticales que penetran más de un piso o los cables instalados en tiros verticales, deben ser tipo FPLR. Las penetraciones en los pisos que

requieren cables tipo FPLR, deben contener sólo cables para uso en tramos verticales o en cámaras plenas (de aire).

Excepción 1: Cuando los cables están encerrados en una canalización metálica o en un cubo a prueba de incendios que tiene cortafuegos en cada piso.

Excepción 2: En casas unifamiliares o dúplex pueden usarse cables tipo FPL.

NOTA - Véase 300-21 para los requisitos de las barreras contra el fuego en las penetraciones de pisos.

c) Otros métodos de alambrado en el interior de edificios. Los cables instalados en el interior de edificios en sitios diferentes a los indicados en los incisos (a) y (b) anteriores, deben ser tipo FPL.

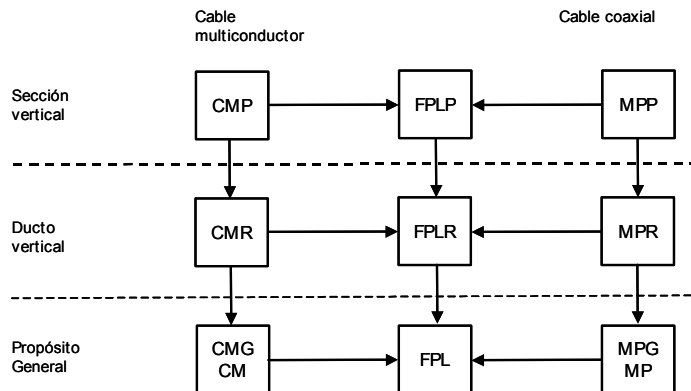
Excepción 1: Cuando los cables están instalados en canalización cerrada.

Excepción 2: Los cables especificados en el Capítulo 3 que cumplan con los requerimientos de 760-71(a) y (b) y son instalados en espacios no-ocultos, cuando la longitud expuesta de cable no sea mayor que 3 m.

Excepción 3: Se permite que los sistemas portátiles de alarmas contra incendios que protegen los escenarios o tableros cuando no están en uso, utilicen métodos de alambrado de acuerdo con 530-12.

d) Uso y sustitución de cables. Se permiten las sustituciones y usos de los cables de circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada para protección contra incendio, conforme a lo indicado en la Tabla 760-61.

NOTA: Para más información sobre los cables multiuso (Tipos MPP, MPR, MPG, MP) y de comunicaciones (Tipos CMP, CMR, CMG y CM) véase la Sección 800-50.



Tipo CM - alambres y cables de comunicaciones
 Tipo FPL - Cables de control remoto, de señalización y de potencia limitada
 Tipo MP - Cables múltiple propósito (solo cables coaxiales)

A → **B** Se puede usar el cable A en sustitución del cable B

FIGURA 760-61.- Jerarquía de sustitución de los cables

TABLA 760-61.- Uso de los cables y sustituciones permitidas

Tipo de Cable	Uso	Referencias	Multiconductor	Coaxial
FPLP	Cable de alarma contra incendios de potencia limitada para cámaras de distribución de aire	760-61(a)	CMP	MPP
FPLR	Cable de alarma contra incendios de potencia limitada para secciones verticales	760-61(b)	CMP, FPLP, CMR	MPP, MPR
FPL	Cable de alarma contra incendios de potencia limitada	760-61(c)	CMP, FPLP, CMR, FPLR, CMG, CM	MPP, MPR, MPG, MP

760-71. Certificación y marcado de los cables PLFA y de los detectores de incendio del tipo de línea continua aislada. Los cables FPL que se instalen como alambrado dentro de los edificios deben estar

aprobados como resistentes a la propagación del fuego y con otros criterios de acuerdo con los siguientes apartados (a) hasta (h) y estar marcados según el siguiente apartado (i). Los detectores de incendio del tipo de línea continua aislada deben estar aprobados de acuerdo con el apartado (j).

(a) Materiales de los conductores. Los conductores deben ser de cobre sólido o trenzado.

(b) Calibre de los conductores. El tamaño o designación nominal de los conductores en un cable multiconductor no debe ser menor que 0,132 mm² (26 AWG). Los conductores sencillos no deben ser de 0,824 mm² (18 AWG).

(c) Valores nominales. Los cables deben tener una tensión nominal mínima de 300 V.

(d) Tipo FPLP. Los cables de alarmas contra incendios de potencia limitada (FPLP) instalados en cámaras de distribución de aire deben estar aprobados como adecuados para instalarlos en cámaras plenas (de aire), ductos y otros espacios para aire ambiental, y también deben estar aprobados con características para una adecuada resistencia al fuego y una baja producción de humo.

NOTA: Un método para determinar la baja producción de humo de un cable consiste en establecer un valor aceptable del humo producido, a una densidad óptica de pico máximo de 0,5 y densidad óptica máxima promedio de 0,15. De forma similar, un método bajo el misma norma para definir la resistencia al fuego de los cables consiste en establecer la distancia permisible de viaje de la llama de 1,50 m. Véase Apéndice B1.

(e) Tipo FPLR. Los cables de circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada de Tipo FPLR instalados en secciones verticales, deben estar aprobados como adecuados para instalarlos en secciones verticales, en cubos verticales o de piso a piso y deben también estar aprobados con características adecuadas de resistencia al fuego que impidan el transporte de las flamas de un piso a otro.

NOTA: Un método para determinar la capacidad de las características de resistencia al fuego del cable para impedir el transporte de la flama de un piso a otro consiste en someterlo a la prueba definido, véase Apéndice B1.

(f) Tipo FPL. Los cables de tipo FPL para alarmas contra incendio de potencia limitada deben estar aprobados para uso en alarmas contra incendio de propósito general excepto en secciones verticales, cámaras plenas (de aire), ductos y otros espacios utilizados para aire ambiental y además deben estar aprobados como resistentes a la propagación del fuego.

NOTA: Un método para establecer la resistencia a la propagación del fuego es que los cables no propaguen el fuego a la parte superior del soporte tipo charolas para conductores en la prueba de flama del soporte vertical, véase Apéndice B1.

Otro método para establecer ese mismo parámetro consiste en medir si el daño sufrido por el cable (longitud de la parte carbonizada) no supera 1,5 m cuando se le somete a la prueba de flama vertical para cables en soportes tipo charola.

(g) Cable de integridad (CI) del circuito de alarma contra incendio. Los cables adecuados para usar en sistemas de alarma contra incendio, con el fin de garantizar la supervivencia de circuitos críticos durante un tiempo específico bajo condiciones de incendio, deben estar aprobados como cable de integridad (CI) del circuito. Los cables identificados en las Secciones 760-71 (d), (e) y (f) que cumplen con los requisitos para integridad del circuito deben tener la clasificación adicional que emplea el sufijo "CI" (por ejemplo, FPLP-CI, FPLR-CI y FPL-CI).

NOTA 1: Este cable se emplea en circuitos de alarma contra incendio, a fin de cumplir con los requisitos de posibilidad de supervivencia, mantiene su función eléctrica durante condiciones de incendio durante un periodo definido de tiempo. Véase Apéndice B1.

NOTA 2: Un método para definir cable de integridad (CI) del circuito es mediante el establecimiento de una resistencia al fuego nominal de 2 h como mínimo para el cable. Véase Apéndice B1.

(h) Cables coaxiales. Se permite que los cables coaxiales empleen un alambre conductor central de acero recubierto de cobre de conductividad del 30%, y deben estar aprobados como cables de tipo FPLP, FPLR o FPL.

(i) Marcado de cables. Los cables deben marcarse de acuerdo con lo establecido en la Tabla 760-71(i). En los cables no debe marcarse su tensión nominal. Los cables aprobados para integridad del circuito deben identificarse con el sufijo CI, según se define en la Sección 760-71(g).

NOTA: Si se marcara la tensión en los cables, ésta puede interpretarse mal, sugiriendo que pueden ser adecuados para uso en aplicaciones de suministro de alumbrado, de fuerza y de Clase 1.

Excepción: Se permite que la tensión nominal esté marcada en los cables cuando el cable tenga múltiples aprobaciones y el marcado de la tensión se requiera por una o más de las aprobaciones.

TABLA 760-71(i).- Uso de los cables y sustituciones permitidas

Tipo de cable	Uso	Referencias
FPLP	Cable de alarma contra incendios de potencia limitada para cámaras de distribución de aire	760-71(d) e (i)
FPLR	Cable de alarma contra incendios de potencia limitada para secciones verticales	760-71(e) e (i)
FPL	Cable de alarma contra incendios de potencia limitada	760-71(f) e (i)

NOTA- Los cables identificados en los literales (d), (e) y (f), que cumplan con los requisitos para integridad del circuito deben tener la clasificación adicional que emplea el sufijo "CI" (por ejemplo, FPLP-CI, FPLR-CI y FPL-CI).

NOTA: Los tipos de cables están en orden descendente en cuanto a su clasificación por resistencia al fuego.

(j) Detectores de incendio del tipo de línea continua aislada. Los detectores de incendio del tipo de línea continua aislada, deben estar clasificados de acuerdo con el anterior apartado (c), aprobadas como resistentes a la propagación del fuego de acuerdo con los anteriores apartados (d) hasta (f), marcados según el anterior apartado (i) y el compuesto de la cubierta exterior debe tener un alto grado de resistencia a la abrasión.

ARTICULO 770-CABLES Y CANALIZACIONES DE FIBRA OPTICA

A. Disposiciones generales

770-1. Alcance. Las especificaciones de este Artículo se aplican a las instalaciones de cables y canalizaciones de fibra óptica. Este Artículo no cubre la construcción de los cables ni de las canalizaciones de fibra óptica.

770-2. Definiciones

Canalización de fibra óptica. Canalización diseñada para encerramiento e instalación de cables de fibra óptica no conductores.

Expuesto. Circuito en posición tal que, en caso de falla del apoyo y del aislamiento, pueda originar contacto con otro circuito.

NOTA: En el Artículo 100 véanse otras dos definiciones de Expuesto.

Punto de entrada. El punto en el cual el alambre o cable emerge de una pared externa, de una placa de piso de concreto, o de un tubo (conduit) metálico tipo pesado o un tubo (conduit) metálico tipo semipesado conectado puesta a tierra en un electrodo de acuerdo con la Sección 800-40(b).

770-3. Lugares de instalación y otros Artículos. El equipo y los circuitos de fibra óptica, deben cumplir con lo establecido en los siguientes incisos(a) y (b). Sólo aquellas secciones del Artículo 300 referenciadas en este Artículo deben aplicarse a cables de fibra óptica y a canalizaciones:

a) Propagación del fuego o de productos de la combustión. Véase 300-21.

b) Cables instalados, ductos, cámaras plenas (de aire) y otros espacios para el manejo de aire. Véase 300-22.

Excepción: Lo que se permite en 770-53 (a).

770-4. Cables de fibra óptica. Los cables de fibra óptica transmiten luz a través de una fibra óptica para control, señalización y comunicaciones.

770-5. Tipos. Los cables de fibra óptica pueden agruparse en tres tipos.

- a) **Dieléctricos.** Estos cables no contienen elementos metálicos ni ningún otro material eléctrico conductor.
- b) **Conductores.** Estos cables contienen metálicos elementos conductores no-portadores de corriente eléctrica, tales como refuerzos metálicos, barreras metálicas contra vapores o blindaje metálico o forro.
- c) **Compuestos.** Estos cables contienen fibras ópticas y además conductores eléctricos portadores de corriente. Adicionalmente pueden tener elementos conductores no-portadores de corriente eléctrica, tales como refuerzos metálicos y barreras metálicas contra vapores. Los cables de fibra óptica compuestos deben clasificarse como cables eléctricos de acuerdo con el tipo de conductores eléctricos que contengan.

770-6. Sistemas de canalizaciones para cables de fibra óptica. La canalización debe ser de un tipo permitido en conformidad con el Capítulo 3 y debe instalarse de acuerdo con lo indicado en dicho Capítulo.

Excepción: Canalizaciones de fibra óptica no metálicas aprobadas e identificadas como de propósito general, de secciones verticales o de cámaras plenas (de aire), de acuerdo con 770-51 e instaladas de acuerdo con las Secciones 331-7 a 331-14, donde deben aplicarse los requisitos aplicables a tubería no metálica eléctrica. Los conductos interiores de plástico de construcción de una planta, superficiales o subterráneos sin aprobar deben terminarse en el punto de entrada.

NOTA: Para información adicional acerca de canalizaciones de fibra óptica, véase Apéndice B2.

Cuando se instalan cables de fibra óptica dentro de la canalización sin conductores portadores de corriente, no deben aplicarse las tablas de llenado de la canalización de los Capítulos 3 y 10.

Cuando los cables de fibra óptica no conductores estén instalados con conductores eléctricos en una canalización, deben aplicarse las tablas de llenado de la canalización de los Capítulos 3 y 10.

770-7. Acceso a equipo eléctrico por la parte posterior del tablero. El acceso a equipo por la parte posterior del tablero, no debe ser obstruido por la acumulación de cables o alambres que impidan retirar la cubierta diseñada para ese fin, incluyendo, en su caso, cubiertas suspendidas en el techo.

770-8. Ejecución mecánica de los trabajos. Los cables de fibra óptica deben instalarse de manera organizada y profesional. Los cables deben apoyarse en la estructura de la edificación de modo que no resulten dañados durante el uso normal de la misma.

NOTA: Para mayor información sobre alambrado de telecomunicaciones, véase el Apéndice B2.

B. Protección

770-33. Puesta a tierra de los cables a la entrada de edificios. Cuando estén expuestos al contacto con conductores de alumbrado o de fuerza, los elementos metálicos no-conductores de corriente eléctrica de los cables de fibra óptica que entren a edificios, deben estar puestos a tierra lo más cerca posible del punto de entrada, o debe interrumpirse su continuidad lo más cerca posible del punto de entrada, por medio de una junta aislada o dispositivo equivalente.

C. Cables en el interior de edificios

770-49. Resistencia al fuego de cables de fibra óptica. Los cables de fibra óptica instalados como alumbrado dentro de edificios, deben estar aprobados como resistentes a la propagación de incendio de acuerdo con lo indicado en 770-50 y 770-51.

770-50. Aprobación, marcado e instalación de cables de fibra óptica. Los cables de fibra óptica instalados en el interior de un edificio deben estar aprobados para ese uso, y deben marcarse como se indica en la Tabla 770-50.

Excepción 1: No se requiere que los cables de fibra óptica estén aprobados y marcados, si su longitud dentro del edificio, medida desde su punto de entrada no excede de 15 m, y el cable entre en la edificación desde el exterior y termine en una envolvente.

NOTA - Las envolventes que se utilizan normalmente para empalmar o terminar los cables de fibra óptica son las cajas de empalme y de terminales, tanto metálicas como no-metálicas.

Excepción 2: Los cables de fibra óptica del tipo conductivo no requieren estar aprobados y marcados cuando el cable entra al edificio desde el exterior y está instalado en tubo (conduit) metálico tipo pesado o tipo semipesado, y dichos tubos están puestos a tierra a través de un electrodo como se requiere en 800-40(b).

Excepción 3: Los cables de fibra óptica tipo dieléctrico no requieren estar aprobados y marcados cuando entran a un edificio desde el exterior y se instalan dentro de canalizaciones de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 3.

TABLA 770-50. Marcado de cables de fibra óptica

Marcado del cable	Tipo	Referencia
OFNP	Cable tipo dieléctrico en cámaras de aire	770-51(a) y 770-53(a)
OFCP	Cable tipo conductivo en cámaras de aire	770-51(a) y 770-53(a)
OFNR	Cable tipo dieléctrico en tiro vertical	770-51(b) y 770-53(b)
OFNR	Cable tipo conductivo en tiro vertical	770-51(b) y 770-53(b)
OFNG	Cable tipo dieléctrico Uso general	770-51(c) y 770-53(c)
OFNG	Cable tipo conductivo Uso general	770-51(c) y 770-53(c)
OFN	Cable tipo dieléctrico Uso general	770-51(d) y 770-53(c)
OFN	Cable tipo conductivo Uso general	770-51(d) y 770-53(c)

NOTA 1: Los cables están listados en orden descendente de resistencia a la propagación del fuego. Dentro de cada capacidad nominal, los cables dieléctricos se listan primero, ya que pueden sustituir a los cables conductivos.

NOTA 2 - Las Secciones de referencia indican los requisitos y los usos permitidos.

770-51. Requerimientos de aprobación para cables de fibra óptica y sus canalizaciones. Los cables de fibra óptica deben estar aprobados como se indica en los puntos (a) a (d), y sus canalizaciones como se indica en los incisos (e) y (g):

- a) Tipos OFNP y OFCP.** Los cables de fibra óptica dieléctricos y conductivos en cámaras plenas (de aire) tipos OFNP y OFCP, deben estar aprobados para uso en ductos, cámaras plenas (de aire) u otros espacios empleados para aire ambiental. También deben estar aprobados como resistentes a la propagación del fuego incendio y de baja emisión de humos.

NOTA: Un método para determinar la baja producción de humo de un cable consiste en establecer un valor aceptable del humo producido, a una densidad óptica de pico máximo de 0,5 y densidad óptica máxima promedio de 0,15. De forma similar, un método bajo la misma norma para definir la resistencia al fuego de los cables consiste en establecer la distancia permisible de viaje de la llama de 1,50 m. Véase Apéndice B1.

- b) Tipos OFNR y OFCR.** Los cables de fibra óptica dieléctricos y conductivos en tiro vertical tipos OFNR y OFCR, deben estar aprobados para uso en instalaciones verticales, ya sea en tiros verticales o pasos entre piso y piso. También deben estar aprobados como resistentes a la propagación del fuego, de forma que eviten la propagación de éste de un piso a otro.

NOTA - Para definir las características de resistencia a la propagación de incendio que eviten la propagación del fuego de un piso a otro, el cable debe cumplir los requerimientos del método de prueba que permita determinar la propagación de incendio en cables de fibra óptica instalados verticalmente en tiros. Apéndice B1.

- c) Tipos OFNG y OFGC.** Los cables para uso general tipos OFNG y OFGC dieléctricos y conductivos, deben estar aprobados para uso general, excepto en instalaciones verticales y cámaras plenas (de aire). También deben estar aprobados como resistentes a la propagación del fuego.

Un método para establecer la resistencia a la propagación del fuego consiste en medir si el daño sufrido por el cable (longitud de la parte carbonizada) no supera 1,5 m cuando se le somete a la prueba de flama vertical para cables en soportes tipo charola.

- d) **Tipos OFN y OFC.** Los cables de fibra óptica dieléctricos y conductivos para uso general tipos OFN y OFC, deben estar aprobados para uso general, excepto en instalaciones verticales y cámaras plenas (de aire), y en cualquier espacio usado para aire ambiental. También deben estar aprobados como resistentes a la propagación del fuego.

NOTA: Un método para establecer la resistencia a la propagación del fuego es que los cables no propaguen el fuego a la parte superior del soporte tipo charolas para conductores en la prueba de flama del soporte vertical, véase Apéndice B1.

Otro método para establecer ese mismo parámetro consiste en medir si el daño sufrido por el cable (longitud de la parte carbonizada) no supera 1,5 m cuando se le somete a la prueba de flama vertical para cables en soportes tipo charola.

- e) **Canalizaciones para cables de fibra óptica en cámaras plenas (de aire).** Las canalizaciones para cables de fibra óptica en cámaras plenas (de aire), deben tener características adecuadas de resistencia al fuego y de baja emisión de humos.
- f) **Canalizaciones para cables de fibra óptica para instalación vertical.** Las canalizaciones para cables de fibra óptica para instalaciones verticales, deben tener características de resistencia al fuego adecuadas, para evitar la propagación de incendio de un piso a otro.
- (g) **Canalización de cable de fibra óptica de uso general.** La canalización de cable de fibra óptica para uso general debe estar certificada como resistente a la propagación del fuego.

770-52. Instalación de cables de fibra óptica con conductores eléctricos

- a) **Circuitos con conductores de alumbrado, de fuerza o Clase 1, de alarma contra incendio de potencia no limitada o de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media.** Se permite instalar cables de fibra óptica dentro del mismo conductor compuesto, con conductores para circuitos de alumbrado, de fuerza o Clase 1, de alarma contra incendio de potencia no limitada o de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media que funcionen a 600 V o menos, solamente cuando las funciones de las fibras ópticas y de los conductores eléctricos estén asociadas.

Se permite instalar cables de fibra óptica dieléctricos que ocupen el mismo soporte tipo charola para cables o canalización con conductores para circuitos de alumbrado, de fuerza o de Clase 1, de alarma contra incendio de potencia no limitada o de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media que operen a 600 V o menos.

Se permite que los cables de fibra óptica dieléctricos compuestos que contengan solamente conductores portadores de corriente eléctrica para circuitos de alumbrado, de fuerza o de Clase 1 para 600 V o menos, estén en el mismo gabinete, soporte tipo charola para cables, caja de salida, tablero, canalización u otras envolventes de terminales junto con otros conductores para circuitos de alumbrado, de fuerza o de Clase 1.

No se permite que los cables de fibra óptica dieléctricos ocupen el mismo gabinete, soporte tipo charola para cables, caja de salida, tablero, o alguna envolvente similar, en las que haya terminales eléctricas de circuitos de alumbrado, de fuerza o de Clase 1, de alarma contra incendio de potencia no limitada o de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media.

Excepción 1: Se permite que los cables de fibra óptica dieléctricos ocupen el mismo gabinete, soporte tipo charola para cables, caja de salida, tablero o envolvente similar, cuando están asociados funcionalmente con el circuito de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarma contra incendio de potencia no limitada o de comunicaciones de banda ancha de una red de potencia media.

Excepción 2: Se permite que los cables ocupen el mismo gabinete, soporte tipo charola para cables, caja de salida, tablero o envolvente similar, cuando los cables de fibra óptica dieléctricos están instalados en centros de control preensamblados en fábrica o en campo.

Excepción 3: Se permite el uso de cables de fibra óptica dieléctricos junto con circuitos que excedan de 600 V, solamente en establecimientos industriales cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personas calificadas dan servicio a la instalación.

Excepción 4: Se permite el uso de cables de fibra óptica compuestos que contengan conductores portadores de corriente eléctrica que operen a más de 600 V, solamente en establecimientos industriales, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personas calificadas dan servicio a la instalación.

Las instalaciones en canalizaciones deben cumplir con lo indicado en 300-17.

- b) Con otros conductores.** Se permite que los cables de fibra óptica en el mismo cable y los cables de fibras ópticas conductivos y dieléctricos estén en el mismo soporte tipo charola para cables, envolvente o canalización junto con conductores de cualquiera de los siguientes tipos:
- 1) Conductores de circuitos para control remoto, señalización y circuitos de potencia limitada de Clase 2 y Clase 3, que cumplan con lo indicado en el Artículo 725.
 - 2) Conductores para sistemas de alarma contra incendios de potencia limitada, que cumplan con lo indicado en el Artículo 760.
 - 3) Conductores para circuitos de comunicación que cumplan con el Artículo 800.
 - 4) Conductores para sistemas de distribución de antenas comunales de radio y de televisión, que cumplan con el Artículo 820.
 - 5) De circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de baja potencia que cumplan lo establecido en el Artículo 830.
- c) Puesta a tierra.** Los componentes conductivos no-portadores de corriente de los cables de fibra óptica, deben estar puestos a tierra como se establece en el Artículo 250.

770-53. Aplicaciones de los cables de fibra óptica y sus canalizaciones. Los cables de fibra óptica conductivos y dieléctricos deben cumplir con los incisos (a) a (f), según sea aplicable:

- a) Cámaras de aire.** Los cables de fibra óptica instalados en ductos, cámaras plenas (de aire) y otros espacios para el manejo de aire ambiental deben ser tipo OFNP o OFCP.

Además, se permite instalar canalizaciones de fibra óptica aprobadas para cámaras plenas (de aire) y otros espacios para el manejo de aire ambiental como las descritas en 300-22(b), y en otros espacios para aire ambiental, como se describe en la Sección 300-22 (c). En estas canalizaciones sólo se permite instalar el cable tipo OFNP.

Excepción. Pueden instalarse cables tipo OFNR, OFCR, OFNG, OFN, OFCG y OFC conforme se indica en 300-22.

- b) Tiros verticales.** Los cables de fibra óptica instalados en tiros verticales y que penetren más de un piso o cables instalados en tramos verticales en un cubo, deben ser tipo OFNR o OFCR.

Cuando se requieran cables tipo OFNR o OFCR para atravesar pisos, deben contener sólo cables adecuados para uso en tiros verticales o cámaras plenas (de aire) o secciones verticales. Además, se permite instalar canalizaciones aprobadas para tiros verticales en un cubo o de un piso y otro. En estas canalizaciones sólo se permite instalar cables de Tipo OFNR y OFNP.

Excepción 1: Pueden instalarse cables tipo OFNG, OFN, OFCG y OFC si están encerrados en una canalización metálica o situados en un cubo a prueba de fuego que tenga barreras contra el fuego en cada piso.

Excepción 2: Pueden instalarse cables tipo OFNG, OFN, OFCG y OFC en viviendas unifamiliares y bifamiliares.

NOTA - Véase 300-21 para los requerimientos de barreras contra el fuego para las penetraciones de pisos.

- c) Otros tipos de conductores en el interior de edificios.** Los cables instalados en lugares de un edificio, que no sean los considerados en los incisos (a) y (b) anteriores, deben ser tipo OFNG, OFN, OFCG o OFC. Permite instalarse dichos cables en canalizaciones de fibra óptica de uso general.
- d) Areas peligrosas (clasificada).** Los cables de fibra óptica instalados en áreas peligrosas (clasificadas) deben ser de alguno de los tipos indicados en la Tabla 770-53.

(e) **Soportes tipo charola para cables.** Se permite instalar los cables de fibra óptica de los tipos listados en la Tabla 770-50 en soportes tipo charola para cables.

NOTA: Se permite que los cables de fibra óptica estén aprobados específicamente para su uso en soportes tipo charola para cables.

(f) **Sustituciones de los cables.** Se permiten las sustituciones de los cables de fibra óptica listadas en la Tabla 770-53.

TABLA 770-53. Sustitución de los cables de fibra óptica

Tipo de cable	Sustitución permitida
OFNP	Ninguna
OFCP	OFNP
OFNR	OFNP
OFCR	OFNP, OFCP, OFNR
OFNG, OFN	OFNP, OFNR
OF CG, OFC	OFNP, OFCP, OFNR, OFCR, OFNG, OFN

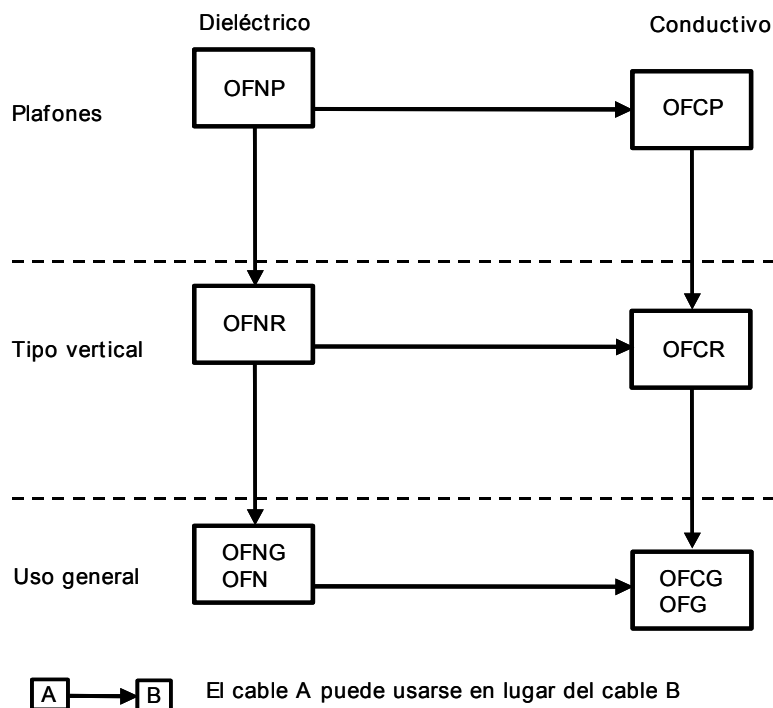


FIGURA 770-53. Jerarquía de sustitución de cables

ARTICULO 780-SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA EN LAZO CERRADO Y PROGRAMADO

780-1. Alcance. Este Artículo se aplica a los sistemas de distribución de energía en los predios controlados conjuntamente por un sistema de señalización entre el equipo de control de energía y el equipo de utilización.

780-2. Disposiciones generales

- a) **Referencia a otros Artículos.** A estos sistemas se les debe aplicar todos los demás Artículos aplicables de esta norma, excepto lo modificado por este Artículo.
- b) **Componentes.** Todo equipo y conductores del sistema deben estar aprobados e identificados.

780-3. Operación de sistema de control. El equipo de control y todos los dispositivos de conmutación accionados por el equipo de control deben estar aprobados e identificados. El sistema debe funcionar del modo especificado a continuación.

- a) **Identificación de características eléctricas.** Las salidas del sistema de distribución de circuito cerrado no deben energizarse a menos que el equipo exhiba una identificación con sus características eléctricas.
- b) **Condiciones para desenergización.** Las salidas deben desenergizarse cuando se produzca cualquiera de las siguientes condiciones:
 - 1) No se esté recibiendo señal de operación que indique operación nominal por parte del equipo conectado a la salida de un sistema de distribución de potencia de circuito cerrado.
 - 2) Exista una condición de falla a tierra.
 - 3) Exista una condición de sobrecorriente.
- c) **Condiciones adicionales para desenergización cuando se usa una fuente de energía alterna.** Además de los requerimientos establecidos en 780-3(b), las salidas se deben desenergizar, cuando ocurra cualquiera de las siguientes condiciones adicionales:
 - 1) El conductor puesto a tierra no está debidamente puesto a tierra.
 - 2) Cualquier conductor no puesto a tierra está a la tensión distinta a la nominal.
- d) **Falla del controlador.** En el caso de una falla del controlador, todas las salidas dependientes del mismo deben desenergizarse.

780-5. Limitación de potencia en los circuitos de señalización. Para circuitos de señalización que no excedan de 24 V, la corriente eléctrica requerida no debe exceder de 1 A cuando el circuito esté protegido por un dispositivo de protección contra sobrecorriente o una fuente de energía inherentemente limitada.

780-6. Cables y conductores

- a) **Cable híbrido.** El cable híbrido consiste de una combinación de conductores de energía, comunicaciones y señalización bajo una cubierta común. Bajo una cubierta común, se permite usar cables híbridos aprobados, compuestos por conductores de fuerza, de comunicaciones y de señalización. Esta cubierta debe aplicarse de manera que separe a los conductores de energía de los conductores de comunicación y señalización. Se puede agregar una cubierta externa opcional. Los conductores individuales de un cable híbrido, deben cumplir con los requisitos aplicables de esta norma, en lo que se refiere a su capacidad de conducción de corriente, tensión eléctrica y aislamiento nominales. Los conductores para señalización deben ser de cobre y el tamaño nominal no debe ser menor que 0,2051 mm² (24 AWG).
- b) **Cables y conductores en el mismo gabinete, tablero o caja de conexiones.** Los conductores de energía, comunicaciones y señalización de un cable híbrido aprobado, pueden ocupar el mismo gabinete, tablero o caja de salida (u otro encerramiento similar que albergue las terminaciones eléctricas de los circuitos de alumbrado o de fuerza), sólo si se emplean los conectores aprobados específicamente para cables híbridos.

780-7. No intercambiabilidad. Los receptáculos, extensiones y clavijas con cordón usados en sistemas de distribución de potencia de circuito cerrado, deben construirse de forma tal que no sean intercambiables con otros receptáculos, extensiones y clavijas con cordón.

4.8 SISTEMAS DE COMUNICACION

CAPITULO 8

ARTICULO 800-CIRCUITOS DE COMUNICACIONES

A. Disposiciones generales

800-1. Alcance. Este Artículo cubre los requerimientos de los sistemas telefónicos, telegráficos (excepto las radiocomunicaciones), del alambrado exterior para sistemas de alarma contra incendio y contra robos y sistemas de estaciones centrales similares, y de sistemas telefónicos no conectados a un sistema de estación central, pero que utilizan clases de equipo, métodos de instalación y de mantenimiento similares.

NOTA 1 - Para mayor información sobre sistemas de alarmas contra incendio, puestos de guardia, de flujo de agua de rociadores automáticos y de los sistemas de supervisión de éstos, véase el Artículo 760.

NOTA 2: Para los requisitos de instalaciones de sistemas de fibra óptica, véase el Artículo 770.

NOTA 3: Para los requisitos de instalación de circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, véase el Artículo 830.

800-2. Definiciones. Véase el Artículo 100. Para propósitos de este Artículo, adicionalmente se aplican las siguientes definiciones:

Alambre: Ensamble hecho en fábrica de uno o más conductores aislados sin una cubierta común.

Cable: Ensamble hecho en fábrica de dos o más conductores aislados con cubierta general.

Cuadra: manzana, porción de una ciudad, terreno o aldea, rodeada por calles, incluyendo callejones encerrados, pero no las calles.

Expuesto: Circuito que está en una posición tal, que en caso de falla de los soportes y del aislamiento, puede hacer contacto con otro circuito.

NOTA: Véase el Artículo 100 para otras dos definiciones de Expuesto.

Forro de cable: Cubierta sobre el ensamble del conductor que puede incluir una o más cubiertas metálicas, refuerzos o envolturas.

Predios: El terreno y las edificaciones de un usuario, localizados en el lado del usuario del punto de demarcación de la red entre la empresa de servicios y el usuario.

Punto de entrada: El punto de entrada a un edificio es el lugar donde los conductores o cables emergen a través de un muro exterior, de una losa de concreto o de un tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado, puestos a tierra a un electrodo de acuerdo con la Sección 800-40 (b).

800-3. Cables híbridos para fuerza y comunicaciones. Las disposiciones de la Sección 780-6 aplican para los cables aprobados híbridos de fuerza y comunicaciones para distribución programada de energía y en circuito cerrado.

NOTA: Para cables híbridos de fuerza y comunicaciones en otras aplicaciones de los véase 800-51 (i).

800-4. Equipo. El equipo destinado a ser conectado eléctricamente a redes de comunicación debe estar listado para ese uso.

Excepción: El requisito de listado no se aplica al equipo de prueba destinado a conexión temporal a la red de telecomunicaciones, por parte del personal calificado durante la instalación, mantenimiento o reparación de equipo o sistemas de telecomunicaciones.

800-5. Acceso a los equipos eléctricos instalados detrás de paneles diseñados para permitir el acceso. El acceso a los equipos no debe impedirse por la acumulación de alambres y cables, que eviten la remoción de paneles, incluyendo los plafones suspendidos del techo.

800-6. Ejecución mecánica de los trabajos. Los circuitos y equipo de comunicaciones deben instalarse de manera ordenada, profesional y procurando identificar todo el alambrado. Los cables deben soportarse sobre la estructura del edificio de forma que no puedan dañarse por el uso normal del mismo

800-7. En áreas peligrosas (clasificadas). Los circuitos y equipos de comunicaciones instalados en un área peligrosa (clasificada) de acuerdo con el Artículo 500 deben cumplir los requisitos aplicables del Capítulo 5.

B. Conductores en exteriores y en entrada a edificios

800-10. Cables y alambres aéreos de comunicaciones. Los conductores aéreos que entren en edificios deben cumplir con lo siguiente:

- a) **Sobre postes y claros.** Cuando los conductores de comunicaciones, de alumbrado o de fuerza estén soportados en el mismo poste o corran paralelos en tramos, deben cumplir con las siguientes condiciones.
 - 1) **Ubicación relativa.** Cuando sea posible, los conductores de comunicaciones deben ubicarse abajo de los conductores de alumbrado o fuerza.
 - 2) **Fijación a las crucetas.** Los conductores de comunicaciones no se deben fijar a crucetas que lleven conductores de alumbrado o de fuerza.

- 3) **Espacio de ascenso.** El espacio de ascenso, entre los conductores de comunicación deben cumplir con los requisitos indicados en 225-14 (d).
 - 4) **Distancia de seguridad.** Las bajadas de acometidas aéreas de 0 V a 750 V, instaladas por encima y en paralelo a las bajadas de acometidas aéreas de comunicación, deben tener una distancia de seguridad mínima de 30 cm en cualquier punto del claro, incluyendo el punto de fijación al edificio, siempre que los conductores activos estén aislados y que se mantenga una distancia de seguridad mínima de 100 cm entre las dos acometidas en el poste.
- b) **Sobre azoteas.** Los conductores de comunicaciones deben tener una distancia de seguridad vertical mínima de 240 cm desde cualquier punto de la azotea sobre la que pasen.

Excepción 1: Edificios auxiliares, tales como cocheras (garajes, estacionamientos) y similares.

Excepción 2: Se permite una reducción en la distancia de seguridad sólo en la parte que sobresalga de la azotea, a no menos de 46 cm si:

- 1) Los conductores de la acometida de los sistemas de comunicaciones pasan sobre la azotea a no más de 1,2 m; y
- 2) Terminan en una canalización o soporte aprobado a través o arriba del techo.

Excepción 3: Si el techo tiene una pendiente no menor que 10 cm por cada 30 cm, se permite una reducción en la distancia de seguridad a un mínimo de 90 cm.

800-11. Acometidas subterráneas que entran a edificios. Los conductores subterráneos de comunicaciones que entren en los edificios, deben cumplir con (a) hasta (c) siguientes:

- a) **Con conductores de alumbrado o fuerza.** Los conductores subterráneos instalados en canalizaciones, registros o cajas de registro en los que haya conductores de alumbrado o fuerza, conductores de circuitos Clase 1 o de alarma contra incendios, que no sean de potencia limitada, deben estar separados de estos conductores por medio de un muro divisorio de tabique, ladrillo o concreto.
- b) **Distribución subterránea en la cuadra.** Cuando todo el circuito de la calle sea subterráneo y el circuito dentro de la cuadra esté colocado de manera tal que no haya riesgo de contacto accidental con circuitos de alumbrado o fuerza de más de 300 V a tierra, no deben aplicarse los requisitos de aislamiento indicados en 800-12 (a) y 800-12 (c), ni se exige colocar soportes aislantes para los conductores, ni se necesitan conectores para la entrada de los conductores en el edificio.
- c) **Punto de entrada.** El punto de entrada para los conductores de comunicaciones debe estar a una distancia no mayor que 7 m del punto de entrada de la acometida eléctrica.

Excepción: Cuando no sea factible instalar la acometida de comunicaciones de esta manera, se debe instalar un electrodo de puesta a tierra separado, instalado de conformidad con la Sección 800-40(b)(3) y unido de acuerdo con las Secciones 800-40(c) y (d).

NOTA: Bajo ciertas condiciones, la longitud del conductor de unión tiene relación directa con la diferencia de potencial entre los circuitos de comunicaciones y de fuerza.

800-12. Circuitos que necesitan protectores primarios. Los circuitos que requieren protectores primarios como los descritos en 800-30, deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) **Aislamiento, alambres y cables.** Los alambres y cables de comunicaciones sin pantalla metálica, tendidos desde el último soporte exterior del edificio hasta el protector primario, deben estar listados para este propósito y tener una capacidad de conducción de corriente como se especifica en 800-30 (a) (1) (b) u 800-30 (a) (1) (c).
- b) **Sobre edificios.** Los conductores de comunicación, que cumplan lo establecido en 800-12 (a), deben estar separados por lo menos 10 cm de los conductores de fuerza y alumbrado que no estén en una canalización o cable, o deben estar permanentemente separados de los conductores de los demás sistemas, además del aislamiento de los alambres, mediante una barrera no conductora, continua y fija firmemente, tal como un tubo de porcelana o tubería flexible. Los conductores de comunicaciones que cumplan con lo indicado en 800-12(a), que se encuentren expuestos a contactos accidentales con conductores de alumbrado y fuerza operando a tensiones eléctricas

mayores de 300 V a tierra y fijados a los edificios, deben separarse de la estructura del edificio mediante aisladores de vidrio, porcelana u otro material aislante.

Excepción: La distancia de la estructura, de acabados en madera, no es necesaria cuando se omiten los fusibles, como está previsto en 800-30 (a)(1), o donde se usen los conductores para extender un circuito desde un cable que tenga pantalla metálica puesta a tierra hasta un edificio.

- c) Entrada a edificios.** Cuando se instale un protector primario dentro del edificio, los conductores de comunicación deben entrar al edificio ya sea por medio de una boquilla aislante, no absorbente y no combustible, o por medio de una canalización metálica. Puede omitirse la boquilla aislante en los conductores que entran, cuando los conductores: (1) son cables con pantalla metálica; (2) pasen a través de mampostería; (3) satisfacen los requisitos indicados en 800-12 (a) y se omitan los fusibles según se dispone en la Sección 800-30(a)(1); o (4) cumplan con los requisitos especificados en 800-12(a) y se utilicen para prolongar circuitos desde un cable con pantalla metálica puesta a tierra hasta el edificio. Las canalizaciones o boquillas deben entrar desde el exterior al edificio con una pendiente hacia arriba desde el exterior o, cuando esto no es posible, deben hacerse curvas de goteo en los conductores inmediatamente antes de su entrada al edificio.

Las canalizaciones deben estar equipadas con una mufa de acometida aprobada. Se permite que entren a través de una canalización o boquilla más de un conductor de comunicaciones. Los tubos (conduit) u otras canalizaciones metálicas colocadas adelante del protector deben estar puestos a tierra.

800-13. Separación de los conductores de bajada de pararrayos. Se debe mantener una distancia de seguridad mínima de 1,8 m entre los conductores visibles de sistemas de comunicación y los conductores de bajada de los pararrayos.

C. Protección

800-30. Dispositivos de protección

a) Aplicación. En cada circuito que se encuentre parcial o completamente aéreo y que no se limite a la cuadra o edificio, se debe instalar un protector primario listado. También se debe colocar un protector primario listado en cada circuito, aéreo o subterráneo, que esté situado en la cuadra a la que pertenezca el edificio, que pueda estar expuesto a contacto accidental con conductores de alumbrado o fuerza con tensiones eléctricas mayores que 300 V a tierra. Además, donde exista exposición a descargas atmosféricas, cada circuito que conecta las edificaciones en un predio, debe protegerse con un protector primario listado en cada extremo del circuito de conexión. La instalación de protectores primarios también debe cumplir lo establecido en la Sección 110-3.

NOTA 1: En un circuito no expuesto a contacto accidental con conductores de fuerza, la instalación de un protector primario certificado de acuerdo con este Artículo, ayuda a proteger contra otros riesgos, tales como descargas atmosféricas y subidas anormales de tensión inducidas por corrientes de falla en circuitos de fuerza próximos a los de comunicaciones.

NOTA 2: Se considera que los circuitos de conexión entre edificaciones están expuestos a las descargas atmosféricas, a menos que exista alguna de las siguientes condiciones:

1) Los circuitos en grandes áreas metropolitanas donde los edificios están juntos y son suficientemente altos para interceptar las descargas atmosféricas.

2) Los tramos de cables de conexión entre edificios de 40 m de longitud o menores enterrados directamente o en tubo (conduit) subterráneo, donde una pantalla metálica continua del conductor o un tubo (conduit) metálico continuo que contenga al cable, esté unido al sistema de electrodos de puesta a tierra de cada edificio.

3) Las áreas que tengan un promedio de cinco días de tormenta o menos por año y la resistividad del terreno menor que 100 Ω -m.

1) Protectores primarios sin fusibles. Puede utilizarse un protector primario del tipo sin fusibles, bajo cualquiera de las condiciones siguientes:

a) Donde los conductores que entran a un edificio por medio de un cable con pantalla metálica puesta a tierra y si los conductores en el cable se funden sin peligro, para todas las corrientes mayores a la capacidad de corriente eléctrica del protector primario y del conductor de puesta a tierra del protector.

b) Donde se utilicen conductores aislados de acuerdo con lo indicado en 800-12(a) para extender circuitos desde un cable con pantalla metálica puesta a tierra eficazmente hasta un edificio, y si los conductores del cable o sus terminales, o las conexiones entre los conductores aislados y la planta expuesta, se funden sin peligro cuando pasa cualquier corriente eléctrica mayor que la capacidad de conducción de corriente del protector primario, o los conductores aislados asociados, y del conductor de puesta a tierra del protector primario.

c) Donde se utilicen conductores aislados de acuerdo con lo indicado en 800-12(a) o (b), para extender circuitos desde un cable que no tenga una(s) parte(s) de la pantalla metálica puesta a tierra hasta un edificio, si:

1) el protector primario está aprobado para este propósito; y

2) las conexiones de los conductores aislados a la planta expuesta o los conductores de dicha planta se funden sin presentar peligro cuando para corrientes eléctricas mayores a la capacidad de conducción de corriente del protector primario, o de los conductores aislados asociados, y la del conductor de puesta a tierra del protector primario.

d) Donde se utilicen conductores aislados, de acuerdo con lo indicado en 800-12 (a) para extender en forma aérea los circuitos hasta un edificio, desde un circuito no expuesto enterrado o subterráneo, no expuesto.

e) Donde se utilicen conductores aislados, de acuerdo con lo indicado en 800-12 (a) para extender los circuitos desde un cable con pantalla metálica puesta a tierra eficazmente hasta un edificio, y si:

1) la combinación del protector primario y el conductor aislado está aprobado para ese uso; y

2) los conductores aislados se funden sin peligro para todas las corrientes eléctricas mayores a la capacidad de conducción de corriente del protector primario y del conductor de puesta a tierra del protector primario.

2) Protectores primarios con fusibles. Cuando no se cumplan los requisitos indicados en la Sección 800-30(a)(1) de a) hasta (e) se deben usar protectores primarios con fusibles. Un protector primario con fusibles debe consistir en un protector contra sobretensiones eléctricas conectado entre cada conductor de fase y tierra, un fusible en serie con cada conductor de fase y una instalación de montaje adecuado. Las terminales del protector primario deben estar claramente marcadas para identificar las conexiones de fase, equipo y tierra, según sea aplicable.

b) Ubicación. El protector primario debe instalarse dentro del edificio o estructura a la que protege, o inmediatamente adyacente a ésta y tan cerca como sea posible del punto en el cual los conductores descubiertos entran o estén fijados. Para los propósitos de esta Sección, el punto en el cual los conductores expuestos entran, se debe considerar el punto de salida a través de un muro exterior, una losa de concreto o desde un tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado puesto a tierra a un electrodo, de acuerdo con lo indicado en 800-40 (b).

Para propósitos de esta Sección, debe considerarse que cumplen con los requisitos, los protectores primarios instalados en el equipo de acometida de casas móviles a la vista y a un máximo de 9 m desde la pared exterior de la casa móvil que alimenta, o a un medio de desconexión en la casa móvil, puesta a tierra de acuerdo con lo especificado en 250-24 y situado al alcance de la vista y no mayor que 9 m de la casa móvil que alimenta.

NOTA - Si se selecciona la ubicación del protector primario para lograr que el conductor de puesta a tierra del protector sea lo más corto posible, se ayuda a eliminar las diferencias de potencial entre los circuitos de comunicación y otros sistemas metálicos.

c) Áreas peligrosas (clasificadas). El protector primario no debe instalarse en áreas peligrosas (clasificadas), de acuerdo con lo definido en el Artículo 500, ni en la proximidad de materiales fácilmente inflamables.

Excepción: Como se permite en 501-14, 502-14 y 503-12.

800-31. Requisitos del protector primario. El protector primario debe consistir de una protección contra sobretensiones eléctricas conectadas entre cada conductor de línea y tierra, en un montaje apropiado. Las terminales del protector deben estar marcadas para identificar las conexiones de línea y tierra, según sea aplicable.

NOTA: Para mayor información sobre los requisitos aplicables de un protector primario, véase Apéndice B2.

800-32. Requisitos del protector secundario. Cuando un protector secundario se instale en serie con el alambre y el cable interior de comunicación entre el protector primario y el equipo, el protector debe estar aprobado para dicho propósito. El protector secundario debe incluir medios para limitar sin peligro la corriente eléctrica a valores menores de la capacidad de conducción de corriente del cable y del alambre de comunicación interiores aprobados, de cordones de línea telefónica aprobados y equipos de terminales de comunicación aprobadas, que tengan puertos para circuitos de comunicación con alambre exterior. Cualquier protección contra sobretensiones, apartarrayos o conexión de puesta a tierra, debe estar conectada en el lado de las terminales del equipo del medio limitador de corriente eléctrica del protector secundario.

NOTA 1: Para mayor información sobre los requisitos aplicables de un protector secundario, véase Apéndice B2.

NOTA 2: Los protectores secundarios en circuitos expuestos no están diseñados para usarse sin protectores primarios.

800-33. Puesta a tierra de cables. Las pantallas metálicas de los cables de comunicación que entren a los edificios deben ser puestas a tierra tan cerca como sea posible del punto de entrada o debe interrumpirse tan cerca del punto de entrada como sea practicable, por una junta aislante o por un dispositivo equivalente. Para propósitos de esta Sección, debe considerarse como punto de entrada, el lugar donde emergen los cables a través de un muro exterior, una losa de concreto o de un tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado conectado a un electrodo de puesta a tierra de acuerdo con lo indicado en 800-40 (b).

D. Método de puesta a tierra

800-40. Puesta a tierra del cable y del protector primario. La pantalla metálica de los cables, cuando lo exija la Sección 800-33 y los protectores primarios deben ser puestos a tierra, como se indica a continuación.

a) Conductor de puesta a tierra

- 1) **Aislamiento.** El conductor de puesta a tierra debe estar aislado listado para este uso.
- 2) **Material.** El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre u otro material conductor resistente a la corrosión, sólido o cableado.
- 3) **Tamaño nominal.** El conductor de puesta a tierra debe ser de un tamaño nominal no menor que 2,08 mm² (14 AWG).
- 4) **Recorrido.** El recorrido del conductor de puesta a tierra debe ser lo más recto y directo posible hasta el electrodo de puesta a tierra.
- 5) **Daño físico.** Cuando sea necesario, el conductor de puesta a tierra debe estar protegido contra daño físico. Cuando este conductor de puesta a tierra esté dentro de una canalización metálica, ambos extremos de la canalización deben unirse al conductor de puesta a tierra, o a la misma terminal o electrodo al cual está conectado el conductor de puesta a tierra.

b) Electrodo. El conductor de puesta a tierra debe conectarse como sigue:

- 1) Al lugar más cercano y accesible en:
 - a. El sistema de electrodos de puesta a tierra del edificio o estructura, de acuerdo con lo indicado en 250-81;
 - b. El sistema interno de tuberías metálicas de agua del edificio puestas a tierra, acorde con 250-80(a);
 - c. Un medio externo accesible de la acometida de energía, fuera de las envolventes como se indica en 250-71(b);
 - d. La canalización metálica de la acometida de energía;
 - e. La envolvente del equipo de la acometida de energía;
 - f. El conductor del electrodo de puesta a tierra o el conductor del electrodo de puesta a tierra de la envolvente metálica; o

- g. El conductor o el electrodo de puesta a tierra del medio de desconexión de un edificio o estructura puesta a tierra, conforme lo indicado en 250-24.

Para propósitos de esta Sección, debe considerarse accesible el equipo de acometida o medio de desconexión de una casa móvil, como se describe en 800-30(b),

- 2) Si el edificio o estructura alimentadas no tienen medios de puesta a tierra como se describe en (b)(1) anterior, a cualquiera de los electrodos individuales descritos en 250-81; o
- 3) Si el edificio o estructura alimentadas no tienen los medios de puesta a tierra, como se describe en (b)(1) o (b)(2); se debe conectar a una estructura metálica puesta a tierra eficazmente o a una varilla o tubería de puesta a tierra de longitud no menor que 1,5 m y 13 mm de diámetro conducida en lo posible, a una parte del terreno que esté húmedo permanentemente y separada de los conductores del sistema de protección contra descargas atmosféricas de acuerdo con lo indicado en 800-13 y a un mínimo de 1,8 m de distancia de los electrodos de otros sistemas. Ni las tuberías de vapor o agua caliente, ni los conductores que van hasta las varillas del sistema de protección contra descargas atmosféricas deben utilizar como electrodos para los protectores.
- c) **Conexión de los electrodos.** Las conexiones a los electrodos de puesta a tierra, deben cumplir con lo establecido en 250-115. Los conectores, abrazaderas, accesorios y zapatas utilizados para conectar conductores de puesta a tierra y puentes de unión a los electrodos de puesta a tierra o a cualquier otro elemento de puesta a tierra que esté embebido en concreto o enterrados en el suelo, deben ser adecuados para esta aplicación.
- d) **Conexión de electrodos.** Un puente de unión de tamaño nominal no menor que 13,3 mm² (6 AWG) o equivalente debe conectar al electrodo de puesta a tierra de comunicaciones y el sistema de electrodos para puesta a tierra de energía en el edificio o estructura alimentada, cuando se usan electrodos independientes. Se permite la unión de todos los electrodos de puesta a tierra independientes.

Excepción: En casas móviles conforme se indica en 800-41.

NOTA 1- Sobre el uso de terminales aéreas, véase 250-86.

NOTA 2- Si se unen todos los electrodos independientes de puesta a tierra, se limitan las diferencias de potencial entre los electrodos y entre sus sistemas alambrado asociados.

800-41. Puesta a tierra y unión del protector primario en casas móviles

- a) **Puesta a tierra.** Cuando no haya un equipo de acometida para casas móviles situado al alcance de la vista desde, y a máximo de 9 m del muro exterior de la casa móvil que alimenta, o no existe un medio de desconexión puesto a tierra de la casa móvil, de acuerdo con 250-24 y se ubica a la vista del muro exterior de la casa móvil que alimenta, la puesta a tierra del protector primario debe estar conforme con lo indicado en 800-40 (b)(2) y (3).
- b) **Unión.** La terminal o electrodo de puesta a tierra del protector primario debe unirse a la estructura metálica o mediante la terminal de puesta a tierra disponible de la casa móvil, mediante un conductor de puesta a tierra de cobre, con un tamaño nominal no menor que 3,31 mm² (12 AWG), de acuerdo con cualquiera de las condiciones siguientes:
- 1) Donde no exista equipo de acometida o medio de desconexión de la casa móvil como en el inciso a) anterior; o
- 2) Cuando la casa móvil está alimentada con clavija y cordón.

E. Conductores de comunicaciones dentro de edificios

800-48 Canalizaciones para conductores de comunicaciones. Cuando los alambres y cables de comunicaciones están instalados en una canalización, dicha canalización debe ser de un tipo permitido e instalado, de acuerdo con el Capítulo 3.

Excepción: Las canalizaciones no metálicas aprobadas de comunicaciones, identificadas para propósito general, para secciones verticales o para cámaras plena (de aire) de acuerdo con la Sección 800-51, e instaladas de acuerdo con las secciones 331-7 a 331-14, donde deben aplicarse los requisitos a tubería eléctrica no metálica.

800-49. Resistencia al fuego de conductores de comunicación. Los conductores de comunicación instalados como alambrado dentro de edificios deben estar listados como resistentes al fuego y a la propagación de la flama de acuerdo con lo indicado en 800-50 y 800-51.

800-50. Aprobación, marcado e instalación de conductores de comunicación. Los conductores de comunicación instalados dentro de edificios deben estar listados para este propósito e instalados conforme con lo establecido en la Sección 800-52. Los cables de comunicaciones y alambres de comunicaciones de instalación debajo de la alfombra, se deben marcar de acuerdo con la Tabla 800-50. La capacidad nominal de tensión del cable no se debe marcar en el cable o en los alambres de comunicaciones de instalación debajo de la alfombra.

NOTA - Las marcas de tensión eléctrica en el cable pueden mal interpretarse y sugerir que los cables son listados para aplicaciones de Clase 1, alumbrado y fuerza.

Excepción 1: Se permiten las marcas de tensión eléctrica en los cables, donde los cables listados tengan múltiples marcas, y las condiciones de certificación de alguna de ellas así lo requiera.

Excepción 2: Las marcas no se requieren cuando el cable esté listado y marcado entre al edificio desde el exterior y está continuamente canalizado en tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado, y este tubo (conduit) esté puesto a tierra a un electrodo conforme con lo indicado en 800-40(b).

Excepción 3: Las marcas y etiquetas no se requieren cuando la longitud del cable dentro del edificio, medido desde el punto de entrada, no es mayor que 15 m y los cables que entran desde el exterior y terminan en una envolvente o protector primario listado.

NOTA 1 - Las cajas de derivaciones y terminales, ya sean plásticas o metálicas, son envolventes típicas para terminales y derivaciones de cables telefónicos.

NOTA 2 - Esta excepción limita la longitud del cable no listado de la instalación dentro del edificio a 15 m, mientras que la Sección 800-30 (b) requiere que el protector primario se ubique tan cerca como sea posible al punto de entrada del cable al edificio. Por tanto, en las instalaciones que requieran de un protector primario, el cable exterior no debe extenderse más de 15 m dentro del edificio, siempre que es posible instalar el protector primario más cerca de los 15 m del punto de entrada.

Excepción 4: Los cables multiusos pueden considerarse adecuados y se permite sustituir a los cables de comunicación, conforme con lo establecido en 800-53(f).

NOTA 1 - Los tipos de cables se listan en orden descendente en cuanto a su capacidad de resistencia al fuego. Los cables multiusos se listan arriba de los cables de comunicación, ya que los multiusos pueden sustituir a algunos cables de comunicación.

NOTA 2 - Véase las secciones citadas para los usos permitidos.

TABLA 800-50.- Identificación en los cables

Identificación del conductor	Tipo	Referencia
MPP	Cable multiuso en cámara plena (de aire)	800-51(g) y 800-53(a)
CMP	Cable de comunicación en cámara plena (de aire)	800-51(a) y 800-53(a)
MPR	Cable multiuso elevador	800-51(g) y 800-53(b)
CMR	Cable de comunicación elevador	800-51(b) y 800-53(b)
MPG	Cable multiuso usos generales	800-51(g) y 800-53(d)
CMG	Cable de comunicación de usos generales	800-51(c) y 800-53(d)
MP	Cable multiuso usos generales	800-51(g) y 800-52(d)
CM	Cable de comunicación de usos generales	800-51(d) y 800-53(d)
CMX	Cable de comunicación de uso limitado	800-51(e) y 800-53(d)
CMUC	Cable y alambre de comunicación bajo alfombra	800-51(f) y 800-53(d) Excepción 5

(Continúa en la Séptima Sección)

SEPTIMA SECCION

SECRETARIA DE ENERGIA

(Viene de la Sexta Sección)

800-51. Requisitos de aprobación para conductores y canalizaciones de comunicación. Los conductores de comunicación deben ser de una capacidad de tensión eléctrica nominal no menor que 300 V y estar listados de acuerdo con lo indicado en los incisos (a) hasta (i) siguientes, y las canalizaciones de comunicaciones deben estar aprobadas de acuerdo con (j) a (l). Los conductores de los cables de comunicaciones, diferentes de los que van en un cable coaxial, deben ser de cobre.

NOTA-Véase 800-4 para requerimientos de marcado de equipo.

- a) **Tipo CMP.** El cable de comunicación tipo CMP instalados en cámara plena (de aire) debe estar aprobado para uso en cámaras plenas (de aire), ductos, y otros espacios utilizados para manejar aire acondicionado, y además como poseedores de características adecuadas de resistencia al fuego y baja emisión de humo.

NOTA: Para mayor información sobre cables con baja emisión de humo, véase Apéndice B1.

- b) **Tipo CMR.** El cable de comunicaciones tipo CMR instalados en secciones verticales debe estar listado como adecuado para instalación en un tramo vertical en un tiro en ductos y listado y además con características de resistencia al fuego capaz de evitar transmitir el paso del fuego de un piso a otro.

NOTA: Para definir las características de resistencia al fuego capaces de impedir la transmisión de fuego de un piso a otro, véase Apéndice B2.

- c) **Tipo CMG.** El cable de comunicaciones tipo CMG para uso general debe estar aprobado como adecuado para uso en comunicaciones de propósito general, excepto en ductos verticales, cámaras plenas (de aire), y también estar aprobado con las características adecuadas de resistencia al fuego y baja emisión de humos.

NOTA: Para mayor información sobre un método para definir la resistencia a la propagación de fuego de un cable, véase Apéndice B1.

- d) **Tipo CM.** El cable de comunicaciones tipo CM de usos generales debe estar aprobado como adecuado para usos generales de comunicaciones, con excepción de secciones verticales y cámaras plenas (de aire), y además estar aprobado como resistente a la propagación del fuego.

NOTA: Para información sobre un método para definir la resistencia de los cables a la propagación de fuego, véase el Apéndice B1.

- e) **Tipo CMX.** El cable de comunicaciones de uso limitado tipo CMX debe estar aprobado como adecuado para uso en viviendas y para uso en canalizaciones y además debe estar aprobado como resistente a la propagación de la flama.

NOTA: Para información sobre un método para determinar si un cable es resistente a la propagación de la flama, véase Apéndice B1.

- f) **Cables y alambres de Tipo CMUC para instalarse bajo alfombra.** El cable y alambre de comunicaciones tipo CMUC para instalación bajo alfombra debe estar aprobado para uso bajo alfombras y además como resistente a la propagación de la flama.

NOTA: Para información sobre un método para determinar si un cable es resistente a la propagación de la flama, véase Apéndice B1.

- g) **Cables multiusos tipo MP.** Se permite que los cables que cumplen los requisitos para los tipos CMP, CMR, CMG y CM, y además satisfacen los requisitos indicados en la Sección 760-71 para cables multiconductores, y la Sección 760-71(h) para cables coaxiales, estén marcados y aprobados como cables multiuso tipos MPP, MPR, MPG y MP, respectivamente.

- h) **Alambres de comunicación.** Los alambres de comunicaciones, tales como alambres de marcos de distribución y los de los puentes, deben estar aprobados como resistentes a la propagación del fuego.

NOTA: Para información sobre un método para determinar si un cable es resistente a la propagación de la flama, véase Apéndice B1.

- i) **Cables híbridos de energía y comunicaciones.** Se permite instalar el cable híbrido de energía y comunicaciones aprobado, de Tipo NM o NM-B conforme con los requisitos del Artículo 336, y el cable para comunicaciones sea tipo CM, y las cubiertas de los cables aprobados NM NM-B y CM sean para una tensión eléctrica nominal de 600 V como mínimo, y el cable híbrido esté aprobado como resistente a la propagación del fuego.

NOTA: Para información sobre un método para determinar si un cable es resistente a la propagación de la flama, véase Apéndice B1.

- j) Canalizaciones para comunicaciones en cámara plena (de aire).** Las canalizaciones para comunicaciones en cámara plena (de aire) listadas como canalizaciones de fibra óptica de cámara plena (de aire), se permite para uso en ductos, cámaras plenas (de aire) y otros espacios usados para ventilación, y también deben estar listados como poseedoras de características adecuadas de resistencia al fuego y de baja emisión de humo.
- (k) Canalizaciones de secciones verticales, para comunicaciones.** Las canalizaciones de sectores verticales para comunicaciones listadas, deben tener las características de resistencia al fuego adecuadas para evitar la transmisión del fuego de un piso a otro.
- (l) Canalizaciones de propósito general para comunicaciones.** Las canalizaciones listadas de propósito general para comunicaciones deben tener las características de resistencia al fuego adecuadas.

800-52. Instalación de cables, alambres y equipos de comunicación. Los cables de comunicaciones que van desde el protector a los equipos o, cuando no sea necesario protector, los conductores de comunicaciones que están conectados al interior o el exterior del edificio deben cumplir con (a) hasta (e) siguientes:

(a) Separación con otros conductores

(1) En canalizaciones, cajas y cables

a. Otros circuitos de potencia limitada. Se permitirá instalar cables de comunicaciones en la misma canalización o encerramiento con cables de cualquiera de los tipos siguientes:

1. Circuitos de Clase 2 y Clase 3 de control remoto, señalización y potencia limitada, de acuerdo con el Artículo 725.
2. Circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada, de acuerdo con el Artículo 760.
3. Cables de fibra óptica conductores y no conductores, de acuerdo con el Artículo 770.
4. Sistemas de distribución de antenas comunales de radio y televisión, de acuerdo con el Artículo 820.
5. Circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de baja potencia, de acuerdo con el Artículo 830.

b. Circuitos Clases 2 y 3. Los circuitos Clase 1 no deben estar en el mismo cable con circuitos de comunicaciones. Se permiten conductores de circuitos Clases 2 y 3 en el mismo cable con los circuitos de comunicación, en cuyo caso los circuitos de Clases 2 y 3 deben estar clasificados como circuitos de comunicación y cumplir con los requisitos de este Artículo. Los cables deben estar aprobados como cables de comunicaciones o cables multiusos.

Excepción: Los cables construidos con cables aprobados individuales de Clase 2 y 3, y de comunicaciones, bajo una cubierta común no necesitan estar clasificados como cables de comunicaciones. La clasificación de resistencia al fuego del cable compuesto debe determinarse mediante el desempeño de este cable compuesto.

c. Circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarmas contra incendios de potencia no limitada, de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media. En canalizaciones, compartimientos y cajas. Los conductores de comunicaciones no se deben colocar en canalizaciones, envolventes, cajas de salida, cajas de empalmes o accesorios similares con conductores de alumbrado y fuerza, o circuitos de fuerza Clase 1, de alarmas contra incendios de potencia no limitada, o de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media.

Excepción 1: Donde todos los conductores de alumbrado, fuerza, Clase 1, o alarma contra incendio, de potencia no limitada, y de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media están separados de todos los otros conductores de comunicaciones mediante una barrera.

Excepción 2: Conductores de circuitos de fuerza en cajas de salida, cajas de empalmes o accesorios similares o envolventes donde tales conductores se introducen solamente para alimentar al equipo de comunicaciones, o para la conexión de equipo de control remoto. Los conductores de circuitos de fuerza, de alumbrado, Clase 1, o señalización de incendio de potencia no limitada deben guiarse dentro de la envolvente para mantener una separación mínima de 6 mm de los conductores de comunicaciones.

(2) Otras aplicaciones. Los conductores de comunicaciones que corren en tiros con conductores de alumbrado, fuerza, Clase 1, o de alarma contra incendio de potencia no limitada, y de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media deben estar separados de éstos no menos de 51 mm.

Excepción 1: Donde: (1) todos los conductores de alumbrado, fuerza, Clase 1, o de alarma contra incendio de potencia no limitada, y de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media, están en una canalización o en cables con forro metálico, revestimiento metálico, forro no metálico, Tipo AC o UF, o (2) todos los conductores de comunicaciones están confinados en una canalización.

Excepción 2: Cuando los conductores de alumbrado, estén separados permanentemente de los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarmas contra incendios de potencia no limitada y de comunicaciones de banda ancha alimentados, por una red de potencia media, adicionalmente al aislamiento de los alambres, por una barrera no conductora continua y fijada firmemente tales como tubos de porcelana o tuberías flexibles.

(b) Propagación del fuego o productos de la combustión. Las instalaciones en espacios huecos (vacíos), tiros verticales y ductos de ventilación o extracción de aire se deben hacer de tal forma que la posible propagación del fuego o productos de la combustión no se vean considerablemente incrementados.

Las aberturas que atraviesen paredes, pisos o techos falsos resistentes al fuego, deben sellarse contra el fuego acordes con sistemas aprobados.

(c) Equipos en otro espacio del usado para ventilación. Se debe aplicar lo establecido en 300-22(c).

(d) Soporte tipo charola para cables. Los cables tipos MPP, MPR, MPG y MP, y los cables de comunicaciones tipos CMP, CMR, CMG y CM pueden instalarse en soporte tipo charola para cables.

(e) Soporte de los conductores. Las canalizaciones no pueden usarse como medios de soporte para cables y alambres de comunicaciones. Los cables o alambres de comunicaciones no se deben sujetar con grapas, o con cinta, ni asegurarlos por otros medios al exterior de cualquier tubo (conduit) o canalización.

Excepción: Se permite que los tramos aéreos de cables o alambres de comunicaciones vayan sujetos al exterior de un mástil tipo canalización previsto para la sujeción y soporte de estos conductores

800-53. Aplicaciones de alambres, cables y canalizaciones aprobados para comunicaciones. Los cables de comunicaciones deben cumplir lo establecido en los siguientes apartados (a) hasta (f):

a) Plafones y cámaras plenas (de aire). Los cables instalados en ductos, plafones y en otros espacios usados para el manejo de aire acondicionado deben ser del tipo CMP. Además, se permite que las canalizaciones de comunicaciones certificadas en cámaras plenas (de aire) vayan instaladas en conductos y cámaras de aire como se describe en la Sección 300-22(b) y en otros espacios usados para ventilación, como se describe en la Sección 300-22(c). Solamente se permite instalar en estas canalizaciones cable tipo CMP.

Excepción: Los cables de comunicaciones tipos CMP, CMR, CMG, CM y CMX y otros alambres de comunicaciones instalados conforme se establece en 300-22.

b) Secciones verticales. Los cables instalados en corridas verticales a través de más de un piso, o cables en secciones verticales en ductos, deben ser tipo CMR. Las instalaciones que atraviesen pisos y requieran cables Tipo CMR deben contener únicamente cables adecuados para su instalación en ductos verticales o cámaras plenas (de aire). Además, se permite que las canalizaciones aprobadas de comunicaciones de secciones verticales se instalen en tramos de secciones verticales en un pozo de un piso a otro. En estas canalizaciones se permite instalar solamente cables tipo CMR y CMP

NOTA-Para los requisitos de detención de fuego para pasos por piso, véase 800-52(b).

Excepción 1: Cuando los cables aprobados están confinados en canalizaciones metálicas o están localizados en tiros verticales protegidos contra incendios con barreras contra incendio en cada piso.

Excepción 2: Se permite instalar los cables tipo CM y CMX en viviendas de unifamiliares o bifamiliares.

c) Conjuntos de marcos de distribución y de conexión cruzada. En conjuntos de distribución y de conexión cruzada, se deben usar cables de comunicaciones.

Excepción: Se permiten usar cables de tipo CMP, CMR, CMG y CM.

d) Otros alambrados en el interior de edificios. Los cables instalados en edificios diferentes a los descritos en (a), (b) y (c) anteriores, deben ser tipo CMG o CM. En las canalizaciones de propósito general sólo se permite utilizar cables tipos CMG, CM, CMR o CMP.

Excepción 1: Cuando los cables de comunicación aprobados están confinados en canalizaciones de un tipo incluido en el Capítulo 3.

Excepción 2: Los cables de comunicación tipo CMX en espacios descubiertos cuando el tramo expuesto del cable no sea mayor que 3 m.

Excepción 3: Los cables de comunicaciones tipo CMX de diámetro menor que 6,5 mm instalados en viviendas de unifamiliares o bifamiliares.

Excepción 4: Los cables de comunicación tipo CMX de diámetro menor que 6,5 mm instalados en espacios no confinados en viviendas multifamiliares.

Excepción 5: Cables de comunicación tipo CMUC instalados bajo alfombras y los cables instalados bajo alfombra.

e) Cables híbridos de fuerza y comunicaciones. Los cables híbridos de energía y comunicaciones aprobados según se indica en 800-51(i), pueden instalarse en unidades de vivienda unifamiliares y bifamiliares.

f) Substitución de cables. Se permite la substitución de cables de comunicaciones conforme con lo permitido en la Tabla 800-53 e ilustrados en la figura 800-53.

TABLA 800-53. Usos de cables y sustituciones permitidas

Tipo de cable	Uso	Referencias	Substituciones permitidas
CMP	Cable de comunicaciones en cámaras plenas (de aire)	800-53(a)	MPP
CMR	Cable de comunicaciones para secciones verticales	800-53(b)	MPP, CMP, MPR
CMG, CM	Cables de propósito general para comunicaciones	800-53(d)	MPP, CMP, MPR, CMR, MPG, MP
CMX	Cable para comunicaciones, de uso limitado	800-53(d)	MPP, CMP, MPR, CMR, MPG, MP, MG, CM

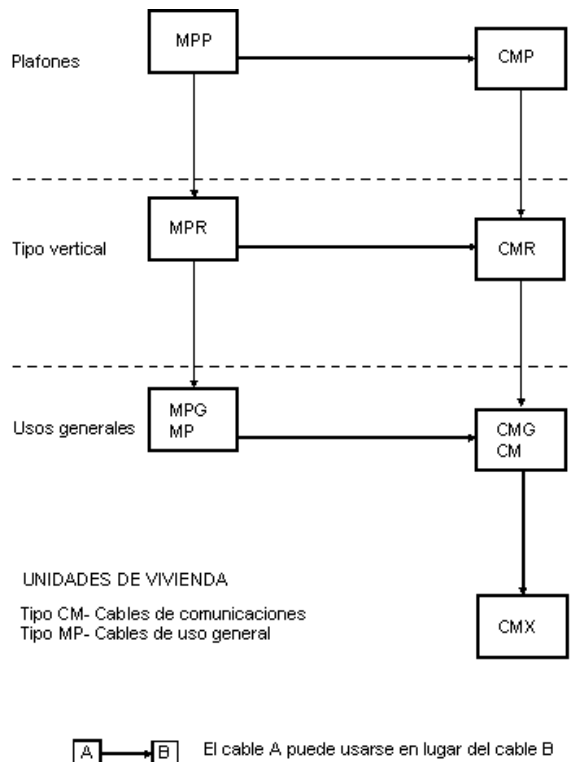


Figura 800-53.- Jerarquía de sustitución de cables

ARTICULO 810-EQUIPOS DE RADIO Y TELEVISION

A. Disposiciones generales

810-1. Alcance. Este Artículo se aplica a sistemas de antenas para equipos de recepción de radio y televisión, equipos transmisión y recepción de radioaficionados, y algunas características de seguridad del transmisor. Este Artículo trata sobre antenas tales como las multi-elementos, de varilla vertical y parabólicas, y también comprende el alambrado y cableado que las conecta a los equipos, pero no incluye equipos y antenas usados para acoplar la corriente portadora a los conductores de la línea de fuerza.

810-2. Otros Artículos aplicables. El alambrado desde la fuente de suministro de energía a y entre los dispositivos conectados al sistema de alambrado interior y entre dichos dispositivos deben cumplir con los Capítulos 1 a 4, excepto por las modificaciones indicadas en las Partes A y B del Artículo 640. El alambrado para equipo de procesamiento, amplificación y reproducción de señales de audio debe cumplir con el Artículo 640. El cable coaxial que conectan las antenas a los equipos debe cumplir con lo establecido en el Artículo 820.

810-3. Antenas comunitarias de televisión. Las antenas comunitarias deben cumplir con lo establecido en este Artículo. El sistema de distribución debe cumplir con lo establecido en el Artículo 820.

810-4. Supresores de ruido para radio. Los dispositivos que eliminan las interferencias de radio, los condensadores de interferencia o los supresores de ruido conectados a los conductores de alimentación, deben estar listados y no deben estar expuestos a daño físico.

810-5. Definiciones. Véase el Artículo 100.

B. Equipo receptores-Sistemas de antenas

810-11. Material. Las antenas y los conductores de entrada deben ser de cobre duro, bronce, aleación de aluminio, cobre con núcleo de acero u otro material de alta resistencia mecánica y resistencia a la corrosión.

Excepción: Se permite instalar alambre de cobre blando o semiduro para los conductores de entrada de antena cuando los tramos entre los puntos de soporte no son mayores de 10 m.

810-12. Soportes. Las antenas exteriores y los conductores de entrada deben estar firmemente soportados. Ni las antenas ni los conductores de entrada se deben sujetar a los mástiles de la acometida eléctrica, ni en postes o estructuras similares que porten alambres a la vista de alumbrado o fuerza, o alambres para troles de más de 250 V entre conductores. Los aisladores que sostengan a los conductores de la antena deben tener suficiente resistencia mecánica para sostenerlos con seguridad. Los conductores de entrada deben fijarse firmemente a las antenas.

810-13. Modo de evitar contacto con conductores de otros sistemas. Las antenas exteriores y los conductores de entrada que vayan desde una antena hasta un edificio, no deben cruzar por encima de conductores expuestos de circuitos de alumbrado o de fuerza y se deben mantener alejados de tales circuitos, con el fin de evitar la posibilidad de contactos accidentales. Cuando no se pueda evitar la proximidad con los conductores expuestos de alumbrado o de las acometidas de instalaciones de menos de 250 V entre conductores, la instalación debe realizarse de manera que se proporcione una distancia de seguridad no menor que 60 cm. Cuando sea posible, los conductores de la antena se deben instalar de modo que no crucen por debajo de otros conductores expuestos de alumbrado o fuerza.

810-14. Empalmes. Los empalmes y uniones en los tramos de antena deben ser mecánicamente seguros y con dispositivos de empalme aprobados o por otros medios que no debiliten de forma apreciable a los conductores.

810-15. Puesta a tierra. Los mástiles y las estructuras metálicas que sostienen a las antenas deben ponerse puesta a tierra de acuerdo con lo indicado en 810-21.

810-16. Tamaño nominal del cable de la antena-estación receptora

- a) **Tamaño nominal del cable de la antena.** Los conductores de la antena instalados en el exterior de la estación receptora deben ser de un tamaño nominal no-menor que lo indicado en la Tabla 810-16(a).

TABLA 810-16(a).- Tamaño nominal de los conductores de antena exterior para estaciones receptoras

Material	Tamaño nominal mínimo de los conductores, cuando la longitud máxima del tramo es:		
	Menor que 10 m	De 10 m a 45 m	Mayor que 45 m
Aleación de aluminio y cobre duro	65 mm ² (19 AWG)	2,08 mm ² (14 AWG)	3,31 mm ² (12 AWG)
Cobre con núcleo de hierro, bronce u otro material de alta resistencia mecánica	0,519 mm ² (20 AWG)	1,03 mm ² (17 AWG)	2,08 mm ² (14 AWG)

- b) **Antenas autoportadas.** Las antenas exteriores, como las verticales, parabólicas o bipolares, deben ser de materiales resistentes a la corrosión y de resistencia mecánica adecuadas para resistir las condiciones de carga del viento. Deben instalarse, lo más alejadas posible de conductores aéreos de los circuitos de alumbrado y de fuerza de más de 150 V a tierra, con objeto de evitar la posibilidad de que, si cayera la antena o la estructura, se produzca un contacto accidental con los circuitos o caigan sobre dichos circuitos.

810-17. Tamaño nominal de los conductores de entrada-estación receptora. Los conductores de entrada de antenas exteriores para estaciones receptoras deben, para distintas longitudes máximas de tramos expuestos, tener un tamaño nominal tal que tenga una resistencia a la tracción por lo menos igual que la de los conductores de antena especificados en 810-16. Cuando la entrada esté formada por dos o más conductores trenzados juntos dentro de la misma cubierta, o sean concéntricos, el tamaño nominal del conductor para distintas longitudes máximas de los tramos expuestos debe ser tal, que la resistencia a la tracción de la combinación sea por lo menos tan grande como la de los conductores de antena especificados en 810-16.

810-18. Distancias de seguridad-Estaciones receptoras

- a) **Fuera de los edificios.** Los conductores de entrada fijados a los edificios se deben instalar de forma que no puedan aproximarse, al moverse, a menos de 60 cm de los conductores de los circuitos de 250 V o menos entre conductores, o a menos de 3 m de los conductores de los circuitos de más de 250 V entre conductores; se exceptúa el caso de circuitos cuya tensión eléctrica no exceda 150 V entre conductores, si todos los conductores implicados están fijados para asegurar una distancia permanente, en cuyo caso la distancia puede reducirse, pero no debe ser menor que 10 cm. La distancia de seguridad entre conductores de entrada y cualquier conductor que forme parte de un sistema de protección contra tormentas eléctricas, no debe ser menor que 1,8 m, a menos que se haga la unión como se indica en la Sección 250-86. Los conductores subterráneos deben separarse al menos 30 cm de los conductores de cualquier circuito de fuerza, alumbrado, o Clase 1.

Excepción: Cuando los conductores de alumbrado, fuerza, Clase 1, o de entrada de antena que se instalen en canalizaciones o armadura metálica.

- b) **Antenas y cables de entradas interiores.** Las antenas y conductores de entradas interiores no deben estar a menos de 5 cm de los conductores de otros sistemas de alambrado en el predio.

Excepción 1: Cuando tales conductores estén instalados en canalizaciones o armaduras metálicas.

Excepción 2: Cuando estén permanentemente separados de tales conductores por medio de una cubierta aislante y continua fijada firmemente, como tubo de porcelana o tubería flexible.

- c) **En cajas u otras envolventes.** Las antenas y entradas interiores pueden ocupar la misma caja o envoltorio que los conductores de otros sistemas de alambrado, cuando estén separados de esos otros conductores por una barrera instalada efectiva y permanentemente.

810-19. Circuitos de alimentación eléctrica utilizados como antena-estación receptora. Cuando se utiliza un circuito de alimentación eléctrica como antena, el dispositivo de acoplamiento entre la red eléctrica y el receptor de radio al circuito, debe estar listado para este uso.

810-20. Dispositivos para descarga de antenas-estaciones receptoras

- a) **Donde se requiere.** Cada conductor de entrada procedente de una antena exterior debe estar provisto de una unidad aprobada de descarga de antena.

Excepción: Cuando los conductores de entrada estén dentro de una pantalla metálica continua permanente y esté puesta a tierra eficazmente, o estén protegidos por una unidad de descarga de antena.

- b) **Ubicación.** Las unidades de descarga de antenas se deben instalar fuera o dentro del edificio, entre el punto de entrada de los conductores de entrada y el o receptor de radio o los transformadores, y tan cerca como sea posible de la entrada de los conductores al edificio. Las unidades de descarga de antena no deben ubicarse cerca de materiales combustibles, ni en las áreas peligrosas (clasificadas) según lo definido en el Artículo 500.

- c) **Puesta a tierra.** La unidad de descarga de antenas debe estar puesta a tierra conforme con lo establecido en 810-21.

810-21. Conductores de puesta a tierra-estaciones receptoras. Los conductores de puesta a tierra deben cumplir con los incisos (a) a (j) siguientes:

- a) **Material.** El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre, aluminio, cobre con núcleo de acero, bronce u otro material resistente a la corrosión. No se deben usar conductores de puesta a tierra de aluminio o aluminio recubierto de cobre cuando estén en contacto directo con construcciones de mampostería o con la tierra o expuestos a condiciones corrosivas. Cuando se utilicen en exteriores, los conductores de aluminio o aluminio recubierto de cobre no se deben instalar a una distancia menor que 457 mm del suelo.
- b) **Aislamiento.** Los conductores de puesta a tierra pueden estar no aislados.
- c) **Soportes.** Los conductores de puesta a tierra deben asegurarse firmemente y pueden fijarse a las superficies donde deban instalarse, sin necesidad de usar soportes aislantes.

Excepción: Cuando no se puedan instalar soportes adecuados, el tamaño nominal del conductor de puesta a tierra debe aumentar proporcionalmente.

- d) **Protección mecánica.** El conductor de puesta a tierra debe protegerse donde esté expuesto a daño físico, o se debe aumentar proporcionalmente el tamaño nominal del conductor de puesta a tierra, para compensar la falta de protección. Cuando se instale un conductor de puesta a tierra en una canalización metálica, los dos extremos de la canalización deben estar unidos al conductor de puesta a tierra o al mismo terminal o electrodo al que vaya conectado el conductor de puesta a tierra.
- e) **Recorrido en línea recta.** El conductor de puesta a tierra para una antena o unidad de descarga de antena se debe instalar en línea recta tanto como sea factible, desde el mástil de la antena o desde la unidad de descarga, hasta el electrodo de puesta a tierra.
- f) **Electrodo.** El conductor de puesta a tierra debe conectarse en la forma siguiente:
 - 1) Al lugar accesible más cercano: (1) en el sistema de electrodos de puesta a tierra del edificio o estructura, como se describe en 250-81; (2) al sistema interno de tubería metálica de agua puesta a tierra, como se describe en 250-80(a); (3) a los medios accesibles de la acometida de energía fuera de las envolventes de acuerdo con lo indicado en 250-71(b); (4) a la canalización metálica de la acometida de energía; (5) a la envolvente del equipo de acometida, o (6) al conductor del electrodo de puesta a tierra o a las envolventes metálicas del conductor del electrodo de puesta a tierra.
 - 2) Si el edificio o estructura servida no tiene un medio de puesta a tierra como los descritos en (f)(1), a cualquiera de los electrodos individuales descritos en 250-81.
 - 3) Si el edificio o estructura servida no tiene un medio de puesta a tierra como se describe en (f)(1) o (f)(2), a (1) una estructura metálica puesta a tierra eficazmente, o (2) a cualquiera de los electrodos individuales descritos en 250-83.
- g) **Dentro o fuera del edificio.** El conductor de puesta a tierra puede tenderse dentro o fuera del edificio.
- h) **Tamaño nominal.** El conductor de puesta a tierra no debe ser de tamaño nominal menor que 5,26 mm² (10 AWG) para cobre 8,37 mm² (8 AWG) para aluminio, 1,03 mm² (17 AWG) para el cobre con núcleo de acero o para bronce.
- i) **Tierra común.** Puede utilizarse un solo conductor de puesta a tierra que sirva a la vez a los fines de protección y operación.
- j) **Unión de electrodos.** Se debe conectar un puente de unión de tamaño nominal no-menor que 13,3 mm² (6 AWG) de cobre o equivalente entre el equipo de radio y televisión puestos a tierra y el sistema de electrodos de puesta a tierra de energía del edificio o estructura servida cuando se usen electrodos separados.

C. Estaciones transmisoras y receptoras de radioaficionados-Sistemas de antenas

810-51. Otras secciones aplicables. Los sistemas de antena de las estaciones de radioaficionados, transmisoras y receptoras, además de cumplir con las disposiciones de esta Parte C, deben cumplir con lo estipulado en 810-11 a 810-15.

810-52. Tamaño nominal de conductores de la antena. Los conductores de la antena para estaciones de radioaficionados, transmisoras y receptoras, deben ser de tamaño nominal no menor que lo indicado en la Tabla 810-52.

TABLA 810-52.- Tamaño nominal mínimo de los conductores de antena exterior para estaciones de radioaficionados, mm² (AWG)

Material	Tamaño nominal mínimo cuando la longitud máxima del tramo es:	
	De 10 hasta 45 m	Mayor que 45 m
Cobre duro	2,08 mm ² (14 AWG)	5,26 mm ² (10 AWG)
Cobre con núcleo de acero, bronce u otro material de alta resistencia mecánica	2,08 mm ² (14 AWG)	3,31 mm ² (12 AWG)

810-53. Tamaño nominal de los conductores de entrada. Los conductores de entrada para estaciones transmisoras deben tener, para distintas longitudes máximas de tramos, un tamaño nominal por lo menos igual que el de los conductores para antena especificados en 810-52.

810-54. Distancias de seguridad en el edificio. Los conductores de antena para estaciones transmisoras fijados a los edificios, deben montarse firmemente, dejando una distancia de seguridad mínima de 75 mm hasta la superficie del edificio e ir montados sobre soportes aislantes no absorbentes, tales como varillas o abrazaderas tratadas, y equipados con aisladores que tengan una distancia de fuga y de distancia libre no menor que 75 mm. Los conductores de entrada fijados al edificio deben someterse también a estos requisitos.

Excepción: Cuando los conductores de entrada están confinados en una pantalla metálica continua, permanente y puesta a tierra eficazmente, no se requiere cumplir con estos requisitos. Si la pantalla metálica está puesta a tierra se puede utilizarla también como conductor.

810-55. Entrada al edificio. Los conductores de entrada de la antena de las estaciones de transmisión, excepto cuando están protegidos por una pantalla metálica continua puesta a tierra en forma permanente y efectiva, deben entrar a los edificios por uno de los métodos siguientes:

- (1) a través de un tubo o boquilla aislante, no absorbente, no combustible y rígida;
- (2) a través de una abertura provista para el propósito, en la que los conductores de entrada están fijados firmemente, dejando una distancia de seguridad, no menor que 50 mm; o
- (3) a través de un agujero perforado en el vidrio de una ventana.

810-56. Protección contra contactos accidentales. Los conductores de entrada a las antenas a los transmisores de radio, deben ubicarse o instalarse de manera que se dificulte el contacto accidental con ellos.

810-57. Unidades de descarga de antenas-estaciones transmisoras. Cada conductor de entrada de una antena exterior debe estar provisto de una unidad de descarga de la antena u otro medio adecuado para descargar la electricidad estática desde el sistema de la antena.

Excepción 1: Cuando cada conductor esté protegido por una pantalla metálica continua puesta a tierra de forma permanente y efectiva.

Excepción 2: Cuando la antena está puesta a tierra de forma permanente y efectiva.

810-58. Conductores de puesta a tierra-Estaciones transmisoras y receptoras de radioaficionados. Los conductores de puesta a tierra, deben cumplir con los incisos siguientes:

- a) **Otras secciones aplicables.** Todos los conductores de puesta a tierra de los equipos de las estaciones de radioaficionados, transmisoras y receptoras, deben cumplir con lo indicado en 810-21 (a) hasta (j).
- b) **Tamaño nominal del conductor de puesta a tierra para protección.** El conductor de puesta a tierra para protección de estaciones transmisoras debe ser de un tamaño nominal como mínimo igual que el conductor de entrada de la antena, pero en ningún caso de tamaño nominal no menor que 5,26 mm² (10 AWG) para cobre, bronce o bronce con núcleo de acero.
- c) **Tamaño nominal del conductor de puesta a tierra para funcionamiento.** El conductor de puesta a tierra para el funcionamiento de estaciones transmisoras no debe ser de tamaño nominal menor que 2,08 mm² (14 AWG) para cobre o su equivalente.

D. Instalaciones interiores-Estaciones transmisoras

810-70. Distancias de seguridad de otros conductores. Todos los conductores dentro del edificio deben instalarse a distancia de seguridad no menor que 10 cm, de los conductores de cualquier circuito de alumbrado, fuerza o señalización.

Excepción 1: Conforme con lo indicado en el Artículo 640.

Excepción 2: Cuando estén separados de otros conductores por medio de canalizaciones o por algún material no conductor fijo firmemente como un tubo de porcelana o tubo (conduit) flexible.

810-71. Disposiciones generales. Los transmisores deben cumplir con los incisos (a) hasta (c) siguientes:

- a) **Carcasa.** El transmisor debe estar dentro de una carcasa o malla metálica, o separado del espacio destinado al personal encargado del funcionamiento, por una barrera u otro medio equivalente, cuyas partes metálicas estén puestas a tierra efectivamente.
- b) **Puesta a tierra de los controles.** Todas las palancas metálicas y controles exteriores accesibles al personal encargado del funcionamiento deben estar puestas a tierra efectivamente.
- c) **Bloqueo de puertas.** Todas las puertas de acceso deben estar provistas de bloqueos que desconecten todas las tensiones eléctricas mayores a 350 V entre conductores, cuando se abra cualquier puerta de acceso.

ARTICULO 820-SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE ANTENAS COMUNITARIAS DE RADIO Y TELEVISION

A. Disposiciones generales

820-1. Alcance. Los requisitos de este Artículo deben aplicarse a los cables coaxiales de distribución, de señales de radiofrecuencia, usualmente empleados en los sistemas de antenas comunitarias de televisión (CATV).

820-2. Definiciones. Para los propósitos de este Artículo, véase el Artículo 100. Se aplican además las definiciones siguientes.

Expuesto. Un cable expuesto es un cable que se encuentra en una posición tal, que en caso de falla de los soportes y del aislamiento, puede dar como resultado el contacto con otro circuito.

NOTA: Véase el Artículo 100, para otras dos definiciones de Expuesto.

Predios. El terreno y las edificaciones de un usuario, localizados en el lado del usuario del punto de demarcación de la red entre la empresa de servicios y el usuario.

Punto de entrada. Punto dentro de un edificio por donde el cable emerge de un muro exterior, de un piso de concreto o de un tubo (conduit) metálico tipo pesado o tubo (conduit) metálico tipo semipesado conectados puesta a tierra a un electrodo, de acuerdo con la Sección 800-40(b).

820-3. Lugares y otros Artículos. Los circuitos y equipos deben cumplir con (a) hasta (g).

(a) **Propagación del fuego o productos de la combustión.** Sección 300-21.

(b) **Ductos, cámaras plenas (de aire) y otros espacios de ventilación.** La Sección 300-22, cuando se instalan en ductos o cámaras plenas (de aire) u otros espacios de ventilación.

Excepción: Lo permitido en la Sección 820-53(a).

(c) **Instalación y uso.** Se debe aplicar la Sección 110-3.

(d) **Instalaciones de cables de fibra óptica, conductores y no conductores.** Artículo 770.

(e) **Circuitos de comunicaciones.** Artículo 800.

(f) **Sistemas de comunicaciones de banda ancha, alimentados por red.** Artículo 830.

(g) **Métodos de alambrado alternos.** Se permite reemplazar los métodos de alambrado del Artículo 820 por los del Artículo 830.

NOTA: El uso de los métodos de alambrado del Artículo 830 facilita la actualización de las instalaciones del Artículo 820 a aplicaciones de banda ancha alimentadas por red.

820-4. Limitaciones de energía. El cable coaxial puede ser utilizado para suministrar energía a baja potencia a equipos directamente asociados con los sistemas de distribución de radiofrecuencia, siempre que la tensión eléctrica no sea mayor que 60 V y donde la corriente eléctrica de alimentación provenga de un transformador u otro dispositivo que tenga características de limitación de potencia.

820-5. Acceso a equipo eléctrico atrás de paneles diseñados para permitir el acceso. El acceso a equipo no debe evitarse por una acumulación de cables y alambres que impidan el retiro de paneles, incluyendo paneles colgantes en plafones.

820-6. Ejecución mecánica de los trabajos. Los sistemas de distribución de antenas comunitarias, radio y televisión deben instalarse de manera organizada y profesional. Los cables se deben soportar sobre la estructura del edificio de forma que no puedan ser dañados por el uso normal del mismo.

NOTA: Para información adicional sobre la práctica industrial aceptada, Véase el Apéndice B2

B. Cables exteriores y que entran a edificios

820-10. Cables exteriores. Los cables coaxiales, antes del punto de puesta a tierra, como se define en 820-33, deben cumplir con lo indicado en los incisos siguientes (a) hasta (f):

- a) **Sobre postes.** Cuando sea posible, los conductores en postes se deben instalar debajo de los conductores de alumbrado o fuerza, de Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia limitada, y no deben sujetarse a las crucetas que llevan estos conductores de alumbrado o fuerza.
- b) **Distancia de seguridad de los conductores en la entrada.** Los conductores de entrada de antena o aéreos desde un poste u otro soporte, incluyendo el punto de amarre a un edificio o estructura, deben mantenerse alejados de los circuitos de alumbrado o fuerza de Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia limitada, a fin de evitar contactos accidentales.

Excepción: Cuando no pueda evitarse la proximidad a los conductores de circuito de alumbrado, de fuerza, Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia limitada, la instalación debe ser tal que asegure una distancia de seguridad no menor que 30 cm de estas bajadas de acometidas aéreas de circuito de alumbrado, de fuerza, Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia limitada.

- c) **En mástiles.** Se permite sostener los cables aéreos en un mástil de canalización situado encima de la azotea, que no encierre, ni sostenga conductores de circuitos de alumbrado o fuerza.
- d) **Sobre azoteas.** Los cables que pasen sobre edificios deben estar a una distancia de seguridad vertical no menor que 2,4 m por encima de cualquier punto de la azotea por el que pasen.

Excepción 1: Edificios auxiliares tales como garaje (cocheras o estacionamientos) y similares.

Excepción 2: Se permite reducir la distancia de seguridad anterior, sólo por encima de la porción sobresaliente del techo, a no menos de 45 cm, si: (1) no mayor que 1,2 m de los conductores de la acometida aérea de comunicación que pasan por encima de la saliente del techo; y (2) si terminan en una canalización o soporte aprobado.

Excepción 3: Donde el techo tenga una pendiente no menor que 10 cm por cada 30 cm, se permite una reducción en la distancia de seguridad de 90 cm.

- e) **Entre edificios.** Los cables que se extiendan entre edificios, y también los soportes o grapas de sujeción, deben ser adecuados para este uso y tener la suficiente resistencia mecánica para soportar las cargas a las que puedan estar sometidos.

Excepción: Cuando un cable no tenga suficiente resistencia para autoportarse debe soportarse por medio de un cable mensajero que, junto con las grapas de fijación o soportes, debe ser adecuado para este uso y tener la suficiente resistencia mecánica para soportar las cargas a las que pueda estar sometido.

- f) **Sobre los edificios.** Donde los cables estén fijados a edificios, deben estar amarrados firmemente de manera que queden separados de otros conductores, como se indica a continuación:
 - 1) **Alumbrado o fuerza.** El cable coaxial debe tener una separación de por lo menos 10 cm de los conductores de alumbrado o de fuerza, de Clase 1 o de circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada, que no estén dentro de una canalización o cable, o estar permanentemente separados de los conductores de otro sistema por medio de un material no conductor continuo y firmemente fijado, adicional al aislamiento de los alambres.
 - 2) **Otros sistemas de comunicaciones.** El cable coaxial debe instalarse de forma que no interfiera innecesariamente durante el mantenimiento a otros sistemas. En ningún caso los conductores, cables, cables mensajeros o equipos de un sistema, deben causar abrasión en los conductores, cables, cables mensajeros o equipos de otro sistema.
 - 3) **Conductores del sistema de protección contra descargas atmosféricas.** Cuando sea posible, se debe mantener una distancia de seguridad no menor que 1,8 m entre los cables coaxiales y los conductores del sistema de protección contra descargas atmosféricas.

820-11. Conductores de entrada a los edificios

- a) **Sistemas subterráneos.** Los cables coaxiales subterráneos instalados en ductos, pedestales, registros, o pozos de registro conteniendo conductores de circuitos de fuerza, alumbrado, Clase 1, deben estar en una sección permanentemente separada de tales conductores mediante una barrera adecuada.

- b) **Cables y canalizaciones directamente enterrados.** El cable coaxial directamente enterrado debe estar a una distancia de seguridad de por lo menos 30 cm de cualquier conductor de circuitos de alumbrado, de fuerza o Clase 1.

Excepción 1: Cuando los conductores eléctricos de acometida o cables coaxiales estén instalados en canalizaciones o tengan armaduras metálicas.

Excepción 2: Cuando los conductores de circuitos derivados de fuerza, alumbrado, o alimentadores y conductores de circuitos Clase 1 estén instalados en canalización o en cables con pantalla o armadura metálica, o de tipo UF o USE; o los cables coaxiales que tengan una armadura metálica o estén instalados en una canalización.

C. Protección

820-33. Puesta a tierra de la pantalla conductora exterior de un cable coaxial. Cuando el cable coaxial esté expuesto a descargas atmosféricas o a contactos accidentales con los conductores de un sistema de protección contra descargas atmosféricas o con otros conductores eléctricos que operen a una tensión eléctrica de más de 300 V a tierra, la pantalla conductiva exterior del cable coaxial debe ponerse puesta a tierra en el predio tan cerca como sea posible al punto de entrada del cable. Para propósitos de esta Sección, el punto en el cual el cable expuesto, se debe considerar que es el punto donde emerge de un muro exterior, de una losa de concreto, o de un tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado conectado puesta a tierra a un electrodo, conforme con lo establecido en 820-40(b).

Para propósitos de esta Sección, la puesta a tierra ubicada en el equipo de acometida de una casa móvil a la vista de la pared exterior de la casa móvil y a no más de 9 m de la casa móvil, o en el medio de desconexión puesto a tierra de la casa móvil acorde con 250-24 y ubicada a la vista de la pared exterior y a no más de 9 m de la casa móvil, cumple con los requisitos de esta Sección.

NOTA-El localizar la puesta a tierra para lograr la longitud mínima posible del conductor de puesta a tierra, ayuda a limitar las diferencia de potencial entre el sistema de antena comunitaria de televisión y otros sistemas metálicos.

- a) **Puesta a tierra de pantallas.** Cuando la pantalla exterior conductiva de un cable coaxial esté puesta a tierra, no se requiere de otro dispositivo de protección.
- b) **Dispositivos de protección de pantallas.** Se permite la puesta a tierra de la pantalla de un cable coaxial aéreo mediante un dispositivo de protección, que no interrumpa el sistema de puesta a tierra dentro del local.

D. Método de puesta a tierra

820-40. Puesta a tierra del cable. Cuando lo requiere la Sección 820-33, la pantalla del cable coaxial debe ponerse puesta a tierra como se especifica en los incisos a) hasta d) siguientes:

- a) **Conductor de puesta a tierra**
- 1) **Aislamiento.** El conductor de puesta a tierra debe estar aislado y debe estar aprobado como adecuado para este propósito.
 - 2) **Material.** El conductor de puesta a tierra debe ser cobre u otro material conductivo resistente a la corrosión, cableado o sólido.
 - 3) **Tamaño nominal.** El conductor de puesta a tierra no debe ser de tamaño nominal menor que 2,08 mm² (14 AWG) y debe tener una capacidad de conducción de corriente aproximadamente igual que la del conductor exterior del cable coaxial.
 - 4) **Tendido en línea recta.** El conductor de puesta a tierra debe tenderse hacia el electrodo de puesta a tierra en línea recta tanto como sea posible.
 - 5) **Protección física.** Cuando está expuesto a daño físico, el conductor de puesta a tierra debe protegerse adecuadamente. Cuando el conductor de puesta a tierra vaya tendido en una canalización metálica, ambos extremos de la canalización deben unirse al conductor de puesta a tierra o a la misma terminal o electrodo al cual está conectado el conductor de puesta a tierra.
- b) **Electrodo.** El electrodo de puesta a tierra debe conectarse como sigue:
- 1) A la ubicación más cercana posible en:
 - a. El sistema de electrodos de puesta a tierra del edificio o estructura conforme con lo establecido en 250-81;

- b. El sistema interior de tuberías metálicas de agua acorde a 250-80(a);
 - c. Los medios accesibles externos a la envolvente de la acometida conforme con lo establecido en 250-71(b);
 - d. La canalización metálica de la acometida de alimentación;
 - e. A la envolvente de los equipos de acometida;
 - f. El conductor de puesta a tierra del electrodo o el encerramiento metálico del conductor de puesta a tierra del electrodo; o
 - g. Al conductor de puesta a tierra o electrodo de puesta a tierra del medio de desconexión de un edificio o estructura que esté puesta a tierra a un electrodo, como se especifica en 250-24.
- 2) Si el edificio o estructura alimentados no tienen una puesta a tierra como se describe en (b)(1), a cualquiera de los electrodos individuales descritos en 250-81; o
 - 3) Si el edificio o estructura alimentada no tienen medios de puesta a tierra, como se describe en (b)(1) o (b)(2), se debe conectar a una estructura metálica puesta a tierra eficazmente, o a cualquiera de los electrodos individuales descritos en 250-83.
- c) **Conexión a los electrodos.** Las conexiones a los electrodos de puesta a tierra deben cumplir con 250-115.
- d) **Unión de los electrodos.** Un puente de unión de tamaño nominal no menor que 13,3 mm² (6 AWG) de cobre o equivalente, debe conectar al sistema de electrodos de puesta a tierra del sistema de comunicaciones y el sistema de electrodos para puesta a tierra de energía en el edificio o estructura alimentados, cuando se usan electrodos independientes. Se permite la unión de todos los electrodos de puesta a tierra independientes.

Excepción: En casas móviles conforme con lo establecido en 820-41.

NOTA 1-Sobre el sistema de electrodos de puesta a tierra de pararrayos, véase 250-86.

NOTA 2-Si se unen todos los electrodos independientes de puesta a tierra, se limitan las diferencias de potencial entre los electrodos y entre sus sistemas de alambrado asociados.

820-41. Puesta a tierra de equipos. El equipo desenergizado y envolventes o equipo energizados mediante cable coaxial deben considerarse puestos a tierra cuando estén conectados a la pantalla metálica del cable.

820-42. Unión y puesta a tierra en las casas móviles

- a) **Puesta a tierra.** Cuando no haya un equipo de acometida para casas móviles situado al alcance de la vista y a no más de 9 m desde la pared exterior de la casa móvil que alimenta, o no exista un medio de desconexión puesto a tierra de la casa móvil acorde con 250-24 y ubicado a la vista, y a no más de 9 m de la pared exterior de la casa móvil que alimenta, la puesta a tierra de la pantalla del cable coaxial, o puesta a tierra del protector contra sobretensiones, debe estar conforme con lo establecido en 820-40 (b)(2) y 820-40 (b)(3).
- b) **Unión.** La terminal de puesta a tierra de la pantalla del cable coaxial, la terminal de puesta a tierra del dispositivo de protección contra sobretensiones o el electrodo de puesta a tierra, deben unirse a la estructura metálica o a la terminal de puesta a tierra disponible de la casa móvil con un conductor, de cobre con tamaño nominal no menor que 3,31 mm² (12 AWG), de acuerdo con lo indicado en cualquiera de las siguientes condiciones:
 - 1) Cuando no exista equipo de acometida o medio de desconexión en la casa móvil como lo indicado en (a) anterior; o
 - 2) Cuando la casa móvil se alimente mediante cordón y clavija.

E. Cables dentro de edificios

820-49. Resistencia al fuego de cables CATV (antena comunitaria de televisión). Los cables coaxiales instalados directamente dentro de edificios deben estar listados como resistentes a la propagación del fuego conforme con lo establecido en 820-50 y 820-51.

820-50. Aprobación, identificación e instalación de cables coaxiales. Los cables coaxiales en un edificio deben estar listados como adecuados para este uso y deben identificarse conforme con lo indicado en Tabla 820-50. La capacidad de tensión eléctrica nominal del cable no debe marcarse en el cable.

NOTA-Las marcas de tensión eléctrica en el cable pueden interpretarse erróneamente que los cables son adecuados para uso en circuitos Clase 1, de fuerza o de alumbrado.

Excepción 1: Si la tensión eléctrica nominal está marcada en los cables, cuando el cable tiene múltiples aprobaciones y la aprobación de algunas de las etiquetas que las requiera.

Excepción 2: El listado y la identificación no se requieren cuando el cable entre desde el exterior en un edificio y corra en un tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado, y este tubo (conduit) esté puesto a tierra a un electrodo acorde con 820-40 (b).

Excepción 3: El listado y la identificación no se requieren cuando la longitud de cable dentro del edificio no excede 15 m, y entra en el edificio desde el exterior y remata en una terminal de puesta a tierra.

TABLA 820-50. Identificación en cables

Identificación del cable	Tipo	Referencias
CATVP	Cable CATV para cámara plena (de aire)	820-51 (a) y 820-53 (a)
CATVR	Cable CATV para elevadores	820-51 (b) y 820-53 (b)
CATV	Cable CATV	820-51 (c) y 820-53 (c)
CATVX	Cable CATV de uso limitado	820-51 (d) y 820-53 (c) Excepciones 1, 2, 3 y 4

NOTA 1- Los tipos de cable se enumeran en orden descendente en cuanto a su clasificación de resistencia al fuego.

NOTA 2- Véase las Secciones referidas para los requerimientos de aprobación y usos permitidos.

820-51. Requerimientos de aprobación adicionales. Los cables deben estar aprobados conforme con lo indicado en los incisos (a) hasta (d) siguientes:

- a) **Tipo CATVP.** El cable para cámara plena (de aire) de antena comunitaria de televisión tipo CATVP debe estar listado como adecuado para usarse en cámaras plenas (de aire), ductos y otros espacios usados para aire acondicionado, y también aprobados con características adecuadas de resistencia al fuego y baja emisión de humos.

NOTA: Un método para definir los cables con baja producción de humo consiste en establecer un valor aceptable del humo producido, véase Apéndice B1.

- b) **Tipo CATVR.** El cable elevador para antena comunitaria de televisión tipo CATVR debe estar listado para uso en ductos verticales en un tiro de piso a piso, y también aprobado con características de resistencia al fuego capaz de prevenir el transporte del fuego de piso a piso.

NOTA: Un método para definir las características de resistencia al fuego capaces de evitar que las llamas se transmitan de una planta, véase Apéndice B1.

- c) **Tipo CATV.** El cable para antena comunitaria de televisión tipo CATV debe estar listado para usos generales de antena comunitaria de televisión, con excepción de cámaras plenas (de aire) y ductos verticales, también listados como resistentes a la propagación del fuego.

NOTA: Un método para definir la resistencia a la propagación del fuego, consiste en que los cables no propaguen el fuego a la parte superior de la bandeja en el ensayo de llama con charola vertical, véase Apéndice B1.

- d) **Tipo CATVX.** El cable de antena comunitaria de televisión de uso limitado tipo CATVX debe estar listado como adecuado para uso en viviendas, y, para uso en canalización, y también como resistente a la propagación del fuego.

NOTA: Un método para definir la resistencia a la propagación del fuego, consiste en que los cables no propaguen el fuego a la parte superior de la bandeja en el ensayo de llama con charola vertical, véase Apéndice B1.

820-52. Instalación de cables y equipo. Más allá del punto de puesta a tierra, definido en 820-33, la instalación de cables debe cumplir con los incisos (a) hasta (e) siguientes:

- a) **Separación de otros conductores**

- 1) En envolventes y canalizaciones

- a. **Otros circuitos de potencia limitada.** Los cables coaxiales se permiten instalar en la misma canalización o envoltorio, junto con cables cubiertos en cualquiera de las siguientes condiciones:

1. Los circuitos Clases 2 y 3 de control remoto, señalización y potencia limitada conforme con lo establecido en el Artículo 725.

2. Sistemas de alarma contra incendio de potencia limitada, conforme a lo establecido en el Artículo 760.
3. Circuitos de comunicaciones, conforme con lo establecido en el Artículo 800.
4. Cables de fibra óptica conductores y no conductores, conforme con lo establecido en el Artículo 770.
5. Circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de baja potencia, de acuerdo con el Artículo 830.

b. Circuitos de fuerza o alumbrado, de Clase 1, de alarmas contra incendios de potencia no limitada y circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media. El cable coaxial no debe colocarse en ninguna canalización, cajas de salida, cajas de empalmes, o en cualquier otra envolvente con conductores de circuitos de fuerza, alumbrado o Clase 1, de alarmas contra incendios de potencia no limitada, o de circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media.

Excepción 1: Cuando los conductores de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarmas contra incendios de potencia no limitada y de circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media están separados de todos los cables coaxiales por una barrera.

Excepción 2: Los conductores de circuitos de fuerza en cajas de salidas, cajas de empalmes, o accesorios similares o compartimentos, donde tales conductores se introducen solamente para alimentar al equipo de distribución del sistema de cable coaxial.

Los conductores de circuitos de fuerza, deben guiarse en la envolvente para mantener una separación mínima de 6 mm del cable coaxial.

- 2) **otras aplicaciones.** Los cables coaxiales deben estar separados al menos 50 mm de los conductores de cualquier circuito de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarmas contra incendios de potencia no limitada o de circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media.

Excepción 1: Cuando: (1) todos los conductores de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarmas contra incendios de potencia no limitada y de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media y circuito están en una canalización, o en cables con pantalla metálica, con revestimiento metálico o no metálico, o en cables de tipo AC o UF; o (2) todos los cables coaxiales están encerrados en una canalización.

Excepción 2: Cuando los cables coaxiales estén separados permanentemente de los conductores de fuerza o alumbrado de alarmas contra incendios de potencia no limitada y de circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media, mediante un elemento no conductor continuo y fijo firmemente, tal como tubos de porcelana o tubería flexible, además del aislamiento del alambre.

- b) Propagación del fuego o productos de la combustión.** La instalación en huecos, ductos verticales y ductos de ventilación o de extracción de aire, debe hacerse de manera que la posible propagación del fuego y productos de la combustión no se incrementen substancialmente. Las aberturas alrededor de pasos en paredes, pisos o techos falsos resistentes al fuego, deben parar el fuego usando sistemas aprobados.
- c) Equipo en espacios diferentes de los destinados al aire acondicionado.** Debe aplicarse lo indicado en 300-22 (c).
- d) Alambrado híbrido de energía y coaxial.** Los requisitos indicados en 780-6 deben aplicarse al alambrado híbrido de energía y coaxial en circuitos cerrados y distribución programada de energía.
- e) Soporte de conductores.** Las canalizaciones no deben usarse como soporte para cables coaxiales.

820-53. Aplicaciones de cables CATV aprobados. Los cables CATV deben cumplir con los incisos siguientes:

- a) Cámaras plenas (de aire).** Los cables instalados en ductos, cámaras plenas (de aire) y otros espacios usados para aire acondicionado deben ser tipo CATVP.

Excepción: Los cables tipos CATVP, CATVR, CATV y CATVX instalados conforme se indica en 300-22.

- b) Secciones verticales (ductos verticales).** Los cables instalados en tramos verticales y que penetren más de un piso, o cables instalados en tramos verticales, en ductos, deben ser tipo CATVR. En las instalaciones que atraviesen pisos y que requieran cable tipo CATVR deben contener únicamente cables adecuados para secciones verticales y cámaras plenas (de aire).

Excepción 1: Los cables tipo CATV y CATVX confinados en canalización metálica o localizados en ductos a prueba de fuego mediante barreras contra el fuego en cada piso.

Excepción 2: Se permite instalar los cables tipo CATV y CATVX en viviendas unifamiliares y bifamiliares.

NOTA-Para los requisitos de paro de fuego de las penetraciones de los pisos. Véase 820-52(b).

- c) **Otros alambrados dentro de edificios.** Los cables instalados en lugares en edificios diferentes a los cubiertos en los incisos (a) y (b) mencionados arriba, deben ser tipo CATV.

Excepción 1: El cable tipo CATVX instalado en canalización.

Excepción 2: El cable tipo CATVX en espacios no cerrados, siempre que la longitud expuesta del cable no exceda de 3 m.

Excepción 3: Los cables tipo CATVX de diámetro menor que 9 mm, e instalados en viviendas de unifamiliares o bifamiliares.

Excepción 4: Los cables tipo CATVX de diámetro menor que 9 mm e instalados en espacios no confinados en viviendas multifamiliares.

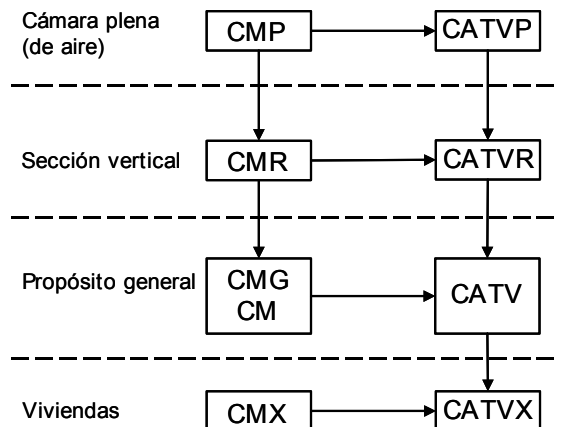
- d) **Sustitución de cables.** Están permitidas las sustituciones de cables de antena comunitaria de televisión indicados en la Tabla 820-53.

NOTA: Los cables sustitutos de la Tabla 820-53 son solamente cables de tipo coaxial.

TABLA 820-53. Sustitución de cable coaxial

Identificación del conductor	Uso	Referencias	Sustitución permitida
CATVP	Cable coaxial para cámara plena (de aire)	820-53(a)	CMP
CATVR	Cable coaxial para secciones verticales	820-53(b)	CATVP, CMP, CMR
CATV	Cable coaxial de propósito general	820-53(c)	CATVP, CMP, CATVR, CMR, CMG, CM
CATVX	Cable coaxial uso limitado	820-53(c)	CATVP, CMP, CATVR, CMR, CATV, CMG, CM

Nota: Para la jerarquía de sustitución de cables, véase la figura 820-53



Tipo CATV – Cables de televisión para antena comunitaria
 Tipo CM - Cables de comunicación

A — **B** Se permitirá emplear el cable coaxial A en Lugar del cable coaxial B

FIGURA 820-53.- Jerarquía de sustitución de cables

ARTICULO 830. SISTEMAS DE COMUNICACIONES DE BANDA ANCHA ALIMENTADOS POR UNA RED**A. Generalidades**

830-1. Alcance. Este Artículo trata sobre los sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, que proporcionan cualquier combinación de servicios de voz, audio, video, datos y servicios interactivos, a través de una unidad de interfaz de red.

NOTA 1: Una configuración de un sistema básico típico incluye un cable de alimentación de fuerza y una señal de banda ancha a una unidad de interfaz de red que convierte la señal de banda ancha a las señales componentes. Los cables típicos son los cables coaxiales con ambas señales, la banda ancha y la de fuerza en el conductor central, los cables metálicos compuestos con elementos coaxiales para la señal de banda ancha y un par trenzado para alimentación, y un cable de fibra óptica compuesto con un par de conductores, para alimentación. Los sistemas más grandes pueden incluir componentes de red tales como amplificadores que necesiten de una red de alimentación de fuerza.

NOTA 2: Véase el Capítulo 10 para las instalaciones de sistemas de comunicaciones de banda ancha que no se incluyen.

830-2. Definiciones. Para los propósitos de este Artículo se aplican las definiciones adicionales siguientes. Véase el Artículo 100.

Alambrado de los predios. Los circuitos localizados en el lado del usuario de la unidad de interfaz de red.

Circuito de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red. Circuito que se extiende desde la terminal o derivación de alimentación de la empresa de comunicaciones, hasta la Unidad de Interferencia de Red (UIR) inclusive.

NOTA: Un circuito de comunicaciones alimentado por una red, típico y para una sola familia consta de un cable aéreo de comunicaciones o de un cable de acometida de comunicaciones y una UIR, e incluye la terminal o derivación de alimentación de la empresa de comunicaciones cuando no está bajo el control exclusivo de la empresa de comunicaciones.

Dispositivo de protección contra fallas. Dispositivo electrónico proyectado para la protección de las personas, que funciona bajo condiciones de falla, tales como un corto circuito en los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, o un circuito abierto, para limitar la corriente o la tensión, o ambas, de un circuito de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red de baja potencia, y brindar protección adecuada contra choque eléctrico.

Expuesto a contacto accidental con conductores de alumbrado o de fuerza. El circuito está en una posición tal, que en caso de falla de los soportes o del aislamiento, se puede producir un contacto con otro circuito

Cuadra: manzana, porción de una ciudad, terreno o aldea, rodeada por calles, incluyendo callejones encerrados, pero no las calles.

Punto de entrada: Punto dentro de un edificio, en el cual el cable emerge de una pared externa, de una losa de concreto del suelo, o de un tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado puesto a tierra a un electrodo de acuerdo con la Sección 830-40(b).

Unidad de interfaz de red (UIR). Dispositivo que convierte una señal de banda ancha en los componentes de voz, audio, video, datos y señales de servicios interactivos. La UIR brinda aislamiento entre la alimentación de la red y los circuitos de señales de los predios. La UIR también puede contener protectores primarios y secundarios.

830-3. Lugares y otros artículos. Los circuitos y equipos deben cumplir lo establecido de (a) hasta (d) siguientes:

(a) **Propagación del fuego o de los productos de la combustión.** Sección 300-21.

(b) **Conductos, cámaras plenas (de aire) y otros espacios de ventilación o de manejo de aire.** Sección 300-22, cuando están instalados en ductos o cámaras plenas (de aire) u otros espacios usados para aire ambiental.

Excepción: Como se permite en la Sección 830-55(a)

(c) **Instalación y uso.** Sección 110-3.

(d) **Circuitos de salida.** Como sea apropiado para los servicios suministrados, los circuitos de salida derivados de una unidad de interfaz de red deben cumplir con los requisitos siguientes:

(1) Instalaciones de circuitos de comunicaciones: Artículo 800

(2) Instalaciones de circuitos de distribución de antenas comunitarias de radio y televisión: Artículo 820

Excepción: cuando se suministre protección en la salida de una UIR se debe aplicar lo dispuesto en la Sección 830-30(b)(3).

(3) Instalaciones de cables de fibra óptica, Artículo 770.

(4) Instalaciones de circuitos de Clase 2 y Clase 3, Artículo 725.

(5) Instalaciones de circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada, Artículo 760.

830-4. Limitaciones de potencia. Los sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red se deben clasificar como poseedoras de fuentes de potencia media o baja, como se definen en la Tabla 830-4.

TABLA 830-4.- Limitaciones para sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red

Fuente de alimentación de la red	Bajo	Medio
Tensión del circuito, $V_{m\acute{a}x}$ (V) (Nota 1)	0-100	0-150
Limitación de potencia, $VA_{m\acute{a}x}$ (VA) (Nota 1)	250	250
Limitaciones de corriente, $I_{m\acute{a}x}$ (A)	1 000/ $V_{m\acute{a}x}$	1 000/ $V_{m\acute{a}x}$
Capacidad máxima de potencia (Voltamperes) (Nota 1)	100	100
Capacidad máxima de tensión (Volts)	100	150
Protección máxima contra sobre corriente (A) (Nota 2)	100/ $V_{m\acute{a}x}$	N/A
NOTAS:		
<p>1) La tensión del circuito, $V_{m\acute{a}x}$, la limitación de corriente $I_{m\acute{a}x}$, y la capacidad nominal de potencia $VA_{m\acute{a}x}$ se determinan con la impedancia de limitación de corriente en el circuito (no derivado), como sigue: $V_{m\acute{a}x}$-Tensión máxima del sistema, independientemente de la carga con la entrada nominal aplicada. $I_{m\acute{a}x}$-Corriente máxima del sistema bajo cualquier carga no capacitiva, incluida la de cortocircuito, y con protección contra sobrecorriente derivada, si se usa. Los límites de $I_{m\acute{a}x}$ se aplican después de 1 mín de operación. $VA_{m\acute{a}x}$-Salida máxima en VA después de 1 mín de operación, independientemente de la carga y la protección contra sobrecorriente derivada, si se usa.</p> <p>2) No se requiere protección contra sobrecorriente cuando el dispositivo limitador de corriente brinda una limitación de corriente equivalente y el dispositivo limitador de corriente no se restablece sino hasta retirar la alimentación o carga.</p>		

830-5. Equipos y cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red. Los equipos y cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red deben estar aprobados como adecuados para ese propósito.

Excepción 1: Este requisito de certificación no se debe aplicar a los cables coaxiales de sistemas de distribución de antenas comunitarias de radio y televisión que fueron instalados antes de enero 1 de 2000, de acuerdo con el Artículo 820, y que se usan por circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de baja potencia. Véase la Sección 830-9.

Excepción 2: Los cables sustitutos de cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, se permiten como se presenta en la Tabla 830-58.

(a) **Aprobado y marcado.** La aprobación y marcado de los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red deben cumplir con (1) o (2) siguientes:

(1) **Cables Tipo BMU, BM y BMR.** Los cables subterráneos de potencia media para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, tipo BMU; los cables de potencia media de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, tipo BM; y los cables para secciones verticales de potencia media de

comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, tipo BMR, deben ser cables ensamblados en fábrica, y compuestos de cable coaxial cubierto, una combinación cubierta de un cable coaxial y conductores individuales múltiples, o una combinación cubierta de un cable de fibra óptica y conductores individuales múltiples. El aislamiento de los conductores individuales debe estar clasificado para 300 V como mínimo. Los cables previstos para uso exterior deben estar listados como adecuados para esa aplicación. Los cables se deben marcar de acuerdo con la Sección 310-11. Los cables del tipo BMU deben tener chaqueta y estar listados como adecuados para uso subterráneo exterior. Los cables del tipo BM deben estar listados como adecuados para uso general, con excepción de su uso en las secciones verticales y cámaras plenas (de aire), y también deben estar listados como resistentes a la propagación de fuego. Los cables del tipo BMR deben estar listados como adecuados para uso en tramos verticales en un foso o de un piso a otro, y también estar listados como poseedores de características de resistencia al fuego capaces de evitar la transmisión del fuego de un piso a otro.

NOTA 1: Un método para definir la resistencia de los cables a la propagación del fuego, consiste en que éstos no propaguen el fuego a la parte superior del soporte para cables tipo charola en la prueba de inflamabilidad con soporte para cables tipo charola vertical, Véase Apéndice B1.

NOTA 2: Un método para definir las características de resistencia al fuego capaces de evitar la transmisión del fuego de un piso a otro, véase Apéndice B1.

(2) Cables Tipo BLU, BLX y BLP. Los cables subterráneos de baja potencia para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, tipo BLU; y los cables de baja potencia para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de uso limitado, tipo BLX; los cables para cámaras de distribución de aire de baja potencia para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, tipo BLP, deben ser ensamblados en fábrica y deben estar compuestos de un cable coaxial con cubierta, una combinación de cable coaxial y conductores individuales múltiples, con cubierta, o una combinación de un cable de fibra óptica y conductores individuales múltiples, también con cubierta. El aislamiento de los conductores individuales debe estar clasificado para 300 V como mínimo. Los cables previstos para uso exterior deben estar listados como adecuados para esa aplicación. Los cables deben ir marcados de acuerdo con la Sección 310-11. Los cables tipo BLU deben tener cubierta y estar listados para uso subterráneo exterior.

Los cables de uso limitado tipo BLX deben estar listados para uso exterior, para uso en viviendas y en canalizaciones, y también aprobados como retardantes de la flama.

Los cables tipo BLP deben estar listados para uso en conductos, cámaras plenas (de aire) y otros espacios de ventilación (aire ambiental); además, deben estar listados como poseedores de características adecuadas de resistencia al fuego y de baja emisión de humo.

NOTA 1: Un método para determinar que el cable es retardante de la llama consiste en aplicar el ensayo de llama VW-1 (alambre vertical), véase Apéndice B1.

NOTA 2: Un método para definir los cables con baja emisión de humo consiste en establecer un valor aceptable del humo producido, véase Apéndice B2.

830-6. Acceso a equipos eléctricos detrás de paneles destinados a permitir el acceso. La acumulación de cables y alambres no debe impedir el acceso a los equipos, de manera que no se puedan retirar los paneles, incluso los de los techos falsos.

830-7. Ejecución mecánica de los trabajos. Los circuitos y equipos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red se deben instalar de manera ordenada y profesional. Los cables se deben apoyar en la estructura del edificio, de modo que no sufran daño durante el uso normal de ésta.

NOTA: Para mayor información sobre alambrado en edificios de telecomunicaciones, véase Apéndice B2.

830-8. Areas peligrosas (clasificadas). Los circuitos y equipos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, instalados en un área peligrosa (clasificada) de acuerdo con el Artículo 500, deben cumplir los requisitos aplicables del Capítulo 5.

B. Cables exteriores y que entran a las edificaciones

830-9. Cables de entrada. Los cables instalados en el exterior deben estar listados como adecuados para esa aplicación. Además, los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, localizados fuera de las edificaciones y que entran a éstas, deben cumplir con (a) y (b) siguientes:

(a) Circuitos de potencia media. Los circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media, localizados fuera de los edificios y que entran a éstos, se deben instalar utilizando

cables para comunicaciones de banda ancha de potencia media alimentados por una red, Tipo BMU, BM o BMR.

(b) Circuitos de potencia baja. Los circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de baja potencia localizados fuera de las edificaciones y que entran a éstas, se deben instalar utilizando cables para comunicaciones de banda ancha de baja potencia alimentados por una red, Tipo BLU o BLX. Se permite sustituir los cables de la forma presentada en la Tabla 830-58.

Excepción: Los cables coaxiales para sistemas de distribución de antenas comunitarias de radio y televisión a la intemperie, instalados antes de enero 1 del 2000 e instalados de acuerdo con el Artículo 820, se permiten para circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de baja potencia.

830-10. Cables aéreos. Los cables aéreos para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, deben cumplir con lo establecido de (a) a (g).

(a) En postes. Los cables para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, instalados en postes, cuando sea práctico, se deben ubicar debajo de los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia no limitada y no se deben sujetar a crucetas que porten conductores de alumbrado o fuerza.

(b) Espacio vertical. El espacio vertical a lo largo de los cables para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red debe cumplir los requisitos de la Sección 225- 14(d)

(c) Distancia de seguridad de los conductores de entrada. Los cables, para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, de entrada de antena o bajantes aéreos desde un poste u otro soporte, incluido el punto de unión inicial a un edificio o estructura, se deben mantener alejados de los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia no limitada, para evitar cualquier posibilidad de contacto accidental.

Excepción: Cuando no se pueda evitar la proximidad a conductores de acometida de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia no limitada, la instalación debe ser tal, que deje una distancia de seguridad no inferior a 305 mm de las acometidas aéreas de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia no limitada.

(d) Distancia de seguridad del suelo. Los tramos aéreos de los cables para comunicación de banda ancha deben cumplir mínimo con lo siguiente: 3 m-sobre el suelo terminado, aceras o desde cualquier plataforma o proyección desde la cual se puedan alcanzar y sean accesibles a peatones solamente.

4 m-sobre propiedades residenciales y sus accesos vehiculares, y las áreas comerciales no expuestas a tráfico de camiones.

5 m-sobre vías públicas, callejones, caminos, áreas de parqueo sujetas a tráfico de camiones, accesos vehiculares en propiedades no residenciales, y otros terrenos atravesados por vehículos, por ejemplo, tierras cultivadas, zonas de pastoreo, bosques y huertos.

NOTA: Para mayor información sobre estas distancias de seguridad, véase Apéndice B2. La tabla 232-1 que presenta las distancias de seguridad para alambres, conductores y cables sobre el suelo y carreteras, en vez de usar las distancias de seguridad referenciadas en la Sección 225-18 ya que los Artículos 800 y 820 no tienen requisitos sobre distancias de seguridad,

(e) Sobre albercas. La distancia de seguridad de los cables para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, en cualquier dirección desde el nivel del agua, el borde de la alberca, la base del trampolín o plataforma de salto no debe ser menor que 6,5 m. La distancia de seguridad en cualquier dirección al trampolín o torre de lanzamiento no debe ser menor que 4 m.

Excepción 1: Cuando la alberca está completamente encerrada por una estructura permanente sólida o una malla.

NOTA: Para mayor información sobre estas distancias de seguridad, véase Apéndice B2.

Excepción 2: Cuando los cables están localizados a más de 3 m horizontalmente de:

- (1) El borde de la alberca.
- (2) La estructura (trampolín) o torre de lanzamiento, o
- (3) Los puestos, torres o plataformas de observación.

(f) Sobre las azoteas. Los cables para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red deben tener una distancia de seguridad vertical no menor que 2,5 m de todos los puntos de los tejados sobre los que pueda pasar.

Excepción 1: Edificaciones auxiliares tales como garajes y similares.

Excepción 2: Se permite reducir la anterior distancia de seguridad a no menos de 457 mm solamente en la parte que sobresalga del tejado, si: (1) máximo 1,20 m de los cables aéreos de comunicaciones de banda ancha pasan sobre la parte saliente de la azotea; y (2) terminan en una canalización o soporte a través de la azotea.

Excepción 3: Cuando la azotea tiene una pendiente no menor que 102 mm por cada 305 mm, se permite reducir la distancia de seguridad a una mínima de 914 mm.

(g) Tramos finales. Se permite sujetar los tramos finales de los cables, para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, sin cubierta externa, al edificio, pero se deben mantener a no menos de 914 mm de las ventanas previstas para ser abiertas, puertas, porches, balcones, escaleras, salidas de emergencia o lugares similares.

Excepción: Se permite que los conductores que pasan sobre el nivel superior de una ventana estén a menos de 914 mm, como se indica en (g).

No se deben instalar cables aéreos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red debajo de aberturas a través de las cuales se puedan mover materiales, tales como las aberturas en edificaciones agrícolas y comerciales, y no se deben instalar donde obstruyan la entrada a estas aberturas.

(h) Entre edificios. Los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, que se extienden entre edificios, y también los soportes o accesorios de sujeción deben ser aceptables para ese propósito y deben tener una resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas a las que se puedan llegar a someter.

Excepción: Cuando un cable de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red no posea resistencia suficiente para ser autoportado, se debe fijar a un cable mensajero de soporte que, junto con los accesorios de sujeción o soportes, deben ser aceptables para el propósito y deben tener una resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas a las que se pueden llegar a someter.

(i) En edificios. Cuando los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red estén sujetos a edificios, se deben fijar firmemente de manera que queden separados de los demás conductores, como sigue:

1) Alumbrado o fuerza. El cable de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red debe tener una separación mínima de 102 mm de los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia no limitada, que no van en canalizaciones o en cables o debe estar separado permanentemente de los conductores del otro sistema por un material no conductor continuo y fijo firmemente, adicional al aislamiento de los alambres.

2) Otros sistemas de comunicación. Los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red se deben instalar de manera que no haya interferencia innecesaria en el mantenimiento de los sistemas independientes. Los conductores, cables, cables mensajeros o equipos de un sistema, en ningún caso deben causar abrasión a los conductores, cables, cables mensajeros o equipos de cualquier otro sistema.

3) Conductores del sistema de protección contra descargas atmosféricas. Cuando sea factible, se debe mantener una separación de al menos 1,80 m entre cualquier cable de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red y los conductores del sistema de protección contra descargas atmosféricas.

4) Protección contra daños. Los cables de comunicaciones de banda ancha, alimentados por una red, sujetos a los edificios y localizados a una distancia no mayor que 2,5 m del suelo terminado, se deben proteger mediante encerramientos, canalizaciones u otros medios aprobados.

Excepción: Un circuito de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red de baja potencia, equipado con un sistema de protección contra fallas listado, apropiado para el cable de comunicaciones de banda ancha alimentado por red usado y localizado en el lado de la red de dicho cable de comunicaciones que se está protegiendo.

830-11. Circuitos subterráneos que entran en edificaciones

(a) Sistemas subterráneos. Los cables subterráneos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, que van en un conducto, pedestal, registro o pozo de inspección que contiene conductores de circuito de alumbrado, de fuerza, de alarmas contra incendios de potencia no limitada o de Clase 1, deben estar en una sección separada permanentemente de estos conductores por una barrera adecuada.

(b) Cables y canalizaciones enterrados directamente

Los cables de comunicaciones de banda ancha enterrados directamente, deben estar separados al menos 305 mm de los conductores de cualquier circuito de alumbrado, de fuerza, de alarmas contra incendios de potencia no limitada o de Clase 1.

Excepción 1: Cuando los conductores de acometida eléctrica o cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red estén instalados en canalizaciones o tengan forro metálico en el cable.

Excepción 2: Cuando los conductores de alimentadores o circuitos derivados de alumbrado o de fuerza, o los conductores de circuitos de alarmas contra incendios de potencia no limitada, o conductores de un circuito Clase 1 están instalados en una canalización o en cables con forro metálico, pantalla metálica o en cables tipo UF o tipo USE; o los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red que poseen una pantalla metálica o están instalados en una canalización.

(c) Protección mecánica. La instalación de cables, tubos (conduit) u otras canalizaciones enterradas directamente deben cumplir los requisitos de profundidad mínima de la Tabla 830-11. Además, los cables enterrados directamente que salgan de la tierra, se deben proteger mediante encerramientos, canalizaciones, u otros medios aprobados que se extiendan desde la distancia de enterramiento mínima exigida en la Tabla 830-11, bajo el suelo hasta un punto ubicado al menos de 2,44 m sobre el suelo terminado. En ningún caso se requiere que la protección exceda de 457 mm por debajo del suelo terminado.

Los cables Tipo BMU y BLU, enterrados directamente y que salgan del suelo, deben estar instalados en tubo (conduit) metálico tipo pesado y semipesado, tubo (conduit) no metálico rígido u otros medios aprobados que se extiendan desde la distancia de enterramiento mínima exigida en la Tabla 830-11, por debajo del suelo hasta el punto de entrada.

Excepción: Un circuito de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red de baja potencia, equipado con un dispositivo aprobado de protección contra fallas, apropiado para el cable, de comunicaciones de banda ancha alimentado por red, usado y localizado en el lado de la red de dicho cable de comunicaciones que se está protegiendo.

(d) Albercas. No se permiten cables subterráneos bajo la alberca o dentro de un área de 1,5 m que se extiende horizontalmente desde la pared interior de la alberca.

Excepción: En donde las limitaciones de espacio impidan instalar los cables a 1,52 m o más de la alberca, este alumbrado se permite si va instalado en tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado o un sistema de canalización no metálica. Todos los tubo (conduit) metálicos deben ser resistentes a la corrosión y adecuados para el lugar. La profundidad de enterramiento mínima debe ser como sigue:

Método de alambrado	Enterramiento mínimo cm
Tubo (conduit) metálico tipo pesado	15
Tubo (conduit) metálico tipo semipesado	15
Canalizaciones no metálicas aprobadas para enterrarse directamente	46
Otras canalizaciones aprobadas	46

NOTA: Las canalizaciones aprobadas para enterramiento, requieren un encerramiento de concreto no menor que 5 cm de espesor, sólo cuando estén embebidas en concreto.

TABLA 830-11.- Requisitos de profundidad mínima de los sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, enterramiento (profundidad es la menor distancia medida entre un punto en la superficie superior de cualquier cable, tubo (conduit) u otra canalización enterrada directamente, y la superficie superior del piso terminado, concreto o recubrimiento similar)

Ubicación del circuito o método de alambrado	Conductores enterrados directamente cm	Tubo (conduit) metálico tipo pesado o tipo semipesado cm	Canalizaciones no metálicas listadas para enterramiento directo; sin encerramiento de concreto u otra canalización aprobada cm

Todos los lugares no especificados a continuación	46	15	30
En zanjas por debajo de concreto de 5 cm de espesor o equivalente	30	15	15
Bajo una edificación (en canalizaciones solamente)	0	0	0
Bajo una baldosa exterior de concreto de 10 cm de espesor como mínimo, sin tráfico vehicular y que se extiende a no menos de 15 cm más allá de la instalación subterránea	30	10	10
Vías de entrada de las viviendas unifamiliares o bifamiliares y áreas exteriores de parqueo, usadas solamente para propósitos relacionados con las viviendas	30	30	30

NOTAS:

1. Las canalizaciones aprobadas para enterramiento solamente embebidas en concreto requieren una envoltura de concreto de espesor no inferior a 5 cm.
2. Se permite profundidades inferiores donde los cables suben hasta las terminaciones o empalmes, o cuando de otra manera se exige el acceso a ellas.
3. Cuando se encuentra roca sólida, todo el alambrado se debe instalar en una canalización metálica o no metálica permitida para enterramiento directo. Las canalizaciones se deben recubrir con un mínimo de 5 cm de concreto que se extienda hasta la roca.
4. Los circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de baja potencia, que usan cables coaxiales de sistemas de distribución de antenas comunitarias de radio y televisión, de enterramiento directo, instalados en el exterior y que entran en los edificios e instalados de acuerdo con el Artículo 820, se permiten cuando estén enterrados a una profundidad mínima de 30 cm.

C. Protección

830-30. Protección eléctrica primaria

(a) Aplicación. Se debe suministrar protección eléctrica primaria en todos los conductores de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, que no están puestos a tierra ni interrumpidos, y que van parcial o totalmente en cable aéreo no confinado dentro de una cuadra.

Además, se debe brindar protección eléctrica primaria en todos los conductores de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, subterráneos o aéreos, que no están puestos a tierra ni interrumpidos, y que están localizados dentro de la cuadra que contiene el edificio alimentada, de modo que están expuestos a descargas atmosféricas o contacto accidental con conductores de alumbrado o fuerza que operan a más de 300 V a tierra.

Excepción: Cuando se suministra protección eléctrica en el(los) circuito(s) derivado(s) (del lado de la salida del UIR), de acuerdo con la Sección 830-30(b)(3).

NOTA 1: En conductores de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, no expuestos a descargas atmosféricas o a contacto accidental con conductores de fuerza, el suministro de protección eléctrica primaria de acuerdo con este Artículo, ayuda a proteger contra otros peligros, tales como la elevación del potencial a tierra causada por corrientes de falla de la alimentación, y tensiones por encima de las normales inducidas por corrientes de falla en los circuitos de fuerza cercanos a los conductores de comunicaciones de banda ancha alimentados por red.

NOTA 2: Se considera que los circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red están expuestos a descargas atmosféricas, a menos que existan una o más de las condiciones siguientes:

(1) Circuitos en áreas metropolitanas grandes en las que los edificios están cerca unos de otros y tienen altura suficiente para interceptar las descargas atmosféricas.

(2) Tramos de cable de 43 m o menos entre edificaciones, enterrados directamente o en un tubo (conduit) subterráneo, en donde la pantalla metálica de cable continuo o un tubo (conduit) metálico continuo que contiene el cable, está unido a cada sistema de electrodos de puesta a tierra del edificio.

(3) Areas con un promedio de 5 o menos días de tormenta por año, y una resistividad de la tierra menor que 100 Ω -m.

(1) **Protectores primarios sin fusibles.** Se permiten protectores primarios de tipo sin fusible en donde las corrientes de falla de la alimentación en todos los conductores protegidos en el cable están limitadas con seguridad a un valor no superior a la capacidad de porte de corriente del protector primario y del conductor de puesta a tierra del protector primario.

(2) **Protectores primarios con fusible.** Cuando no se cumplen los requisitos enumerados en (1), se deben usar protectores primarios de tipo con fusible. Estos protectores deben consistir en un descargador de sobretensiones conectado entre cada conductor que se va a proteger y la tierra, y un fusible en serie con cada conductor que se va a proteger y, un arreglo apropiado de montaje. Los terminales de los protectores primarios con fusible deben estar marcados indicando línea, instrumento y tierra, según sea aplicable.

(b) **Ubicación.** La ubicación del protector primario, cuando se requiera, debe cumplir con (1), (2) o (3) siguientes:

(1) Se debe aplicar un protector primario listado en cada cable de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red, externo a y en el lado de la red de la unidad de interfaz de red (UIR).

(2) La función de protección primaria debe ser parte integral de la unidad de interfaz de red y debe estar contenida en ella. La unidad de interfaz de red debe estar listada para este propósito y debe tener una marca externa que indique que contiene protección eléctrica primaria.

(3) El (los) protector(es) primario(s) se debe(n) proporcionar en el (los) circuito(s) derivado(s) (lado de salida de la UIR), y la combinación del UIR, y el (los) protector(es) debe(n) estar aprobado(s) para este propósito.

Un protector primario, ya sea integral o externo a la unidad de interfaz de red, debe estar localizado lo más cerca posible del punto de entrada. Para los propósitos de esta Sección, una unidad de interfaz de red y cualquier protector primario suministrado externamente, colocado en el equipo de acometida de las casas móviles, a la vista desde la pared exterior de la casa móvil que alimenta y a no más de 9 m de la misma, o en un medio de desconexión para casas móviles, puesto a tierra de acuerdo con la Sección 250-32 y ubicado a la vista desde la pared exterior de la casa móvil que alimenta y a no más de 9 m de la misma, se debe considerar que cumple los requisitos de esta Sección.

NOTA: La selección de la ubicación de una unidad de interfaz de red y del protector primario para obtener el conductor de puesta a tierra del protector primario lo más corto posible, ayuda a limitar las diferencias de potencial entre los circuitos de comunicaciones y otros sistemas metálicos.

(c) **Areas peligrosas (clasificadas).** El protector primario o equipo que brinda la función de protección primaria no se debe localizar en ningún área peligrosa (clasificada), como se define en el Artículo 500 o en la proximidad de material fácilmente inflamable.

Excepción: Lo permitido en las secciones 501-14, 502-14 y 503-12.

830-33. Puesta a tierra o interrupción de partes metálicas de cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red. Las pantallas metálicas de los cables de comunicaciones de banda ancha usados para comunicaciones o alimentación, deben ser puestas a tierra en el edificio lo más cerca posible del punto de entrada. Las partes metálicas de los cables no usadas para comunicaciones o para alimentación deben estar puestas a tierra o se deben interrumpir mediante una junta aislante o dispositivo equivalente ubicado lo más cerca posible del punto de entrada.

Para los propósitos de esta Sección, la puesta a tierra o interrupción de las partes metálicas de cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, instaladas en el equipo de acometida de las casas móviles, a la vista desde la pared exterior de la casa móvil, que alimenta y a no más de 9 m de la misma, o en un medio de desconexión para casas móviles, puesta a tierra de acuerdo con la Sección 250-23 y ubicado a la vista desde la pared exterior de la casa móvil que alimenta y a no más de 9 m de la misma, se debe considerar que cumple los requisitos de esta Sección.

NOTA: La selección de un lugar de puesta a tierra para obtener el conductor de puesta a tierra más corto posible, ayuda a limitar las diferencias de potencial entre los circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, y otros sistemas metálicos.

D. Método de puesta a tierra

830-40. Puesta a tierra de cables, unidades de interfaz de red y protectores primarios. Las unidades de interfase de red que contienen protectores, los UIR con encerramientos metálicos, los protectores primarios

y las partes metálicas puestas a tierra del cable de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red, deben estar puestas a tierra como se especifica de (a) hasta (d) siguientes.

(a) Conductor de puesta a tierra

(1) Aislamiento. El conductor de puesta a tierra debe estar aislado y debe estar listado como adecuado para este propósito.

(2) Material. El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre u otro material conductor resistente a la corrosión, cableado o sólido.

(3) Tamaño nominal. El conductor de puesta a tierra no debe ser de tamaño nominal menor que 2,08 mm² (14 AWG) y debe tener una capacidad de conducción de corriente aproximadamente igual que la de las partes metálicas puestas a tierra y el (los) conductor(es) protegido(s) del cable de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red. No se requiere que el conductor de puesta a tierra sea mayor que 13,3 mm² (6 AWG).

(4) Tendido en línea recta. El conductor de puesta a tierra debe tenderse hacia el electrodo de puesta a tierra en línea recta tanto como sea posible.

(5) Protección física. Cuando está expuesto a daño físico, el conductor de puesta a tierra debe protegerse adecuadamente. Cuando el conductor de puesta a tierra va tendido en una canalización metálica, ambos extremos de la canalización se deben unir al conductor de puesta a tierra o a la misma terminal o electrodo, al cual está conectado el conductor de puesta a tierra.

(b) Electrodo. El electrodo de puesta a tierra debe conectarse como sigue:

1. Al lugar accesible más cercano en:

a. El sistema de electrodos de puesta a tierra del edificio o estructura, como se trata en la Sección 250-81.

b. El sistema interior de tubería metálica de agua puesto a tierra, como se trata en la Sección 250-80(a).

c. Los medios accesibles externos a la envolvente de la acometida conforme con lo establecido en 250-71(b)

d. La canalización metálica de acometida de alimentación.

e. A la envolvente de los equipos de la acometida.

f. El conductor de puesta a tierra del electrodo o el encerramiento metálico del conductor de puesta a tierra del electrodo, o

g. El conductor de puesta a tierra o electrodo de puesta a tierra del medio de desconexión de un edificio o estructura que esté puesta a tierra a un electrodo, como se indica en la Sección 250-24.

Para los propósitos de esta Sección, se deben considerar accesibles los equipos de la acometida de casas móviles o su medio de desconexión, como se describen en la Sección 830-33.

(2) Si el edificio o estructura alimentados no tienen medios de puesta a tierra, como se describe en (b)(1), a cualquiera de los electrodos individuales descritos en la Sección 250-81, o

(3) Si el edificio o estructura alimentada no tiene los medios de puesta a tierra, como se describe en (b)(1) o (b)(2), se debe conectar a una estructura metálica puesta a tierra eficazmente o a una varilla o tubería de puesta a tierra de longitud no menor que 1,50 m y de 13 mm de diámetro, conducida, siempre que sea posible, a una parte de la tierra que esté húmeda permanentemente y separada de los conductores de los dispositivos de protección contra descargas atmosféricas, como se indica en la Sección 800-13 y a un mínimo de 1,80 m de los electrodos de otros sistemas. Ni las tuberías de vapor o de agua caliente, ni los conductores de las varillas del dispositivo de protección contra descargas atmosféricas se deben utilizar como electrodos para los protectores, UIR con protección integral, partes metálicas puestas a tierra, UIR con encerramientos metálicos y otros equipos.

(c) Conexión a los electrodos. Las conexiones a los electrodos de puesta a tierra deben cumplir lo establecido en la Sección 250-115. Los conectores, las abrazaderas, los herrajes utilizados para asegurar los conductores de puesta a tierra y los puentes de unión a los electrodos de puesta a tierra o a cualquier otro elemento de puesta a tierra que esté embebido en concreto o enterrado en el suelo, deben ser adecuados para su aplicación.

(d) Unión de los electrodos. Se debe conectar un puente de unión de tamaño nominal no menor que 13,3 mm² (6 AWG) de cobre o equivalente, entre el sistema de electrodos de puesta a tierra del sistema de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red y el sistema de electrodos de puesta a tierra de fuerza en el edificio o estructura o alimentada, cuando se usan electrodos independientes.

Excepción: En las casas móviles, como se indica en la Sección 830-42.

NOTA 1: Sobre el sistema de electrodos de puesta a tierra de pararrayos, véase la Sección 250-86.

NOTA 2: La unión de todos los electrodos independientes, limita las diferencias de potencial entre dichos electrodos y entre sus sistemas de alambrado asociados.

830-42. Unión y puesta a tierra en las casas móviles

(a) Puesta a tierra. Cuando no haya un equipo de acometida para casas móviles situado a la vista desde y a no más de 9 m desde la pared exterior de la casa móvil que alimenta, o no exista un medio de desconexión de la casa móvil puesto a tierra de acuerdo con la Sección 250-24, y ubicado a la vista y a un máximo de 9 m desde la pared exterior de la casa móvil que alimenta, el cable de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red, la unidad de interfase de red y la puesta a tierra del protector primario se deben instalar de acuerdo con las secciones 830-40(b)(2) y (b)(3).

(b) Unión. La terminal de puesta a tierra del cable de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red, la terminal de puesta a tierra de la unidad de interfaz de red, si la hay, y la terminal de puesta a tierra del protector primario, deben unirse a la estructura metálica o a la terminal de puesta a tierra disponible de la casa móvil con un conductor, de cobre de tamaño nominal no inferior de 3,31 mm² (12 AWG). La terminal de puesta a tierra del cable de comunicaciones de banda ancha alimentado por una red, la terminal de puesta a tierra de la unidad de interfaz de red, la terminal de puesta a tierra del protector primario o el electrodo de puesta a tierra, se deben unir a la carcasa de metal o terminal de puesta a tierra disponible de la casa móvil, con un conector de cobre de unión de tamaño nominal no inferior de 3,31 mm² (12 AWG), en cualquiera de las condiciones siguientes:

(1) Cuando no exista equipo de acometida o medio de desconexión de la casa móvil, como se indica en (a); o

(2) Cuando la casa móvil se alimente mediante cordón con clavija.

E. Métodos de alambrado de sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, dentro de edificios

830-54. Métodos de alambrado de sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media. Los sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media, deben instalarse dentro de los edificios utilizando cables de potencia media de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, de Tipo BM o BMR.

(a) Ductos, cámaras plenas (de aire) y otros espacios de ventilación. Se debe aplicar la Sección 300-22.

(b) Secciones verticales. Los cables instalados en tramos verticales que atraviesen más de un piso, o los cables instalados en tramos verticales, en ductos, deben ser de tipo BMR. En las instalaciones que atraviesan pisos y que requieran cables de tipo BMR, deben contener únicamente cables adecuados para uso en secciones verticales o cámaras plenas (de aire).

Excepción 1: Se permite instalar los cables de tipo BM encerrados en canalizaciones metálicas o ubicados en ductos protegidos contra incendios mediante barreras contra fuego instalados en cada piso.

Excepción 2: Se permite instalar los cables tipo BM en viviendas unifamiliares y bifamiliares.

(c) Otros alambrados. Los cables instalados en lugares diferentes de los incluidos en (a) y (b) anteriores, deben ser de tipo BM.

Excepción: El cable del tipo BMU, cuando el cable entra en el edificio desde el exterior y va tendido en tubo (conduit) metálico tipo pesado y semipesado y estos tubos (conduit) están puestos a tierra a un electrodo de acuerdo con la Sección 830-40(b).

830-55. Métodos de alambrado de sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de baja potencia. Los sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de baja potencia se deben instalar dentro de los edificios usando cables listados de baja potencia para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, de Tipos BLX o BLP.

(a) Conductos, cámaras plenas (de aire) y otros espacios de ventilación. Los cables instalados en ductos, cámaras plenas (de aire) y otros espacios usados para ventilación deben ser de tipo BLP.

Excepción: Los cables tipo BLX instalados de conformidad con la Sección 300-22.

(b) Sección vertical. Los cables instalados en tramos verticales, y que penetran más de un piso, o los cables instalados en tramos verticales en un ducto, deben ser de tipos BLP o BMR. En las instalaciones que atraviesen pisos y que requieren cables del tipo BMR deben contener solamente cables adecuados para secciones verticales o cámaras plenas (de aire).

Excepción 1: Los cables de tipo BLX encerrados en canalizaciones metálicas o ubicados en ductos protegidos prueba de fuego mediante barreras contra el fuego en cada piso.

Excepción 2: Los cables tipo BLX menores de 9,5 mm de diámetro en viviendas unifamiliares y bifamiliares.

(c) Otros alambrados. Los cables instalados en lugares diferentes de los incluidos en (a) y (b), deben ser de tipo BLP o BM.

Excepción 1: Cable tipo BLX encerrado en canalizaciones.

Excepción 2: Los cables Tipo BLU, cuando el cable entra en el edificio desde el exterior y va tendido en tubo (conduit) metálico tipo pesado y semipesado y tales tubos (conduit) están puestos a tierra a un electrodo de acuerdo con la Sección 830-40(b).

Excepción 3: Los cables de tipo BLX de menos de 9,5 mm de diámetro en viviendas unifamiliares y bifamiliares.

Excepción 4: Los cables de Tipo BLX, cuando la longitud del cable dentro del edificio no excede los 15 m y el cable entra en el edificio desde el exterior y termina en un bloque de puesta a tierra o un lugar con protección primaria.

NOTA: Esta excepción limita la longitud del cable tipo BLX a 15 m, mientras que la Sección 830-30(b) exige que el protector primario o UIR con protección integral, esté localizado lo más cerca posible del punto en el cual el cable entra en el edificio. Por tanto, en instalaciones que requieren un protector primario o UIR con protección integral, no se permite extender el cable tipo BLX a más de 15 m dentro del edificio, si es factible colocar el protector primario a manos de 15 m del punto de entrada.

830-56. Protección contra daño físico. Se debe aplicar la Sección 300-4.

830-57. Curvas. Las curvas en los cables de banda ancha de una red se deben hacer de manera que no se dañe el cable.

830-58. Instalación de cables y de equipos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red. Las instalaciones de cables y equipos dentro de los edificios deben cumplir con (a) hasta (e) siguientes, según sea aplicable.

(a) Separación de conductores

(1) En canalizaciones y en encerramientos

a. Cables de circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media y baja. Se permite que los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media y baja estén en la misma canalización o encerramiento.

b. Cables de circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de baja potencia. Se permite que los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de baja potencia estén en el mismo encerramiento o canalización con cables con pantalla de cualquiera de los circuitos siguientes:

1. Circuitos de Clase 2 y de Clase 3 de control remoto, de señalización y de potencia limitada, de acuerdo con el Artículo 725.

2. Sistemas de alarma contra incendios de potencia limitada, de acuerdo con el Artículo 760.

3. Circuitos de comunicaciones, de acuerdo con el Artículo 800.

4. Cables de fibra óptica conductores y no conductores, de acuerdo con el Artículo 770.

5. Sistemas de distribución de antenas comunales de radio y televisión, de acuerdo con el Artículo 820.

c. Cables de circuitos de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red de potencia media. Los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por red de potencia media no se permiten en la misma canalización o encerramiento con conductores de cualquiera de los circuitos siguientes:

1. Circuitos de Clase 2 y de Clase 3 de control remoto, de señalización y de potencia limitada, de acuerdo con el Artículo 725.
2. Sistemas de alarma contra incendios de potencia limitada, de acuerdo con el Artículo 760.
3. Circuitos de comunicaciones, de acuerdo con el Artículo 800.
4. Cables de fibra óptica conductores y no conductores de acuerdo con el Artículo 770.
5. Sistemas de distribución antenas comunales de radio y televisión, de acuerdo con el Artículo 820.

d. Circuitos de alumbrado, de fuerza, de alarmas contra incendios de potencia no limitada, de Clase 1. Los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red no se deben colocar en ninguna canalización, compartimiento, caja de salida, caja de empalme o herrajes similares, con conductores de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, o de alarmas contra incendios de potencia no limitada.

Excepción 1: Cuando todos los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1, de alarmas contra incendios de potencia no limitada estén separados de todos los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red, mediante una barrera.

Excepción 2: Los conductores de circuitos de fuerza en cajas de salida, cajas de empalme herrajes o compartimientos similares, en donde estos conductores tienen como fin únicamente alimentar equipos de distribución de sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red. Los conductores de los circuitos de fuerza se deben encaminar dentro del encerramiento manteniendo una separación mínima 6 mm de los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red.

(2) Otras aplicaciones. Los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red deben estar separados 50 mm como mínimo de los conductores de cualquier circuito de alumbrado, de fuerza, de Clase 1 y de alarma contra incendios de potencia no limitada.

Excepción 1: Cuando: (1) todos los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1 o de alarma contra incendios de potencia no limitada están en una canalización o en cables con pantalla metálica, revestimiento metálico, forro no metálico, cables Tipo AC o UF; o (2) todos los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red están dentro de una canalización.

Excepción 2: Cuando los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red están separados permanentemente de los conductores de circuitos de alumbrado, de fuerza, de Clase 1 y de alarmas contra incendios de potencia no limitada mediante un material no conductor, continuo y fijo firmemente, tales como tubos de porcelana o tubería flexible, además del aislamiento sobre el alambre.

(b) Propagación del fuego o de los productos de la combustión. Las instalaciones en espacios huecos, ductos verticales y de ventilación o extracción del aire, se deben hacer de modo que no aumente sustancialmente la posible propagación del fuego o de los productos de la combustión. Las aberturas al rededor de penetraciones de paredes, tabiques, pisos o techos falsos resistentes al fuego deben usar cortafuegos con métodos aprobados.

(c) Equipos en otros espacios usados para ventilación. Se debe aplicar lo establecido en la Sección 300-22(c).

(d) Soportes de los conductores. Las canalizaciones sólo se deben utilizar para el propósito previsto. Los cables de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red no se deben sujetar con grapas, cinta, ni asegurarlos por otros medios al exterior de cualquier tubo (conduit) o canalización como un medio de soporte.

(e) Sustituciones de cables. Se permiten las sustituciones de cables de banda ancha alimentados por una red, resumidos en la Tabla 830-58. Todos los cables de la Tabla 830-58, diferentes de los cables de banda ancha alimentados por una red, deben ser cables coaxiales.

TABLA 830-58.- Sustituciones de cables

Tipo de cable	Sustituciones de cables permitidas
BM	BMR
BLP	MPP, CMP, CL3P
BLX	MPP, CMP, CL3P, MPR, CMR, CL3R, MPG, MP, CMG, CM, CL3, CMX, CL3X, BMR, BM, BLP

NOTA: Los cables sustitutos multiuso de comunicaciones y Clase 3 de la Tabla 830-58, deben ser cables tipo coaxial

4.9 INSTALACIONES DESTINADAS AL SERVICIO PUBLICO

CAPITULO 9

ARTICULO 920-DISPOSICIONES GENERALES

920-1 Objetivo y campo de aplicación. El objetivo de este Capítulo es establecer las disposiciones para salvaguardar a las personas y sus propiedades de los riesgos originados por las líneas y subestaciones eléctricas, líneas de comunicación y su equipo asociado, durante su instalación, operación y mantenimiento. Los requisitos aquí establecidos se consideran como los mínimos necesarios para la seguridad y salud del público y de los trabajadores, la preservación del ambiente y el uso racional de la energía.

Se aplica a las líneas eléctricas de suministro público, subestaciones eléctricas, transportes eléctricos, alumbrado público y otras líneas eléctricas y de comunicación ubicadas en la vía pública, así como a instalaciones similares propiedad de los usuarios, para fines de este capítulo y cuando así se especifique en éste. Al establecer estos requisitos se ha considerado, en principio, que dichas líneas deben estar operadas y mantenidas por personas calificadas.

920-2. Definiciones

Empalme: Unión destinada a asegurar la continuidad eléctrica entre dos o más tramos de conductores, que se comporta eléctrica y mecánicamente como los conductores que une.

Línea de suministro eléctrico: Aquella que se usa para la transmisión, distribución y utilización en general de la energía eléctrica.

Tensión eléctrica de aguante de baja frecuencia: Para un aislador, es el valor eficaz de la tensión eléctrica a 60 Hz que bajo condiciones normalizadas puede aplicarse sin causar flameo o perforación del aislador.

Tensión eléctrica de flameo de baja frecuencia: Para un aislador, es el valor eficaz de la tensión eléctrica a 60 Hz que bajo condiciones normalizadas causa flameo sostenido a través del medio circundante.

ARTICULO 921-PUESTA A TIERRA

A. Disposiciones generales

921-1. Disposiciones generales. El objeto de este Artículo es proporcionar métodos prácticos de puesta a tierra, como uno de los medios de salvaguardar al público y a los operarios del daño que pudiera causar el potencial eléctrico en las líneas de servicio público de energía eléctrica. Este Artículo se refiere a los métodos para conectar a tierra los conductores y el equipo de líneas eléctricas y de comunicación; los requisitos que establecen en qué casos estos elementos deben estar conectados a tierra, se encuentran en otras secciones de esta norma.

Para mayor detalle sobre puesta a tierra, véase Artículo 250.

921-2. Definiciones

Electrodo: cuerpo metálico conductor o conjunto de cuerpos conductores agrupados, en contacto último con el suelo y destinados a establecer una conexión con el mismo.

Guarda: elemento protector contra contacto a un conductor eléctrico.

921-3. Medición de la resistencia del sistema de tierra. La medición de la resistencia del sistema de tierra, debe efectuarse desconectando el electrodo, del neutro del sistema.

921-4. Puesta a tierra durante reparaciones. El equipo o los conductores que operen a más de 110 V entre fases y que se deban reparar cuando se desconecten de su fuente de abastecimiento, deben conectarse a tierra, antes y durante la reparación.

921-5. Punto de conexión del conductor de puesta a tierra en sistemas de c.c.

a) Hasta de 750 V En sistemas de c.c. hasta de 750 V, que requieran estar conectados a tierra, la conexión debe hacerse sólo en la fuente de alimentación. Para sistemas de tres hilos, esta conexión debe hacerse al neutro.

b) Más de 750 V En sistemas de c.c. de más de 750 V, que requieran estar conectados a tierra, la conexión debe hacerse tanto en la fuente de alimentación como en los centros de carga. Esta conexión debe hacerse al neutro del sistema.

921-6. Corriente eléctrica en el conductor de puesta a tierra. Los puntos de conexión de puesta a tierra deben estar ubicados en tal forma que, bajo condiciones normales, no haya un flujo de corriente eléctrica inconveniente en el conductor de puesta a tierra. Si se tiene un flujo de corriente eléctrica en un conductor de puesta a tierra, se debe tomar una o más de las siguientes medidas para localizar el portador de flujo:

- a) Eliminar una o más de las conexiones de puesta a tierra.
- b) Cambiar la localización de las conexiones de puesta a tierra.
- c) Interrumpir la continuidad del conductor entre las conexiones de puesta a tierra.
- d) Otras medidas efectivas para limitar la corriente eléctrica, de acuerdo con un estudio confiable.

La conexión de puesta a tierra en el transformador de alimentación, no debe removerse. Las corrientes eléctricas instantáneas que se presentan bajo condiciones anormales, mientras los conductores de puesta a tierra están desempeñando sus funciones de protección, no se consideran como inconvenientes para estos casos.

El conductor debe tener capacidad para conducir la corriente eléctrica de falla, durante el tiempo que dure la falla sin sobrecarga térmica o sin sobretensiones peligrosas. Véase 921-10.

921-7. Material de los conductores de puesta a tierra. El material de los conductores de puesta a tierra debe garantizar la adecuada conducción de corrientes a tierra, preferentemente sin empalmes. Si los empalmes son inevitables, deben ser resistentes mecánicamente y a la corrosión, y estar hechos y mantenidos de tal modo que no se incremente la resistencia del conductor. Para apartarrayos, el conductor de puesta a tierra debe ser tan corto y exento de curvas cerradas (ángulos menores a 90°) como sea posible.

La estructura metálica de un edificio o construcción, puede servir como conductor de puesta a tierra y como un aceptable electrodo de tierra, si cumple con lo indicado en 921-25.

921-8. Desconexión del conductor de puesta a tierra. En ningún caso debe insertarse un dispositivo de desconexión en el conductor de puesta a tierra.

Excepción: Se permite la desconexión temporal del conductor de puesta a tierra para propósitos de prueba, hecha bajo supervisión de personal calificado.

921-9. Medios de conexión. La conexión del conductor de puesta a tierra y los diferentes elementos a que está unido, debe hacerse por medios que igualen las características del propio conductor y que sean adecuados para la exposición ambiental. Estos medios incluyen soldaduras, conectores mecánicos o de compresión y zapatas o abrazaderas de puesta a tierra.

921-10. Capacidad de conducción de corriente y resistencia mecánica. "La capacidad de conducción de corriente de tiempo corto" de un conductor desnudo de puesta a tierra, es la corriente eléctrica que éste puede soportar durante el tiempo (establecido en el cálculo correspondiente durante el cual se tiene circulación de corriente), sin fundirse o cambiar su estado, y para un conductor aislado es la corriente eléctrica que puede conducir, sin que se dañe el aislamiento.

a) Para sistemas conectados a tierra en un solo punto. El conductor de puesta a tierra para un sistema conectado a tierra en un solo punto, por medio de un electrodo o grupo de electrodos exclusivo para servicios individuales debe tener una "capacidad de conducción de corriente de corto tiempo" para la corriente eléctrica de falla, que pueda circular por el propio conductor durante el tiempo de operación del dispositivo de protección del sistema. Si este valor no puede determinarse, la capacidad de conducción de corriente permanente del conductor de puesta a tierra debe ser igual o mayor que la corriente eléctrica a plena carga del transformador o de otra fuente de alimentación.

b) Para sistemas de c.a. con múltiples conexiones de puesta a tierra. El conductor de puesta a tierra para un sistema de c.a. con conexiones múltiples a tierra, excluyendo las tierras en los servicios a usuarios, debe tener una capacidad continua de conducción de corriente, en cada conexión, mayor que un quinto de la capacidad de los conductores del sistema al que esté conectado. (Véase el inciso (e) de esta Sección).

c) Para apartarrayos primarios. El conductor de puesta a tierra debe tener "capacidad de conducción de corriente de tiempo corto", bajo las condiciones de corriente eléctrica causada por un disturbio. El conductor individual de puesta a tierra de un apartarrayos debe ser de tamaño nominal no menor que 13,3 mm² (6 AWG) de cobre, o de 21,2 mm² (4 AWG) de aluminio o un conductor equivalente en conductividad.

Cuando la flexibilidad del conductor de puesta a tierra es vital en la operación del apartarrayos, deben emplearse conductores flexibles adecuados.

El punto de referencia de tierra del apartarrayos se sujeta al tanque del transformador del cual parte un puente que conecta el neutro del transformador y, en su caso, una de las terminales de media tensión, junto con las cuales se conectan a tierra.

El tanque del transformador no debe utilizarse como un medio de puesta a tierra.

d) Para equipo, mensajeros y retenidas. El conductor de puesta a tierra para equipo, canalizaciones, mensajeros, retenidas, cubiertas metálicas de cables y otras cubiertas metálicas de conductores, debe tener la "capacidad de conducción de corriente de tiempo corto" para la corriente eléctrica de falla y para el tiempo de operación del dispositivo de protección del sistema. Si no se provee protección contra sobrecorriente o falla, la capacidad de conducción de corriente del conductor de puesta a tierra debe determinarse con base en las condiciones de diseño y operación del circuito, pero no debe ser de tamaño nominal menor que 8,37 mm² (8 AWG) de cobre.

Cuando las cubiertas metálicas de conductores y sus uniones a las cubiertas de equipo tienen la continuidad y capacidad de corriente requeridas, se pueden usar como medio de puesta a tierra del equipo.

e) Límite de la capacidad de conducción de corriente. El límite de capacidad de corriente del conductor de puesta a tierra es el siguiente:

1) La de los conductores de fase que suministrarían la corriente eléctrica de falla a tierra.

2) La corriente eléctrica máxima que pueda circular por el conductor, hacia el electrodo a que esté conectado. Para un conductor individual de puesta a tierra, esta corriente eléctrica es aproximadamente igual que el producto de la tensión eléctrica de suministro dividida entre la resistencia del electrodo.

f) Resistencia mecánica. Todo conductor de puesta a tierra debe tener resistencia mecánica para las condiciones a que esté sometido. Además, los conductores de puesta a tierra sin protección, deben tener una resistencia a la tensión mecánica mayor o igual que la correspondiente al tamaño nominal de 8,37 mm² (8 AWG) de cobre.

921-11. Guardas y protección

a) Los conductores de puesta a tierra para sistemas conectados a tierra en un solo punto y aquellos conductores expuestos a daño mecánico, deben protegerse. No requieren protegerse donde no estén fácilmente accesibles al público ni donde conecten a tierra circuitos o equipo con múltiples conexiones puestas a tierra.

b) Cuando se requiera protección, los conductores de puesta a tierra deben protegerse por medio de guardas contra el riesgo a que estén expuestos. Las guardas deben tener un altura mínima de 2,50 m sobre el suelo o plataforma en que los conductores son accesibles al público.

c) Los conductores de puesta a tierra sin guardas expuestos a daño mecánico, deben protegerse fijándolos a la superficie del poste o estructura, colocándolos en la parte de la estructura menos expuesta.

d) Las guardas usadas para conductores de puesta a tierra de equipo de protección contra descargas atmosféricas, deben ser de material no magnético si envuelven completamente al conductor o si no están unidas en ambos extremos al propio conductor de puesta a tierra.

921-12. Separación de conductores de puesta a tierra

a) Los conductores de puesta a tierra para equipo y circuitos de las clases indicadas a continuación, deben correr separadamente hasta sus propios electrodos. Excepto como lo permite el inciso (b) siguiente.

1) Apartarrayos de circuitos de más de 600 V y armazones de equipo que opere a más de 600 V.

2) Circuitos de alumbrado y fuerza hasta 600 V.

3) Puntas de pararrayos (protección contra descargas atmosféricas), a menos que estén conectadas a una estructura metálica puesta a tierra.

Como alternativa, los conductores de puesta a tierra pueden correr separadamente hasta una barra colectora de tierra o un cable de puesta a tierra del sistema, que esté conectado a tierra en varios lugares.

b) Los circuitos primario y secundario que utilicen un conductor neutro común, deben tener cuando menos una conexión de puesta a tierra por cada 400 m de línea, sin incluir las conexiones de puesta a tierra en los servicios de usuarios.

c) Cuando se usen electrodos independientes para sistemas independientes, deben emplearse conductores de puesta a tierra separados. Si se usan electrodos múltiples para reducir la resistencia a tierra, éstos pueden unirse entre sí y conectarse a un solo conductor de puesta a tierra.

d) Los electrodos artificiales para apartarrayos de sistemas eléctricos no conectados a tierra, que operen a tensiones eléctricas superiores a 15 kV entre fases, se recomienda que estén separados 6 m mínimo de los cables de comunicación subterráneos.

921-13. Electrodos de puesta a tierra. El electrodo de puesta a tierra debe ser permanente y adecuado para el sistema eléctrico de que se trate. Un electrodo común (o sistema de electrodos) debe emplearse para conectar a tierra el sistema eléctrico y las envolventes metálicas de conductores y al equipo servido por el mismo sistema. El electrodo de tierra debe ser alguno de los especificados en 921-14 y 921-22.

921-14. Electrodos existentes. Para efectos de esta Sección, se entiende por "electrodos existentes" aquellos elementos metálicos instalados para otros fines diferentes al de puesta a tierra.

a) Sistemas de tubería metálica para agua. Los sistemas subterráneos de tubería metálica para agua fría, pueden usarse como electrodos de puesta a tierra.

NOTA: Estos sistemas normalmente tienen muy baja resistencia a tierra. Se recomienda su uso cuando estén fácilmente accesibles.

Las tuberías de agua con uniones aislantes no son adecuadas para usarse como electrodos de puesta a tierra.

b) Sistemas locales de tuberías de agua. Las tuberías metálicas enterradas, conectadas a pozos y que tengan baja resistencia a tierra, pueden usarse como electrodos de puesta a tierra.

c) Varillas de refuerzo de acero en cimientos o bases de concreto. El sistema de varillas de refuerzo de un cimiento o base de concreto, que no esté aislado del contacto directo con la tierra y se extienda cuando menos 1 m abajo del nivel del terreno, constituye un efectivo y aceptable electrodo de puesta a tierra.

Cuando la estructura de acero (como columna, torre, poste) soportada sobre dicho cimiento o base, se use como un conductor de puesta a tierra, debe ser conectada a las varillas de refuerzo por medio de la unión de éstas con los tornillos de anclaje, o por medio de cable que una directamente a las varillas de refuerzo con la estructura arriba del concreto.

Los amarres de acero comúnmente usados, se considera que proveen una adecuada unión entre las varillas del armado de refuerzo.

NOTA: Cuando las varillas de refuerzo no están conectadas adecuadamente a una estructura arriba del concreto, y ésta queda sometida a corrientes eléctricas de descarga a tierra (aun conectada a otro electrodo que no sean las varillas), hay posibilidad de daño al concreto interpuesto, debido a la corriente eléctrica que busca camino hacia tierra a través del concreto, que es mal conductor.

921-15. Medios de conexión a electrodos. Hasta donde sea posible, las interconexiones a los electrodos deben ser accesibles. Los medios para hacer estas conexiones deben proveer la adecuada sujeción mecánica, permanencia y capacidad de conducción de corriente, tal como los siguientes:

a) Una abrazadera, accesorio o soldadura permanentes y efectivos.

b) Un conector de bronce con rosca, que penetre bien ajustado en el electrodo.

c) Para construcciones con estructura de acero, en las que se empleen como electrodo las varillas de refuerzo embebidas en concreto (del cimiento), debe usarse una varilla de acero similar, para unirla, mediante soldadura a otra provista de un tornillo de conexión. El tornillo debe ser conectado sólida y permanentemente a la placa de asiento de la columna de acero soportada en el concreto. El sistema eléctrico puede conectarse entonces, para su puesta a tierra, a la estructura del edificio, usando soldadura o un tornillo de bronce que se sujete en algún elemento de la misma estructura.

d) Para construcciones con estructuras de concreto armado, en las que se emplee un electrodo consistente en varillas de refuerzo o alambre embebidos en concreto (del cimiento), se debe usar un conductor de cobre desnudo de tamaño nominal adecuado para satisfacer el requisito indicado en 921-13, pero no-menor que 21,2 mm² (4 AWG) que se conecte a las varillas de refuerzo o al alambón, mediante un conector adecuado para cable de acero. El conector y la parte expuesta del conductor de cobre se deben cubrir completamente con mastique o compuesto sellador, antes de que el concreto sea vaciado, para minimizar la posibilidad de corrosión galvánica. El conductor de cobre debe sacarse por arriba de la superficie del concreto en el punto requerido por la conexión con el sistema eléctrico. Otra alternativa es sacar al conductor por el fondo de la excavación y llevarlo por fuera del concreto para la conexión superficial, en este caso el conductor de cobre desnudo debe ser de tamaño nominal no-menor que 33,6 mm² (2 AWG).

921-16. Punto de conexión a sistemas de tubería

a) El punto de conexión de un conductor de puesta a tierra a un sistema de tubería metálica para agua fría, debe estar lo más cerca posible de la entrada del servicio de agua al edificio o cerca del equipo a ser

conectado a tierra donde resulte más accesible. Entre este punto de conexión y el sistema subterráneo de tubería, debe haber continuidad eléctrica permanente, por lo que deben instalarse puentes de unión donde exista posibilidad de desconexión, tal como en los medidores de agua y en las uniones del servicio.

b) Los electrodos artificiales o las estructuras conectadas a tierra deben separarse por lo menos 3 m de líneas de tubería usadas para la transmisión de líquidos o gases inflamables que operen a altas presiones (10,5 Pa o más), a menos que estén unidos eléctricamente y protegidos catódicamente como una sola unidad.

Debe evitarse la instalación de electrodos a menos de 3 m de distancia de dichas líneas de tubería, pero en caso de existir, deben ser coordinados de manera que se asegure que no se presenten condiciones peligrosas de c.a. y no sea nulificada la protección catódica de las líneas de tubería.

921-17. Superficies de contacto. Cualquier recubrimiento de material no conductor, tal como esmalte, moho o costra, que esté presente sobre las superficies de contacto de electrodos en el punto de la conexión, debe ser removido completamente donde se requiera, a fin de obtener una buena conexión.

921-18. Resistencia a tierra de electrodos. Disposiciones generales. El sistema de tierras debe consistir de uno o más electrodos conectados entre sí. Debe tener una resistencia a tierra baja para minimizar los riesgos al personal en función de la tensión eléctrica de paso y de contacto (se considera aceptable un valor de 10 Ω ; en terrenos con alta resistividad este valor puede llegar a ser hasta de 25 Ω . Para los tipos de electrodos véase 250-84.

a) Plantas generadoras y subestaciones. Cuando estén involucradas tensiones y corrientes eléctricas altas, se requiere de un sistema enmallado de tierra con múltiples electrodos y conductores enterrados y otros medios de protección. Véase Artículo 921 Parte D Subestaciones.

b) Sistemas de un solo electrodo. Los sistemas con un solo electrodo deben utilizarse cuando el valor de la resistencia a tierra no exceda de 25 Ω en las condiciones más críticas. Para instalaciones subterráneas el valor recomendado de resistencia a tierra es 5 Ω .

c) Sistemas con múltiples conexiones de puesta a tierra. El neutro, debe estar conectado a un electrodo en cada transformador y sobre la línea, cada 400 m máximo independiente del sistema del servicio de los usuarios.

921-19. Conexión a tierra de partes metálicas de transformadores. Aplicar lo indicado en 450-10 y lo correspondiente al tipo de instalación.

B. Líneas aéreas

921-20. Disposiciones generales. Toda cerca metálica que se cruce con líneas suministradoras en áreas no urbanizadas, debe conectarse a tierra, a uno y otro lado del cruce, a una distancia sobre el eje de la cerca y no mayor que 45 m. En caso de existir una o más puertas o cualquier otra condición que interrumpa la continuidad de la cerca, ésta debe aterrizar en el extremo más cercano al cruce con la línea.

921-21. Cables mensajeros y retenidas

a) Cables mensajeros. Los cables mensajeros que requieran estar conectados a tierra deben conectarse a los conductores de puesta a tierra en los postes o en las torres, a los intervalos máximos indicados a continuación:

1) Cuando el cable mensajero sea adecuado para utilizarse como conductor de puesta a tierra del sistema (véase 921-10), una conexión como mínimo, en cada 400 m de línea, independientemente del sistema de tierras del servicio de los usuarios.

2) Cuando el cable mensajero no sea adecuado para utilizarse como conductor de puesta a tierra del sistema, una conexión como mínimo, en cada 200 m de línea, independientemente del sistema de tierras del servicio de los usuarios.

b) Retenidas. Las retenidas que requieran estar puestas a tierra deben conectarse a:

1) Estructuras de acero puestas a tierra, o a una conexión efectiva de puesta a tierra en postes de madera o concreto.

2) Un conductor de línea (neutro) que tenga cuando menos una conexión de puesta a tierra como mínimo en cada 400 m, además de las conexiones de puesta a tierra en los servicios a usuarios.

921-22. Electrodos artificiales

a) General. Cuando se usen electrodos artificiales, éstos deben penetrar, tanto como sea posible, dentro del nivel de humedad permanente.

Los electrodos deben ser de un metal o aleación que no se corroa excesivamente.

Toda la superficie externa de los electrodos debe ser conductora, bajo las condiciones existentes y durante la vida útil de los mismos, esto es, que no tenga pintura, esmalte u otra cubierta aislante.

C. Líneas subterráneas

921-23. Punto de conexión del conductor de puesta a tierra en sistemas de c.a.

a) Hasta 600 V. La conexión de puesta a tierra de un sistema trifásico conexión estrella de cuatro hilos, o de un sistema monofásico de tres hilos, que requiera estar conectado a tierra. El conductor neutro debe ser puesto a tierra eficazmente en cada registro, equipo de transformación y acometida. En otros sistemas de una, dos o tres fases, asociados con circuitos de alumbrado, la conexión de puesta a tierra debe hacerse al conductor común asociado con los circuitos de alumbrado.

La conexión de puesta a tierra de un sistema trifásico de tres hilos, derivado de un transformador conectado en delta, o conectado en estrella sin conexión de puesta a tierra, el cual no sea para alimentar circuitos de alumbrado, puede hacerse a cualquiera de los conductores del circuito o bien a un neutro derivado en forma separada.

La conexión de puesta a tierra debe hacerse en la fuente de alimentación y en el lado de la carga de todo equipo de servicio.

b) Más de 600 V

1) Conductor sin pantalla (ya sea desnudo, forrado o aislado sin pantalla). El conductor neutro debe ser eficazmente puesto a tierra en el transformador y en cada una de las acometidas.

2) Cable con pantalla

a. Conexión de la pantalla del cable con la puesta a tierra de apartarrayos. Las pantallas de los cables deben unirse con el sistema de tierras de apartarrayos.

b. Cable sin cubierta exterior aislante. La conexión debe hacerse al neutro del transformador de alimentación y en las terminales del cable.

c. Cable con cubierta exterior aislante. Se recomienda hacer conexiones adicionales entre la pantalla sobre el aislamiento del cable (o armadura) y la tierra del sistema. En líneas de cable con pantalla de múltiples conexiones a tierra, la pantalla (incluyendo armadura) debe conectarse a tierra en cada unión del cable expuesta al contacto del personal.

NOTA: Debe preverse que al estar puestas a tierra en más de un punto, la corriente circulante por pantalla provoca un calentamiento adicional.

c) Conductor de puesta a tierra separado. Si se usa un conductor de puesta a tierra separado adicional a una línea subterránea, debe conectarse en el transformador de alimentación y en los accesorios del cable cuando se requiera que éstos vayan conectados a tierra. Este conductor debe estar colocado en la misma trinchera o banco de ductos (o en el mismo ducto si éste es de material magnético) que los conductores del circuito.

Excepción: El conductor de puesta a tierra para un circuito instalado en un ducto magnético puede estar en otro ducto si el que contiene al circuito está unido a dicho conductor en ambos extremos.

921-24. Sistemas subterráneos

a) Los conductores de puesta a tierra usados para conectarse a los electrodos y que se coloquen directamente enterrados, deben ser tendidos flojos o tener suficiente resistencia mecánica para evitar que se rompan por movimientos de la tierra o asentamientos normales del terreno.

b) Los empalmes y derivaciones sin aislamiento de conductores de puesta a tierra directamente enterrados, deben ser hechos con soldadura o con dispositivos de compresión, para minimizar la posibilidad de aflojamiento o corrosión. Se debe reducir al mínimo el número de estos empalmes o derivaciones.

c) Las pantallas sobre aislamiento de cables conectadas a tierra, deben unirse con todo aquel equipo eléctrico accesible conectado a tierra en los registros, pozos o bóvedas.

Excepción: Esta conexión puede omitirse cuando exista protección catódica.

d) Debe evitarse que elementos magnéticos, tales como acero estructural, tubo, varillas de refuerzo, no queden interpuestos entre el conductor de puesta a tierra y los conductores de fase del circuito.

e) Los metales utilizados para fines de puesta a tierra, que estén en contacto directo con la tierra, concreto o mampostería, deben estar aprobados para tal uso. Los metales de diferentes potenciales galvánicos, que se unan eléctricamente, pueden requerir de protección contra corrosión galvánica. El aluminio no está aprobado para este uso.

f) Cuando las pantallas o armaduras sobre el aislamiento de cables, conectadas a tierra, se conecten para minimizar las corrientes eléctricas circulantes en la pantalla, deben aislarse donde estén accesibles al contacto del personal.

g) Las conexiones de transposición y los puentes de unión deben tener aislamiento para 600 V, para tensiones mayores y el aislamiento debe ser adecuado para la tensión eléctrica a tierra existente.

h) Los puentes de unión y sus medios de conexión deben ser de tamaño y diseño para soportar la corriente eléctrica de falla, sin dañarse el aislamiento de los puentes o las conexiones de la pantalla.

D. Subestaciones

921-25. Características del sistema de tierra. Las características de los sistemas de tierra deben cumplir con lo aplicable del Artículo 250.

NOTA: Para definir un método adecuado para calcular el sistema de puesta a tierra, como el cálculo para sistemas de tierras en plantas y subestaciones, véase el Apéndice B1 (NRF-011-CFE-2002).

a) **Disposición física.** El cable que forme el perímetro exterior del sistema, debe ser continuo de manera que encierre el área en que se encuentra el equipo de la subestación.

En subestaciones tipo pedestal, de conexión estrella-estrella, se requiere que el sistema de tierra quede confinado dentro del área que proyecta el equipo sobre el suelo.

La resistencia del sistema a tierra total debe cumplir con los valores indicados en el inciso (b) de esta Sección.

b) **Resistencia a tierra del sistema.** La resistencia eléctrica total del sistema de tierra incluyendo todos los elementos que lo forman, deben conservarse en un valor menor que lo indicado en la tabla siguiente:

Resistencia (Ω)	Tensión eléctrica máxima (kV)	Capacidad máxima del transformador (kVA)
5	mayor que 34,5	mayor que 250
10	34,5	mayor que 250
25	34,5	250

Deben efectuarse pruebas periódicamente durante la operación en los registros para comprobar que los valores del sistema de tierra se ajustan a los valores de diseño; asimismo, para comprobar que se conservan las condiciones originales, a través del tiempo y de preferencia en época de estiaje.

c) **Sistemas con transformador.** Cuando se requiera de un transformador para obtener la referencia a tierra aplicar lo indicado en 450-5.

921-26. Puesta a tierra de cercas metálicas. Las cercas metálicas pueden ocupar una posición sobre la periferia del sistema de tierra. Debido a que los gradientes de potencial son más altos, se deben tomar las medidas siguientes:

a) Si la cerca se coloca dentro de la zona correspondiente a la malla, debe ser puesta a tierra.

b) Si la cerca se encuentra fuera de la zona correspondiente a la malla debe colocarse por lo menos a 2 m del límite de la malla.

921-27. Puesta a tierra de rieles y tubos para agua y gas

a) **Rieles.** Los rieles de escape (espuelas) de ferrocarril que entren a una subestación no deben conectarse al sistema de tierra de la subestación. Deben aislarse uno o más pares de juntas de los rieles donde éstos salen del área de la red de tierra.

b) **Tubos para agua y gas.** Los tubos metálicos para agua, gas y las cubiertas metálicas de cables que estén enterrados dentro del área de la subestación deben conectarse al sistema de tierra, en varios puntos.

NOTA: Primero se debe instalar el sistema de tierras de acuerdo a su valor óptimo para la instalación eléctrica y después conectar los tubos para gas al sistema.

921-28. Puesta a tierra de partes no conductoras de corriente eléctrica

a) Las partes metálicas expuestas que no conducen corriente eléctrica, y las defensas metálicas del equipo eléctrico, deben conectarse a tierra.

b) Con excepción de equipo instalado en lugares húmedos o áreas peligrosas, las partes metálicas que no conducen corriente eléctrica, pueden no conectarse a tierra, siempre que sean inaccesibles o que se protejan por medio de resguardos.

Esta última protección debe impedir que se puedan tocar inadvertidamente las partes metálicas mencionadas y simultáneamente algún otro objeto puesto a tierra.

c) Las estructuras de acero de la subestación deben ser puestas a tierra.

921-29. Conexión de puesta a tierra de cercas metálicas. Toda cerca metálica que se cruce con líneas suministradoras en áreas no urbanizadas, debe conectarse a tierra, a uno y otro lado del cruce, a una distancia sobre el eje de la cerca y no mayor que 45 m. En caso de existir una o más puertas o cualquier otra condición que interrumpa la continuidad de la cerca, ésta debe estar puesta a tierra en el extremo más cercano al cruce con la línea.

Esta conexión de puesta a tierra debe efectuarse uniendo todos los elementos metálicos de la cerca.

921-30. Conductor de puesta a tierra común para el circuito, canalizaciones metálicas y equipo. Si la capacidad de conducción de corriente del conductor de puesta a tierra del circuito, satisface también el requerimiento para la conexión de puesta a tierra del equipo, este conductor puede usarse para ambos fines. Dentro de dicho equipo se incluyen los armazones y cubiertas de los componentes auxiliares y de control del sistema eléctrico, canalizaciones metálicas, pantallas de cables y otras cubiertas.

E. Otros

921-31. Método de puesta a tierra para teléfonos y otros aparatos de comunicación en circuitos expuestos al contacto con líneas de suministro eléctricos y a descargas atmosféricas. Los protectores y, las partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica expuestas, ubicadas en las centrales telefónicas o en instalaciones exteriores, deben conectarse a tierra en la forma siguiente:

a) **Electrodo.** El conductor de puesta a tierra debe conectarse a un electrodo, como los descritos en 921-14, 921-22 y 250 Parte H, o hacer esta conexión a la cubierta metálica del equipo del servicio eléctrico o al conductor del electrodo de puesta a tierra, cuando el conductor neutro del servicio eléctrico esté conectado a un electrodo de puesta a tierra en el edificio.

b) **Conexión de los equipos al electrodo.** El conductor de puesta a tierra de los teléfonos y otros aparatos expuestos a contacto con líneas de suministro eléctrico y a descargas atmosféricas, debe ser de cobre, de tamaño mínimo de 2,08 mm² (14 AWG) o de cualquier otro material de capacidad de conducción de corriente equivalente, que no sufra corrosión bajo las condiciones de uso. La conexión de este conductor al electrodo de puesta a tierra debe hacerse por medio de un conector o con soldadura exotérmica.

c) **Unión de electrodos.** Cuando se usen electrodos separados en la misma edificación, se deben interconectar el electrodo del equipo de comunicación y el electrodo de neutro del sistema eléctrico, con un conductor de tamaño nominal no-menor que 13,3 mm² (6 AWG) de cobre, u otro material de capacidad de conducción de corriente equivalente.

ARTICULO 922-LINEAS AEREAS

A. Disposiciones generales

922-1. Objetivo, campo de aplicación. Este Artículo contiene los requisitos mínimos que deben cumplir las líneas aéreas de energía eléctrica y de comunicación y sus equipos asociados, con la finalidad de obtener la máxima seguridad, protección al medio ambiente y uso eficiente de la energía.

922-2. Definiciones

Servidumbre de paso. Derecho que se crea o se adquiere para transitar por un terreno.

Baja tensión. Tensión eléctrica hasta 1 000 V.

Media tensión. Tensión eléctrica mayor que 1 000 V hasta 34,5 kV.

Alta tensión. Tensión eléctrica mayor que 34,5 kV hasta 230 kV.

Extra alta tensión. Tensión eléctrica mayor que 230 kV

Claro básico (regla). Es el promedio de una serie de claros con diferentes longitudes entre remates, se utiliza como base para calcular las flechas y tensiones del conductor.

Claro vertical (claro de peso). Es la distancia horizontal entre los puntos más bajos de las catenarias adyacentes al soporte considerado.

Carga transversal. Es la que produce el viento al soplar horizontal y perpendicularmente al conductor, la estructura, cable de guarda y accesorios.

Claro medio horizontal (claro de viento). Es la semi-suma de los claros adyacentes a la estructura considerada.

Carga longitudinal. Es la debida a las componentes de las tensiones mecánicas máximas, ocasionadas por desequilibrio a uno y otro lado del soporte, ya sea por cambio de tensión mecánica, remate o ruptura de los conductores o cables de guarda.

Conductor aislado. Conductor rodeado de un material de composición y espesor reconocidos por esta norma como aislamiento eléctrico, como el conductor sin pantalla metálica sobre el aislamiento operando en tensiones eléctricas inferiores a 3 kV de fase a tierra, conductor con cubierta o pantalla metálica puesta a tierra continua sobre el aislamiento, operando en tensiones de 3 kV hasta 22 kV a tierra o conductor operando en tensiones de 3 kV a 22 kV a tierra con pantalla semiconductor continua sobre el aislamiento combinada con mensajero desnudo puesto a tierra.

Conductor forrado. Conductor rodeado de un material de composición o espesor no reconocidos por esta norma como aislamiento eléctrico. Es aquel cuya cubierta proporciona suficiente resistencia dieléctrica para evitar corto circuito en caso de contacto momentáneo entre conductores, entre éstos y el conductor conectado a tierra o entre conductores y ramas de árboles.

Estructura: Unidad principal de soporte de las líneas aéreas eléctricas, comunicación y equipo asociado, generalmente un poste o una torre.

Estructura de transición: Estructura donde cambia una línea de un sistema aéreo a subterráneo o viceversa.

Flecha. Distancia medida verticalmente desde el conductor hasta una línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte. A menos que otra cosa se indique, la flecha siempre se medirá en el punto medio del claro. Véase la Figura 922-2.

Flecha aparente. Distancia máxima entre el conductor y una línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte, medida perpendicularmente a la línea recta.

Flecha inicial: La que tiene el conductor antes de aplicarle cualquier carga externa.

Flecha final: La que tiene un conductor bajo condiciones especificadas de carga y temperatura, después de que ha estado sujeto a las condiciones de carga mecánica prescritas para la zona de carga en la que está instalado, o bien después de que se le ha aplicado una carga equivalente. La flecha final incluye el efecto de la deformación.

Flecha del conductor en cualquier punto. Distancia medida verticalmente desde un punto en particular del conductor, hasta la línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte.

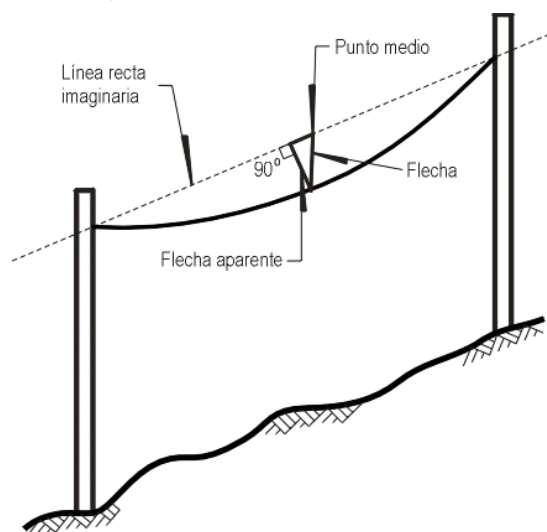


FIGURA 922-2

Línea abierta: Línea eléctrica o de comunicación con conductores desnudos, forrados o aislados soportados individualmente en la estructura directamente o mediante aisladores.

Línea aérea: Línea abierta soportada en postes u otro tipo de estructuras con los accesorios necesarios para la fijación, separación y aislamiento de los conductores.

Línea de comunicación: Línea para transmisión y recepción de señales de audio, imagen y/o datos que opera a 400 V máximos a tierra o 750 V entre dos puntos del circuito.

Línea de suministro eléctrico: Aquella que se usa para la transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica.

Línea en conflicto: Línea que al ladearse su estructura o balancearse su conductor puede llegar a tocar otra línea próxima.

Línea subterránea: Aquella que está constituida por uno o varios cables aislados que forman parte de un circuito eléctrico o de comunicación, colocados bajo el nivel del piso, ya sea directamente enterrados, en ductos o en cualquier otro tipo de canalización aprobado.

Longitud del claro: Distancia horizontal entre dos soportes consecutivos de una línea aérea.

Registro: Recinto subterráneo donde se colocan cables y accesorios de los equipos, para ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento.

Terminal de cable: Dispositivo que soporta y distribuye los esfuerzos dieléctricos del aislamiento en el extremo de un cable.

Transición de línea: Unión del cable de una línea aérea a la terminal del cable de una línea subterránea o viceversa.

Derecho de vía: Es una franja de terreno que se ubica a lo largo de cada línea, cuyo eje longitudinal coincide con el trazo topográfico de la línea. Su dimensión transversal varía de acuerdo con el tipo de estructuras, con la magnitud y desplazamiento lateral de la flecha y con la tensión eléctrica de operación.

Velocidad de diseño por viento: Es la velocidad real o actual, equivalente a la velocidad máxima indicada en los anemómetros de una zona geográfica dividida entre 1,3.

922-3. Posición relativa de líneas

En una misma estructura:

a) Para líneas de diferente tensión eléctrica, los conductores con mayor tensión deben estar arriba de los de menor tensión.

b) Para líneas eléctricas y de comunicación las primeras deben estar en los niveles superiores.

Excepción: En ambos incisos anteriores, se exceptúan los alimentadores de troles que por conveniencia pueden estar al nivel de los conductores de contacto del trole.

c) En cruzamientos o líneas en conflicto, debe utilizarse la misma disposición descrita en los incisos (a) y (b) anteriores.

d) Se debe evitar la existencia de líneas en conflicto.

922-4. Consideraciones generales sobre la separación de conductores

a) **Medición de separaciones y espaciamientos.** Para referirse a las distancias entre conductores y a sus soportes, estructuras, construcciones, nivel del suelo, se usan en este Artículo los términos separación y espaciamiento. Debe entenderse que una separación es la distancia de superficie a superficie y un espaciamiento la distancia de centro a centro.

Para propósito de medición de las separaciones, los herrajes y accesorios que estén energizados se deben considerar como parte integral de los conductores. Las bases metálicas de las mufas, apartarrayos y de equipo similar, deben ser consideradas como parte de la estructura de soporte.

b) **Cables eléctricos aislados.** En estos cables, las separaciones, para los tipos de cables descritos en los siguientes subincisos, así como para sus empalmes y derivaciones, pueden ser menores que las establecidas para conductores desnudos de la misma tensión eléctrica (véase 110-2).

1) Cables de cualquier tensión eléctrica que tengan cubierta o pantalla metálica continua efectivamente puesta a tierra, o bien cables diseñados para operar en un sistema de conexión múltiple a tierra de 22 kV o menos, que tengan una pantalla semiconductor sobre el aislamiento combinada con un adecuado sistema

metálico para descarga, cuando estén soportados y cableados junto con un mensajero neutro desnudo puesto a tierra efectivamente.

2) Cables de cualquier tensión eléctrica no incluidos en el subinciso anterior, que tengan una pantalla semiconductor continua sobre el aislamiento combinada con un adecuado sistema metálico para descarga, cuando estén soportados y cableados junto con un mensajero desnudo puesto a tierra efectivamente.

3) Cables aislados sin pantalla sobre el aislamiento, que operen a tensiones eléctricas no-mayores a 5 kV entre fases, o a 2,9 kV de fase a tierra.

c) Conductores forrados. Los conductores forrados deben ser considerados como desnudos para todos los requisitos de separaciones.

El espaciado para conductores forrados puede ser menor que el mínimo requerido para conductores desnudos, siempre y cuando sean propiedad de la misma empresa suministradora y que su cubierta proporcione suficiente resistencia dieléctrica para evitar cortocircuitos en caso de contacto momentáneo entre conductores, o entre éstos y el conductor conectado a tierra o con ramas de árboles.

d) Conductores neutros. Los conductores neutros deben tener la misma separación que los conductores de sus respectivos circuitos. Se exceptúan los conductores neutros efectivamente conectados a tierra a lo largo de la línea, cuando estén asociados con circuitos hasta de 22 kV a tierra, los cuales pueden considerarse, para fines de fijar su separación y altura, como conductores de circuitos de hasta 750 V entre fases.

e) Circuitos de c.a. o c.c. Las disposiciones de este Artículo son aplicables tanto a circuitos de c.a. como de c.c. En los circuitos de c.c. se deben aplicar las mismas separaciones establecidas para los circuitos de c.a., que tengan la misma tensión eléctrica de cresta a tierra.

922-5. Arreglo de conductores

a) Identificación. Se recomienda que todos los conductores de líneas eléctricas y de comunicación que vayan tendidos en las mismas estructuras, conserven una misma posición en todo su trayecto y de ser posible, se marquen en algunos de los soportes para complementar su identificación. Esto no prohíbe la transposición sistemática de los conductores.

b) Conexiones y derivaciones. Las conexiones, derivaciones y equipos de líneas aéreas deben estar libres de obstáculos para que sean fácilmente accesibles al personal calificado. Los conductores que se usen para derivaciones deben soportarse y colocarse de manera que no lleguen a tocar a otros conductores, por movimientos laterales o por colgarse demasiado, ni reduzcan el espacio para subir a trabajar.

922-6. Árboles próximos a conductores. En la proximidad de los conductores, los árboles deben ser podados para evitar que el movimiento de las ramas o de los propios conductores, pueda ocasionar fallas a tierra o entre fases. También se deben podar los árboles para prevenir que sus ramas, al desprenderse, puedan caer sobre los conductores, especialmente en cruzamientos y claros adyacentes. Esta poda debe llevarse a cabo atendiendo las recomendaciones de protección al medio ambiente con objeto de combinar la necesidad de coexistencia de líneas y árboles. La siembra de árboles bajo líneas existentes debe realizarse con especies cuya altura de crecimiento se pueda mantener sin afectación a su aspecto y sin riesgo para el propio árbol o para la línea existente.

922-7. Aisladores

a) Material y construcción. Los aisladores que se usen en líneas eléctricas deben ser aprobados para ese uso.

b) Consideraciones generales sobre la selección de aisladores. Los aisladores deben seleccionarse basándose en la tensión eléctrica nominal a plena carga del circuito.

922-8. Equipo eléctrico conectado a las líneas

a) Accesibilidad. Todo equipo eléctrico conectado a las líneas, debe ser accesible a personas calificadas, para lo cual se deben proveer los espacios para su operación y mantenimiento.

b) Indicación de posición de operación. Los equipos de protección y seccionamiento conectados al circuito deben indicar claramente su posición de "abierto" o "cerrado", ya sea que se encuentren dentro de envoltentes o estén descubiertos.

c) Fijación de posición. Los equipos de protección y seccionamiento conectados a las líneas en lugares accesibles a personas no calificadas, deben estar provistos de mecanismos de seguridad que permitan asegurar su posición de "abierto" o "cerrado" para evitar operaciones no deseadas.

Los equipos de protección o seccionamiento para operar en líneas aéreas en forma remota o automática deben estar provistos de medios locales que impidan la operación del control remoto o automático.

d) Transformadores y equipo montado en postes. La parte más baja de los transformadores instalados en postes debe estar a una altura mínima de 4,45 m en lugares transitados solamente por peatones, y de 4,60 m en lugares transitados por vehículos.

922-9. Conexión de puesta a tierra de circuitos, estructuras y equipo

a) Métodos. Las conexiones de puesta a tierra especificadas en esta Sección deben efectuarse de conformidad con los métodos indicados en el Artículo 921 (Parte B).

b) Partes no portadoras de corriente eléctrica. Las estructuras metálicas, postes, canalizaciones, equipos, soportes, cables mensajeros, cubiertas de cables aislados, palancas y manijas, deben estar puestos a tierra efectivamente.

Excepción: Esta conexión puede omitirse cuando lo requiera la operación del equipo, siempre que existan protecciones que impidan el contacto de personas o animales con las partes metálicas, o bien cuando estén, a una altura mayor que 2,9 m.

c) Retenidas. Las retenidas también deben cumplir con lo indicado en el inciso anterior, cuando sujeten estructuras que soporten circuitos de más de 300 V, o estén expuestas a contacto con dichos circuitos.

Esta disposición no es aplicable en los siguientes casos:

- 1) Cuando las retenidas tengan uno o más aisladores.
- 2) Cuando la estructura soporte exclusivamente cables aislados.
- 3) Cuando la retenida sujete una estructura que soporte circuitos de más de 34,5 kV entre fases y se localice en una zona despoblada. Si el material de las retenidas y anclas es metálico, puede considerarse como elemento de puesta a tierra.

922-10. Capacidad de conducción de corriente de conductores desnudos. Al seleccionar los conductores no deben sobrepasar su capacidad de conducción de corriente. La Tabla 922-10 muestra valores máximos de capacidad de conducción de corriente, para los conductores desnudos usuales en líneas aéreas.

TABLA 922-10.- Capacidad de conducción de corriente (A) en conductores desnudos

Tamaño o designación		Cobre*	ACSR	Aluminio
mm ²	AWG o kcmil			
8,37	8	90	---	---
13,3	6	130	---	98
21,2	4	180	140	130
33,6	2	240	180	180
53,5	1/0	310	230	235
67,4	2/0	360	270	275
85,0	3/0	420	300	325
107	4/0	490	340	375
135	266,8	---	460	445
171	336,4	---	530	520
242	477	---	670	650
322	636	---	780	---
403	795	---	910	---
484	954	---	1010	---
564	1113	---	1110	---
635	1351	---	1250	---
765	1510,5	---	1340	---
806	1590	---	1380	---

Bases:
 Temperatura total máxima en el conductor: 75°C
 Temperatura ambiente: 25°C

Velocidad del viento: 0,6 m/s Factor de emisividad: 0,5
 Frecuencia: 60 Hz
 *Conductor de cobre duro con 97,3% de conductividad

B. Separación de conductores en una misma estructura, espacios para subir y trabajar

922-11. Aplicación. Los requisitos de esta Parte B establecen las separaciones mínimas entre conductores de líneas aéreas, eléctricas y de comunicación, así como las que éstos deben guardar a sus soportes, cables mensajeros, retenidas, cables de guarda, cuando están instalados en una misma estructura.

Para fines de aplicación en los cables aislados de uno o varios conductores y los conductores forrados, descritos en 922-4(b) y (c), así como los conductores en grupo, soportados por aisladores o mensajeros, se consideran como un solo conductor, aun cuando estén formados por conductores individuales de diferente fase o polaridad.

La tensión eléctrica entre conductores de diferentes fases de distintos circuitos, debe tomarse como el mayor valor que resulte de los siguientes:

- a) La diferencia vectorial entre los conductores involucrados.
- b) La tensión eléctrica de fase a tierra del circuito de más alta tensión.

Las separaciones obtenidas con las ecuaciones consideradas en esta Sección son aplicables especialmente a líneas aéreas con tensiones eléctricas usuales para distribución. En líneas de media, alta y extra alta tensión, la separación entre conductores queda definida, además de los factores aquí considerados, por la geometría de las estructuras, la coordinación de aislamiento, el aislamiento, el efecto corona, la longitud de los claros y la experiencia obtenida con diseños anteriores que se hayan operado satisfactoriamente.

NOTA: En el texto de estos requisitos se debe entender como soporte de los conductores, el conjunto de elementos que sostienen directamente a los conductores, como son las crucetas, bastidores u otros medios similares, junto con sus aisladores.

c) El incremento en separación para tensión eléctrica mayor que 50 kV, especificado en el punto anterior, debe aumentarse 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1,000 m s.n.m. Todas las separaciones para tensión eléctrica superior a 50 kV, deben determinarse basándose en la tensión eléctrica máxima de operación.

922-12. Separación horizontal entre conductores de línea. La separación horizontal mínima entre conductores debe ser:

a) **En soportes fijos.** Los conductores del mismo o de diferente circuito en soportes fijos (con aisladores rígidos) deben tener una separación horizontal en sus soportes, igual o mayor, al mayor de los valores obtenidos por la separación horizontal mínima o separación de acuerdo con la flecha. Estas separaciones no se aplican si los conductores son cables aislados de los tipos descritos en 922-4(b), o bien si son conductores forrados de un mismo circuito, que cumplen con lo indicado en 922-4(c).

1) **Separación horizontal mínima.** Debe cumplir como mínimo los valores de la Tabla 922-12(a)(1).

2) **Separación de acuerdo con la flecha.** El valor mínimo a cumplir es el obtenido por medio de las ecuaciones 1 y 2. En caso de que el valor resultante sea menor que el de la Tabla 922-12(a)(1) debe usarse el valor de la tabla.

Excepción: Para conductores del mismo circuito con tensión eléctrica mayor que 50 kV aplique la Tabla 922-12 (a)(2)

Ecuación 1. Para conductores de tamaño nominal menor que 33,6 mm² (2 AWG):

$$S = 7,62 (kV) + 7\sqrt{(8,5f - 5080)} \text{ mm}$$

Ecuación 2. Para conductores de tamaño nominal mayor o igual que 33,6 mm² (2 AWG):

$$S = 7,62 (kV) + 8\sqrt{(2,12f)} \text{ mm}$$

donde:

S, es la separación en mm.

kV, es la tensión eléctrica entre los dos conductores para los que se calcula la separación; excepto el caso de alimentadores de transporte eléctrico, en que la tensión eléctrica es de fase a tierra.

f, es la flecha final en mm, del conductor de mayor flecha en el claro, a una temperatura de 16°C y con una tensión mecánica de 25% de la de ruptura.

La Tabla 922-12(a)(2) muestra las separaciones que se obtienen al aplicar las ecuaciones 1 y 2 anteriores, en algunos valores de flecha y de tensión eléctrica de conductores.

La separación entre conductores de circuitos con tensión eléctrica mayor que 50 kV se debe incrementar 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1 000 m sobre el nivel del mar.

Todas las separaciones para tensiones eléctricas superiores a 50 kV deben determinarse con base en la tensión eléctrica máxima de operación.

TABLA 922-12(a)(1).- Separación horizontal mínima entre conductores⁽¹⁾

Circuito	Separación mínima en milímetros
Línea de comunicación abierta: (excepto en transposiciones)	
Mínimo	150
Mínimo en aisladores rígidos	75
Alimentadores para transporte eléctrico⁽²⁾:	
Hasta 750 V	150
Más de 750 V a 8,7 kV	300
Conductores eléctricos del mismo circuito:	
Hasta 8,7 kV	300
Más de 8,7 kV a 50 kV	300 más 10 por cada kV en exceso de 8,7 kV
Más de 50 kV	(3)
Conductores eléctricos de diferentes circuitos:	
Hasta 8,7 kV	300
Más de 8,7 kV a 50 kV	300 más 10 por cada kV en exceso de 8,7 kV
Más de 50 kV a 814 kV	725 más 10 por cada kV en exceso de 50 kV ⁽⁴⁾
Notas:	
(1) Todas las tensiones eléctricas son entre fases, excepto para alimentadores de transporte eléctrico, las cuales son a tierra.	
Para determinar la separación entre conductores de la misma fase pero de diferentes circuitos, el conductor con menor tensión eléctrica debe ser considerado como puesto a tierra.	
(2) Para conductores que tengan flecha aparente de 1,0 m y tensiones eléctricas máximas de 8,7 kV, respectivamente, en los que se hayan utilizado normalmente separaciones de 250 a 300 mm, pueden continuarse aplicando dichas separaciones, siempre que se cumpla con lo indicado en 922-12(a)(2).	
(3) La separación para conductores del mismo circuito, con tensión eléctrica mayor que 50 kV, debe determinarse de conformidad con lo establecido en la Sección 922-12(a)(2).	
(4) Para conductores de diferentes circuitos con tensión eléctrica mayor que 50 kV, la separación adicional se debe incrementar 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1 000 m snm. Todas las separaciones para tensiones superiores a 50 kV, deben determinarse con base en la tensión máxima de operación.	

b) En aisladores de suspensión. Cuando se usen aisladores de suspensión con movimiento libre, la separación entre los conductores debe aumentarse para que, al inclinarse una cadena de aisladores hasta formar un ángulo de 30 grados con la vertical, la separación sea igual o mayor que la obtenida por medio del inciso a) anterior.

TABLA 922-12(a)(2).- Separación horizontal mínima "S" de conductores en sus soportes fijos, de acuerdo con su flecha

Flecha (m)	Separación S en mm									
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Tensión eléctrica (entre fases) V	Ecuación 1 Hasta 33,6 mm ² (2 AWG)					Ecuación 2 Mayor a 33,6 mm ² (2 AWG)				

6 600	450	660	810	96	1 050	410	500	570	630	680
13 800	510	710	860	980	1 090	470	550	620	690	740
23 000	580	780	930	105	1 160	540	620	690	760	810
34 500	660	810	1 020	1 140	1 250	630	710	780	840	900

922-13. Separación vertical entre conductores de línea. La separación vertical entre conductores de línea localizados en diferentes niveles de una misma estructura, debe ser

a) Separación de conductores. Deben aplicarse las separaciones para conductores del mismo o diferente circuito indicadas en la Tabla 922-13(a) a conductores con tensión eléctrica hasta 50 kV.

Excepción 1: Los conductores soportados por bastidores verticales, o por ménsulas separadas colocadas verticalmente, deben tener los espaciamentos indicados en 922-17.

Excepción 2: Este requisito no se aplica a conductores forrados del mismo circuito, de conformidad con lo indicado en 922-4(c).

b) Separaciones adicionales. Las separaciones que se indican en la Tabla 922-13(a), deben incrementarse para conductores en la misma estructura o tensiones mayores a 50 kV. Los incrementos deben ser acumulables cuando sea aplicable más de una de las siguientes condiciones.

1) Tensiones eléctricas mayores de 50 kV entre conductores

Para tensiones eléctricas entre 50 kV y 814 kV, la separación entre conductores debe incrementarse 10 mm por cada kV en exceso de 50 kV.

2) Conductores con diferentes flechas en la misma estructura Los conductores soportados a diferentes niveles en la misma estructura y tendidos con distintas flechas deben tener una separación vertical en sus soportes, para que la separación mínima entre los conductores, en cualquier punto del claro, sea como mínimo la siguiente, (considerando que el conductor superior y el inferior tienen su flecha final sin carga, a temperaturas de 50°C el primero y de 16°C el segundo):

a. Para tensiones eléctricas menores a 50 kV entre conductores, se puede aplicar 75% de la separación entre soportes indicada en la Tabla 922-13(a).

b. Para tensiones eléctricas mayores a 50 kV entre conductores, el valor especificado en (a) anterior, debe incrementarse de acuerdo con lo indicado en la Sección 922-13(b)(1) de esta Sección.

Cuando sea necesario, las flechas deben ser reajustadas para cumplir con lo anterior, previendo que no se exceda lo establecido en 922-93 para la tensión mecánica de los conductores.

TABLA 922-13(a).- Separación vertical mínima entre conductores, en sus soportes (m)

Conductores en niveles inferiores		Líneas abiertas con tensión eléctrica entre conductores:				
		Hasta 750 V (1)	Más de 750 V hasta 8,7 kV	Más de 8,7 kV hasta 15 kV	Más de 15 kV hasta 50 kV	
De Comunicación	En general	1,00	1,00	1,50	1,50	
	Utilizados para operación de líneas eléctricas	0,40	0,40	1,00	1,00	
Eléctricos con tensión eléctrica entre conductores (V):	Hasta 750 (1)	0,40	0,40	1,00	1,00	
	Más de 750 V hasta 8,7 kV	--	0,40	1,00	1,00	
	Más de 8,7 kV hasta 15 Kv	Si se trabaja con línea viva	--	0,40	1,00	1,00
		Si no se trabaja con línea viva	--	--	0,40	1,00
	Más de 15 kV hasta 50 kV	--	--	--	1,00	

(1) Los valores de esta columna (o renglón) se aplican también a cables aislados, así como a conductores neutros conectados efectivamente a tierra, en circuitos hasta de 22 kV a tierra.

922-14. Separación entre conductores de línea en diferentes niveles de la misma estructura. Ningún otro conductor debe estar dentro del área marcada con línea punteada en la Figura 922-14, en la cual V y H deben determinarse con base en las separaciones mínimas vertical y horizontal establecidas en esta Sección.

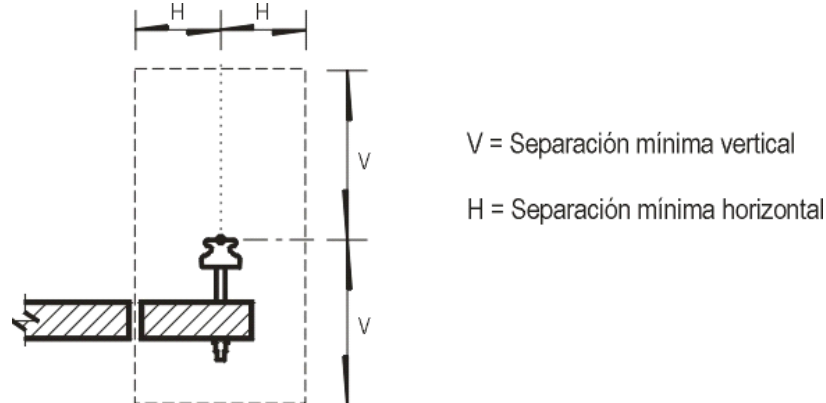


FIGURA.- 922-14

922-15. Separación en cualquier dirección de conductores a soportes, estructura, otros conductores verticales o derivados, mensajeros y retenidas sujetos a la misma estructura.

a) **En soportes fijos.** La separación no debe ser menor que la indicada en la Tabla 922-15(a).

b) **En aisladores de suspensión.** Cuando se usen aisladores de suspensión que puedan oscilar libremente, la separación mínima debe incrementarse, para que cuando la cadena de aisladores forme un ángulo de 30° con la vertical, la separación no sea igual o mayor que la indicada en (a) anterior.

TABLA 922-15(a).- Separación mínima en cualquier dirección (mm)

Separación de los conductores de línea entre:	En estructuras que soporten líneas de:		Líneas de suministro (Tensión eléctrica entre fases)		
	Solo de comunicación	Comunicación y eléctricas	De 0 hasta 8,7 kV	Mayor que 8,7 kV hasta 50 kV	Mayor que 50 kV hasta 814 kV (4)
Conductores verticales o derivados:					
Del mismo circuito	75	75	75	75 más 6,5 mm por cada kV en exceso de 8,7 kV	Valor no especificado
De diferente circuito	75	75	150	150 más 10 mm por cada kV en exceso de 8,7 kV	580 más 10 mm por cada kV en exceso de 50 kV
Retenidas y mensajeros sujetos a la misma estructura:					
Paralelos a la línea	75	150	300	300 mm más 10 mm por cada kV en exceso de 8,7 kV	740 mm más 10 mm por cada kV en exceso de 50 kV
Retenidas de ancla	75	150 ⁽¹⁾	150	150 mm más 6,4 mm por cada kV en exceso de 8,7 kV	410 mm más 6,4 mm por cada kV en exceso de 50 kV
Otros	75	150 ⁽¹⁾	150	150 mm más 10 mm por cada kV en exceso de 8,7 kV	580 mm más 10 mm por cada kV en exceso de 50 kV
Superficie de crucetas	75 ⁽²⁾	75 ⁽²⁾	75 ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	75 mm más 5,0 mm por cada kV en exceso de 8,7 kV (6) (7) (8)	280 mm más 5,0 mm por cada kV en exceso de 50 kV
Superficie de estructuras:					
Que soporten líneas de comunicación y eléctricas	--	125 ⁽²⁾	125 ⁽³⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾	125 mm más 5,0 mm por cada kV en exceso de 8,7 kV	330 mm más 5,0 mm por cada kV en exceso de 50 kV

				(6)(7)	
Otras	75 ⁽²⁾	--	75 ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	75 mm más 5,0 mm por cada kV en exceso de 8,7 kV ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	280 mm más 5,0 mm por cada kV en exceso de 50 kV
<p>Notas:</p> <p>(1) En estructuras que soporten líneas de comunicación y eléctricas, en las que sus retenidas pasen a 300 mm o menos de los conductores eléctricos y de comunicación a la vez, dichas retenidas deben ser protegidas con una cubierta aislante adecuada en el tramo cercano al conductor eléctrico. Esto no es necesario si la retenida está efectivamente puesta a tierra, o tiene un aislador tipo retenida, localizado a un nivel inferior del conductor eléctrico más bajo y arriba del conductor de comunicación más alto.</p> <p>(2) Los conductores de comunicación pueden sujetarse en soportes colocados en la base o a los lados de las crucetas, o en la superficie de postes.</p> <p>(3) Esta separación solamente se aplica a conductores eléctricos colocados en la misma estructura debajo de conductores de comunicación. Cuando los conductores eléctricos estén arriba de los de comunicación, esta distancia puede reducirse a 75 mm, excepto para conductores eléctricos de 0 a 750 V, cuya separación puede ser reducida a 25 mm.</p> <p>(4) Para conductores de circuitos con tensión eléctrica mayor que 50 kV, la separación adicional se debe incrementar 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1 000 m s.n.m. Todas las separaciones para tensión eléctrica superior a 50 kV, deben determinarse con base en la tensión eléctrica máxima de operación.</p> <p>(5) Para circuitos de 750 V o menos, esta separación puede reducirse a 75 mm.</p> <p>(6) Un conductor neutro que esté puesto a tierra efectivamente a lo largo de la línea y asociado con circuitos de hasta 22 kV a tierra, puede sujetarse directamente a la estructura.</p> <p>(7) Para líneas eléctricas abiertas de 750 V o menos y cables eléctricos de cualquier tensión eléctrica, de los tipos descritos en la Sección 922-4 (b), esta separación puede reducirse a 25 mm.</p> <p>(8) En circuitos con conductor neutro efectivamente puesto a tierra, que cumpla con lo indicado en la Sección 922-4 (d), puede utilizarse la tensión eléctrica de fase a neutro para determinar la separación entre los conductores de fase y la superficie de las crucetas.</p>					

922-16. Separación entre circuitos de diferente tensión eléctrica colocados en la misma cruceta.

Los circuitos eléctricos con tensión eléctrica hasta de 50 kV entre conductores, pueden colocarse en la misma cruceta, con circuitos de tensión eléctrica inmediata superior o inferior, siempre que se cumpla con una o más de las condiciones siguientes:

- a) Que los circuitos ocupen lados opuestos de la estructura.
- b) En líneas construidas con crucetas voladas o soportadas en sus dos extremos, los circuitos deben estar separados por una distancia mínima requerida por el espacio para subir, estipulado en 922-19, para el circuito de tensión eléctrica mayor.
- c) Los conductores de tensión eléctrica menor deben ocupar las posiciones más próximas a la estructura, y los de tensión eléctrica mayor las posiciones más distantes.
- d) Uno de los dos circuitos de comunicación para la operación de líneas eléctricas y el otro un circuito eléctrico de menos de 8,7 kV, siempre que los dos se instalen de acuerdo con los incisos (a) o (b) anteriores y pertenezcan a la misma empresa.

922-17. Espaciamiento entre conductores soportados en bastidores verticales. Los conductores pueden instalarse a una separación vertical menor que la indicada en 922-13, cuando estén colocados en bastidores verticales o en ménsulas separadas colocadas verticalmente, que estén firmemente sujetos a un lado de la estructura y se cumpla con las siguientes condiciones:

- a) La tensión eléctrica máxima entre conductores no debe ser mayor que 750 V, excepto cuando se trate de cables aislados de los tipos descritos en 922-4(b)(1) y (2), los cuales pueden ser de cualquier tensión eléctrica.
- b) Todos los conductores deben ser del mismo material.
- c) La separación vertical entre conductores no debe ser menor que la siguiente:

Longitud del claro (m)	Separación (cm)
Hasta 45	10
Más de 45 a 60	15
Más de 60 a 75	20
Más de 75 a 90	30

Excepción: Si los conductores tienen separadores intermedios adecuados, el espaciamiento vertical puede ser como mínimo de 10 cm en cualquier caso.

922-18. Separación de conductores fijados a edificios o puentes. Los conductores eléctricos desnudos que estén sujetos en forma permanente a edificios deben ser de tensión eléctrica máxima a 300 V a tierra, a menos que estén debidamente protegidos, aislados o sean inaccesibles. La separación de los conductores a la superficie del edificio no debe ser menor que la indicada en la Tabla 922-15(a), para separaciones de conductores a sus soportes.

922-19. Espacio para subir. Estos requisitos se aplican únicamente a las partes de las estructuras utilizadas por los trabajadores para subir.

a) Localización y dimensiones

1) Debe dejarse un espacio para subir a la estructura con las dimensiones horizontales especificadas en el inciso e) de esta Sección.

2) El espacio para subir se requiere solamente en un lado o esquina del soporte.

3) El espacio para subir debe considerarse verticalmente arriba y abajo de cada nivel de conductores, como se indica en los incisos (e) y (f) de esta Sección.

b) Partes de la estructura en el espacio para subir. Cuando las partes de la estructura estén en un lado o esquina del espacio para subir, no se considera que obstruyen dicho espacio.

c) Localización de las crucetas respecto al espacio para subir. Se recomienda que las crucetas se localicen en el mismo lado del poste. Esta recomendación no es aplicable cuando se utilicen crucetas dobles o cuando las crucetas no sean paralelas.

d) Localización de equipo eléctrico respecto del espacio para subir. Cuando los equipos eléctricos se localicen abajo de los conductores deben instalarse fuera del espacio para subir.

e) Espacio para subir entre conductores. El espacio para subir entre conductores debe tener las dimensiones horizontales indicadas en la Tabla 922-19(e). Estas dimensiones tienen el propósito de dejar un espacio para subir de 60 cm libre de obstáculos, para tensiones mayores a 3 kV los conductores desnudos o forrados deben protegerse temporalmente con cubiertas aislantes adecuadas a la tensión eléctrica existente. El espacio para subir debe dejarse longitudinal y transversalmente a la línea, y extenderse verticalmente a un mínimo de 1,0 m arriba y abajo de los conductores que limiten el espacio mencionado.

Quando existan conductores de comunicación arriba de conductores eléctricos de más de 8,7 kV a tierra o 15 kV entre fases, el espacio para subir debe extenderse verticalmente cuando menos 1,5 m arriba del conductor eléctrico más alto.

Excepción 1: Este requisito no se aplica en caso de que se tenga establecida la práctica de que los trabajadores no suban más allá de los conductores y del equipo, a menos que estén desenergizados.

Excepción 2: Este requisito no se aplica si el espacio para subir puede ser obtenido con el desplazamiento temporal de los conductores, utilizando equipo para trabajar con línea energizada.

f) Espacio para subir frente a tramos longitudinales de línea no soportados por crucetas. El ancho total del espacio para subir debe dejarse frente a los tramos longitudinales y extenderse verticalmente 1,0 m arriba y abajo del tramo (o 1,5 m conforme a lo indicado en el inciso (e) de esta Sección). El ancho del espacio para subir debe medirse a partir del tramo longitudinal de que se trate. Debe considerarse que los tramos longitudinales sobre bastidores, o los cables soportados en mensajeros, no obstruyan el espacio para subir, siempre que, como práctica invariable, todos sus conductores sean protegidos con cubiertas aislantes adecuadas o en alguna otra forma, antes de que los trabajadores asciendan.

Excepción: Si se instala un tramo longitudinal en el lado o esquina de la estructura donde se encuentre el espacio para subir, el ancho de este espacio debe medirse horizontalmente del centro de la estructura hacia los conductores eléctricos más próximos sobre la cruceta, siempre que se cumplan las dos condiciones siguientes:

1) Que el tramo longitudinal corresponda a una línea eléctrica abierta con conductores de 750 V o menos, o bien con cables aislados de los tipos descritos en 922-4(b), de cualquier tensión eléctrica, los cuales estén sujetos cerca de la estructura por ménsulas, bastidores, espigas, abrazaderas u otros aditamentos similares.

2) Que los conductores eléctricos más próximos soportados en la cruceta, sean paralelos al tramo de línea eléctrica, se localicen del mismo lado de la estructura que dicho tramo y estén a una distancia no mayor que 1,2 m arriba o abajo del tramo de línea.

g) Espacio para subir frente a conductores verticales. Los tramos verticales protegidos con tubo (conduit) u otras cubiertas protectoras similares, que estén sujetos firmemente a la estructura sin separadores, no se considera que obstruyen el espacio para subir.

TABLA 922-19(e).- Separación horizontal mínima entre conductores que limitan el espacio para subir⁽¹⁾

Conductores que limitan el espacio para subir		Separación horizontal en cm ⁽⁴⁾ en estructuras que soporten conductores:			
Tipo	Tensión eléctrica ⁽¹⁾	Comunicación	Eléctricos	Eléctricos arriba de conductores de comunicación	Comunicación arriba de conductores eléctricos ⁽²⁾
Comunicación	Hasta 150V	Sin requisitos	--	⁽³⁾	Ningún requisito
	Más de 150V	60 recomendado	--	⁽³⁾	60 recomendado
Eléctricos aislados	Todas tensiones	--	--	⁽³⁾	Ningún requisito
Eléctricos aislados con mensajero desnudo	Todas tensiones	--	60	60	75
Eléctricos en línea abierta o conductores forrados	Hasta 750 V	--	60	60	75
	Más de 750V hasta 15 kV	--	75	75	75
	Más de 15 kV hasta 28 kV	--	90	90	90
	Más de 28 kV hasta 38 kV	--	100	100	--
	Más de 38 kV hasta 50 kV	--	117	117	--
	Más de 50 kV hasta 73 kV	--	140	140	--
	Más de 73 kV	--	--	Más de ⁽⁵⁾ 140	--

Notas:

(1) Todas las tensiones eléctricas son entre los dos conductores que limitan el espacio para subir, excepto para conductores de comunicación, en los que la tensión eléctrica es a tierra. Cuando los conductores son de diferente circuito, la tensión eléctrica entre ellos debe ser la suma aritmética de las tensiones de cada conductor de puesta a tierra, para un circuito conectado a tierra, o de fase a fase si se trata de un circuito no conectado a tierra.

(2) Esta posición relativa de líneas no es recomendable y debe evitarse.

(3) El espacio para subir debe ser el mismo que el requerido para los conductores eléctricos colocados inmediatamente arriba, con un máximo de 75 cm.

(4) Para la utilización de estas separaciones, los trabajadores deben tener presentes las normas de operación y seguridad para líneas de que se trate.

(5) Para tensiones mayores agregar 1 cm por kV en exceso de 73 kV.

922-20. Espacio para trabajar

a) Localización. Deben dejarse espacios para trabajar localizados a ambos lados del espacio para subir.

b) Dimensiones

1) A lo largo de la cruceta. El espacio para trabajar debe extenderse desde el espacio para subir hasta el más alejado de los conductores en la cruceta.

2) Perpendicular a la cruceta. El espacio para trabajar debe tener la misma dimensión que el espacio para subir (véase 922-19(e)). Esta dimensión debe medirse horizontalmente desde la cara de la cruceta.

3) Verticalmente. El espacio para trabajar debe tener una altura mínima indicada en la Sección 922-13, para la separación vertical de conductores soportados en diferentes niveles en la misma estructura.

c) Localización de conductores verticales y derivados respecto del espacio para trabajar. Los espacios para trabajar no deben obstruirse. Los conductores verticales o derivados deben colocarse al lado opuesto del espacio destinado para subir en la estructura; en caso de no ser posible, pueden colocarse en el mismo lado para subir, siempre que queden separados de la estructura por una distancia mínima equivalente al ancho del espacio para subir requerido para los conductores de mayor tensión eléctrica. Los conductores verticales canalizados o protegidos con cubiertas protectoras para usos eléctricos, pueden quedar colocados sobre el lado para subir de la estructura.

d) Localización de crucetas transversales respecto de los espacios para trabajar. Las crucetas transversales (Figura 922-20(d)) pueden usarse siempre que se mantenga el espacio para subir, definido en 922-19. Conservando los valores de la Tabla 922-13(a), ya sea incrementando el espacio entre las crucetas de línea o en su caso utilizando estructuras más altas.

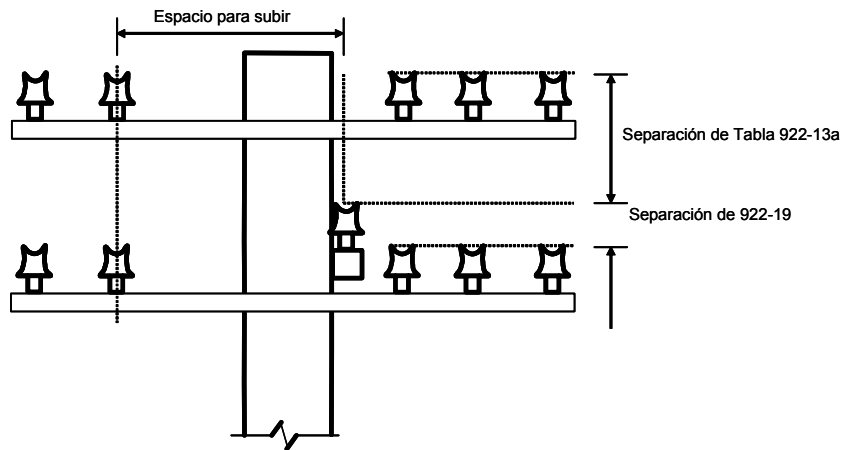


FIGURA 922-20(d).- Localización de crucetas y espacios para trabajar

1) Altura normal del espacio para trabajar. Debe dejarse el espacio lateral para trabajar de la altura indicada en la Tabla 922-13(a), entre los conductores derivados sujetos a la cruceta transversal y los conductores de línea. Esto puede realizarse incrementando el espacio entre las crucetas de línea.

2) Altura reducida del espacio para trabajar. Cuando de ninguno de los circuitos involucrados exceda la tensión eléctrica de 8,7 kV a tierra o de 15 kV entre fases y se mantengan las separaciones indicadas en 922-12(a)(1) y (2), los conductores soportados en la cruceta transversal pueden colocarse entre las líneas adyacentes que tengan un espaciamiento vertical normal, aun cuando dicha cruceta obstruya el espacio normal para trabajar, siempre que se mantenga un espacio para trabajar no menor que 45 cm de altura entre los conductores de línea y los conductores derivados. Esta altura debe quedar arriba o abajo de los conductores de línea, según sea el caso.

El anterior espacio para trabajar puede ser aún reducido a 30 cm, siempre que se cumplan las dos siguientes condiciones:

- Que no existan más de dos grupos de crucetas de línea y de crucetas transversales.
- Que la seguridad en las condiciones de trabajo sea restituida mediante la utilización de equipo de protección de hule y otros dispositivos adecuados para aislar y cubrir los conductores de línea y el equipo en donde no se esté trabajando.

922-21. Separación vertical entre conductores suministradores y equipo de comunicaciones o entre equipo suministrador y conductores o equipos de comunicaciones.

a) La separación se refiere a las partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica del equipo, soportes metálicos para cables aislados o conductores, así como brazos metálicos de soporte que estén sujetos a soportes metálicos o bien colocados a menos de 2,5 cm de tanques y bastidores de transformadores y mensajeros sin conexión efectiva a tierra.

b) Las separaciones, deben ser las indicadas en la Tabla 922-21.

TABLA 922-21.- Separación vertical entre conductores suministradores y equipo de comunicaciones o entre equipo suministrador y conductores o equipo de comunicaciones

Tensión eléctrica de suministro kV ⁽¹⁾	Separación vertical (m)
Conductores puestos a tierra, mensajeros y soportes	0,75
Hasta 8,7	1,00
Más de 8,7	1,0 + 0,01 por kV en exceso de 8,7 kV

Nota:
(1) Las tensiones eléctricas son entre fases para circuitos no conectados efectivamente a tierra y de fase a tierra para circuitos efectivamente conectados a tierra y para otros

circuitos donde las fallas a tierra sean aisladas con interruptor automático.

922-22. Separación de conductores verticales y derivados a otros conductores y superficies en la misma estructura. Las separaciones entre conductores verticales y derivados a otros conductores o superficies en la misma estructura deben ser las que se indican en esta Sección.

1) Se permite colocar circuitos suministradores de la misma tensión eléctrica o de la inmediata superior en un mismo ducto, si los conductores son aislados.

2) Se permite colocar pares de conductores de comunicación sujetos directamente a estructuras o a mensajeros.

3) Se permite colocar directamente en la estructura conductores de conexión de puesta a tierra, conductores neutros, conductores aislados o canalizaciones eléctricas.

4) Los circuitos suministradores aislados de 600 V y que no excedan de 5 000 W pueden colocarse en el mismo circuito del cable de control con el cual están asociados.

a) Conductores eléctricos verticales y derivados

1) **Separaciones en general.** Las separaciones no deben ser menores que las especificadas en la Tabla 922-22(a) o en 922-15.

TABLA 922-22(a).- Separación de conductores eléctricos verticales y derivados con respecto a superficies, mensajeros y retenidas en la misma estructura, (cm) ⁽¹⁾

Separación de conductores verticales y derivados a:	Hasta 8,7 kV	Mayor que 8,7 kV hasta 50 kV	Mayor que 50 kV (5)
Superficies de soportes	7,5 cm (2)(3)	7,5 cm más 0,5 cm por cada kV en exceso de 8,7 kV	27,5 cm más 0,51cm por cada kV en exceso de 50 kV
Mensajeros y retenidas	15 cm	15 cm más 1 cm por cada kV en exceso de 8,7 kV(4)	58,5 cm más 1 cm por cada kV en exceso de 50 kV(4)

Notas:
 (1) Las tensiones eléctricas son entre fases.
 (2) Véase la Excepción 3 de la Sección 922-22.
 (3) Para circuitos eléctricos de hasta 750 V esta separación puede reducirse a 2,5 cm.
 (4) El factor puede reducirse a 0,65 cm por kV para retenidas de ancla.
 (5) La separación adicional para tensiones eléctricas mayores a 50 kV se debe incrementar un 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1 000 m s.n.m.

2) **Casos especiales.** Se refieren solamente a los tramos de estructuras por donde suban trabajadores, cuando los conductores estén energizados.

1. **Cables aislados y conductores de conexión de puesta a tierra.** Los conductores verticales aislados y los conductores de conexión de puesta a tierra, pueden instalarse, sin protección aislante adicional, siempre y cuando el espacio para subir y los conductores de línea estén en el lado opuesto de la estructura.

2. **Conductores para conectar lámparas de alumbrado público.** Cuando se conecten luminarios de alumbrado público directamente a líneas eléctricas, en postes que se usen exclusivamente para estas líneas, puede hacerse dicha conexión bajando conductores en línea abierta, desde la cruceta del poste al extremo del luminario, siempre que estos conductores queden firmemente sujetos en ambos extremos y que guarden las distancias mínimas indicadas en la Tabla 922-22(a).

3. **Conductores de menos de 300 V.** Los conductores eléctricos verticales o derivados de menos de 300 V a tierra, pueden llevarse en cables múltiples sujetos directamente a la superficie de la estructura o de la cruceta, y no debe sufrir abrasión en los puntos de sujeción.

Cada conductor de estos cables que no esté puesto a tierra efectivamente, o todo el cable en conjunto, debe tener una cubierta aislante para 600 V.

b) Conductores de comunicación verticales y derivados

1) La separación de conductores desnudos verticales y derivados, con respecto a otros conductores de comunicación, retenidas, cables de suspensión o mensajeros, debe ser cuando menos de 7,5 cm.

2) Los conductores de comunicación aislados verticales y derivados pueden fijarse directamente a la estructura. Su separación vertical a cualquier conductor eléctrico (siempre que no se trate de conductores verticales o de conexiones a luminarios) debe ser cuando menos de 1,0 m para tensión eléctrica hasta de 8,7 kV entre fases, y de 1,5 m para tensiones mayores.

C. Separación entre conductores soportados en diferentes estructuras

922-30. Disposiciones generales. Los cruces del mismo circuito deben interconectarse formando circuitos derivados radiales. Los cruzamientos de conductores deben hacerse sujetándose en la misma estructura; de no ser posible debe mantenerse la separación de acuerdo con los requisitos de esta Parte C.

922-31 Consideraciones. Las separaciones horizontal y vertical se aplican bajo las siguientes condiciones:

a) Las separaciones deben determinarse en el punto de mayor acercamiento entre los dos conductores.

b) Ambos conductores deben analizarse desde su posición de reposo hasta un desplazamiento ocasionado por una presión de viento de 29 kg/m², con flecha inicial y final a 16°C sin viento y con flecha inicial y final a 50°C sin viento. La presión de viento puede reducirse a 20 kg/m² en áreas protegidas por edificios u otros obstáculos. Cuando se usen aisladores de suspensión con movimiento libre el desplazamiento de los conductores debe incluir la inclinación de la cadena de aisladores.

Con objeto de poder determinar la posición relativa que resulte con la menor separación deben calcularse las separaciones entre conductores en sus diferentes posiciones, desde el reposo hasta su máximo desplazamiento.

c) La dirección supuesta del viento debe ser aquella que produzca la separación más crítica.

d) No se requiere incrementar la flecha cuando la temperatura del conductor no exceda de 50°C y los claros sean iguales o menores que los claros siguientes.

- Hasta de 75 m para la Zona I

- Hasta de 100 m para todas las otras zonas.

e) Cuando la temperatura máxima de los conductores sea de 50°C o menor y el claro sea mayor que el claro básico, la flecha a la mitad del claro debe ser incrementada como sigue:

1) Cuando el cruzamiento ocurra a la mitad del claro del conductor superior, su flecha debe incrementarse en 1,0 cm (o 1,5 cm en la Zona I), por cada metro en exceso del claro básico. Este incremento no requiere ser mayor que el resultado de la diferencia aritmética entre las flechas finales, calculadas para el claro en reposo y temperaturas en el conductor de 15°C y 50°C.

2) Para claros a nivel, cuando el cruzamiento no se localice a la mitad del claro del conductor superior, el incremento anterior puede reducirse multiplicando por los factores de la Tabla 922-31(e)(2).

TABLA 922-31(e)(2).- Distancia del punto de cruce a la estructura más cercana

Por ciento de la longitud del claro de cruce	Factor
5	0,19
10	0,36
15	0,51
20	0,64
25	0,75
30	0,84
35	0,91
40	0,96
45	0,99
50	1,00
NOTA: Interpolar para valores intermedios	

922-32. Separación horizontal. La separación horizontal en cruzamientos o entre conductores adyacentes soportados en diferentes estructuras, debe ser cuando menos de 1,50 m para tensiones eléctricas hasta 50 kV entre conductores. Para tensiones eléctricas mayores, debe incrementarse esta separación en 1,0 cm por cada kV en exceso de 50. La tensión eléctrica entre conductores de diferentes fases de distintos circuitos debe tomarse como la diferencia vectorial de la tensión eléctrica de ambos circuitos. Para conductores de la misma fase pero de diferentes circuitos, el conductor con menor tensión eléctrica debe considerarse como puesto a tierra.

922-33. Separación vertical. La separación vertical entre conductores que se crucen o adyacentes, soportados en diferentes estructuras, debe ser cuando menos la indicada en la Tabla 922-33.

Para líneas en el nivel superior e inferior con tensiones de 22 kV hasta 470 kV, la separación total es igual al producto de la suma de 1,2 m (distancia para 22 kV de Tabla 922-33) más 1,0 cm/kV por la suma de las diferencias de la tensión de cada línea en exceso de 22 kV.

Tabla 922-33.- Separación vertical entre conductores soportados en diferentes estructuras (m)⁽¹⁾

		Conductores		Conductores suministradores				
		Neutro, guarda y retenidas ⁽²⁾	Comunicaciones y mensajeros	Aislados		Línea abierta		
				0 a 750 V	Más de 750 V	0 a 750 V ⁽³⁾	Más de 750V a 22kV	
Conductores	Neutro, guarda y retenidas ⁽²⁾	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,2	
	Comunicaciones y mensajeros	0,6	0,6	0,6	1,2	1,2	1,8	
Conductores suministradores	Aislados	0 a 750 V	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
		Más de 750 V ⁽³⁾	0,6	1,2	0,6	1,2	0,6	1,2
	Línea abierta	0 a 750 V	0,6	1,2	0,6	0,6	0,6	1,2
		Más de 750 V a 22kV	1,2	1,8	0,6	1,2	1,2	1,2
		Trolebuses, trenes, sus retenidas y mensajeros ⁽³⁾	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,8

Notas:
 (1) as tensiones eléctricas son entre fases para circuitos no conectados efectivamente a tierra y de fase a tierra para circuitos efectivamente conectados a tierra y para otros circuitos donde las fallas a tierra sean aisladas con interruptor automático.
 (2) Los conductores neutros a que se refiere esta columna (o renglón) son los descritos en la sección 922-4(d)
 (3) Los conductores suministradores de trolebuses y trenes de más de 750 V, deben tener una separación mínima de 1,8 m.

D. Altura de conductores y partes vivas de equipo, sobre el suelo, agua y vías férreas

922-40. Aplicación. Estos requisitos se refieren a la altura mínima que deben guardar los conductores desnudos y cables aislados de líneas aéreas, con respecto al suelo, al agua y a la parte superior de rieles, así como a la altura mínima de partes vivas de equipo sobre el suelo.

922-41 Alturas básicas para conductores. Las alturas básicas deben ser como mínimo las indicadas en la Tabla 922-41, y se aplican bajo las siguientes condiciones:

- a) Temperatura en los conductores de 50°C.
- b) Flecha final, en reposo.

922-42 Alturas adicionales para conductores. Las alturas que se indican en la Tabla 922-41 no deben incrementarse cuando los claros sean iguales o menores que los indicados en la Sección 922-31(d) y la temperatura del conductor no exceda de 50°C.

a) **Tensión eléctrica mayor que 50 kV a tierra.** Para tensiones eléctricas entre 50 y 470 kV, la altura básica de conductores debe incrementarse 1,0 cm por cada kV en exceso de 50.

Excepción: En cruzamientos sobre vías de ferrocarril en la Zona I, debe aplicarse a la altura un incremento de 1,5 cm por cada metro del claro en exceso de 75 m.

Los incrementos anteriores no requieren ser mayores que el resultado de la diferencia aritmética entre las flechas finales calculadas para el claro, en reposo y temperaturas en el conductor de 50°C y 15°C,

922-43. Altura de partes vivas de equipo instalado en estructuras

a) **Altura básica mínima.** La altura mínima sobre el suelo, de partes vivas no protegidas de equipo, se indica en la Tabla 922-43.

b) **Altura adicional.** Para tensiones eléctricas mayores a 22 kV, la altura básica anterior debe incrementarse 1,0 cm por cada kV en exceso de 22.

TABLA 922-41.- Altura mínima de conductores sobre el suelo, agua o vías férreas (m)⁽¹⁾

Superficie bajo los conductores	Cables para retenidas, mensajeros, guarda o neutros ⁽²⁾	Conductores para comunicación		Conductores suministradores					
				Aislados		Línea abierta		Trolebuses, trenes eléctricos y sus mensajeros	
				Aislados	Desnudo	Hasta 750 V	Mayor que 750 V	Hasta 750 V	Mayor que 750 V a 22 kV
Vías férreas (excepto trenes eléctricos)	7,2	7,2	7,3	7,3	7,5	7,5	8,1	6,7	6,7
Con tránsito de vehículos ⁽⁷⁾ (8) o maquinaria agrícola	4,7	4,7	4,9	4,9	5,0	5,0	5,6	5,5	6,1
Sin tránsito de vehículos	2,9	2,9	3,6	3,6 ⁽⁶⁾	3,8	3,8	4,4	4,9	5,5
Aguas sin navegación	4,0	4,0	4,4	4,4	4,6	4,6	5,2	--	--
Aguas navegables ⁽⁹⁾	Incluyendo ⁽¹⁰⁾ ríos, lagos, presas y canales con un área sin obstrucción. Donde exista navegación con botes de vela aumentar 1,5 m								
a. Hasta 8 ha	5,3	5,3	5,5	5,5	5,6	5,6	6,2	--	--
b. Mayor a 8 hasta 80 ha	7,8	7,8	7,9	7,9	8,1	8,1	8,7	--	--
c. Mayor a 80 hasta 800 ha	9,6	9,6	32,0	32,0	9,9	9,9	10,5	--	--
d. Más de 800 ha	11,4	11,4	11,6	11,6	11,7	11,7	12,3	--	--
Notas:									
(1) Las tensiones eléctricas son entre fases para circuitos no conectados efectivamente a tierra y de fase a tierra para circuitos efectivamente conectados a tierra y para otros circuitos donde las fallas a tierra sean aisladas con interruptor automático.									
(2) Los conductores neutros a que se refiere esta columna son los descritos en 922-4(d).									
(4) En pasajes subterráneos, túneles o puentes, puede reducirse la altura sobre el piso o vías, indicada en esta columna.									
(6) Esta altura puede reducirse a 3,0 m para los cables aislados con tensión eléctrica hasta de 150 V a tierra, localizados a la entrada de edificios.									
(7) Para conductores de comunicación, aislados o los descritos en la nota 2, cuando crucen o su trayectoria sea a lo largo de callejones, entradas a cocheras o estacionamientos, esta altura puede reducirse a 4,5 m.									
(8) Estas alturas no consideran los posibles cambios de nivel de la superficie de carreteras, calles, callejones, entre otros, debidos a mantenimiento.									
(9) La altura de los conductores sobre el nivel del agua debe basarse en el más alto nivel histórico que haya alcanzado el agua. La altura sobre ríos y canales debe basarse en el área más grande que resulte de considerar una longitud de 1 600 m de río o canal, que incluya al cruce.									
(10) En cruzamientos sobre aguas navegables, se debe tener en cuenta, además, lo establecido en la reglamentación en materia de navegación.									

TABLA 922-43.- Altura sobre el suelo de partes vivas de equipo instalado en estructuras (m)⁽¹⁾

Superficie bajo las partes energizadas	Equipo efectivamente conectado a tierra	Equipos no puestos a tierra conectados a circuitos		Partes vivas rígidas no protegidas	
		Hasta 750 V	Mayor que 750 V a 22 kV	Hasta 750 V	Mayor que 750 V a 22 kV
1. Carreteras, calles, callejones y caminos vecinales, así como terrenos sujetos al paso de vehículos de cualquier tipo	4,6	4,9	5,5	4,9	5,5
2. Espacios no transitados por vehículos	4,45 ⁽²⁾	4,45	4,45	4,45	4,45
Notas:					
(1) Las tensiones eléctricas son entre fases para circuitos no conectados efectivamente a tierra y de fase a tierra para circuitos efectivamente conectados a tierra y para otros circuitos donde las fallas a tierra sean aisladas con interruptor automático.					
(2) Esta altura puede reducirse a 3,0 m para las partes vivas y puntas de cables aislados como los descritos en la Sección 922-4(b)(2) y 922-4(b)(3), de hasta 150 V a tierra, localizadas a la entrada de edificios.					

E. Separación de conductores a edificios, puentes y otras construcciones

922-51. Aplicación. Estos requisitos se refieren a la separación de los conductores desnudos y cables aislados de una línea, con respecto a edificios, puentes, estructuras de una segunda línea próxima u otras construcciones.

922-52. Consideraciones. Las separaciones básicas horizontal y vertical de edificios, construcciones o anuncios, se aplican bajo las siguientes condiciones:

a) Separación horizontal. Debe aplicarse con el conductor desplazado de su posición en reposo por un viento a una presión de 29 kg/m² con flecha final y a 16°C. Esta presión de viento puede reducirse a 19 kg/m² en áreas protegidas por edificios u otros obstáculos. El desplazamiento del conductor debe incluir la inclinación de la cadena de aisladores de suspensión con movimiento libre.

b) Separación vertical

1) Temperatura en los conductores de 50°C, con flecha final, sin deflexión por viento.

2) Claros básicos como se indica a continuación:

- Hasta de 75 m para la Zona de carga I (véase 922-82).

- Hasta de 100 m para todas las otras zonas.

c) Transición entre separaciones horizontal y vertical. Debe mantenerse la distancia resultante de proyectar como radio la separación vertical sobre la separación horizontal. Ver figura 922-54.

922-53. Separación de conductores a estructuras de otras líneas. Los conductores de una línea que pasen próximos a una estructura de una segunda línea, deben estar separados de cualquier parte de esta estructura por distancias mínimas siguientes:

a) Separación horizontal de 1,50 m para tensiones eléctricas hasta 50 kV a tierra.

b) Separación vertical de 1,40 m para tensiones eléctricas menores a 22 kV, y de 1,70 m para tensiones entre 22 kV y 50 kV a tierra.

Excepción: Cuando la tensión eléctrica no excede de 300 V a tierra y los cables son de los tipos mencionados en 922-4(b), las separaciones vertical y horizontal pueden ser reducidas a un mínimo de 0,6 m y 0,90 m respectivamente medidas a 15°C sin deflexión por viento.

922-54. Separación de conductores a edificios y otras construcciones excepto puentes

a) Cuando los edificios pasen de 3 pisos o 15 m de altura, se recomienda que los conductores dejen un espacio libre de cuando menos 1,8 m entre el conductor más cercano y el edificio, con objeto de facilitar la colocación de escaleras en casos de incendio.

Excepción: Este requisito no se aplica cuando por limitaciones de espacio no es posible ubicar los conductores suministradores en otra disposición.

Por otra parte, las estructuras de la línea deben estar separadas de las tomas de agua contra incendio por una distancia mínima de 1 m.

b) La separación de los conductores a la superficie de los edificios y otras construcciones tales como anuncios, chimeneas, antenas y tanques de agua, debe ser la indicada en la Tabla 922-54.

c) Cuando la separación anterior no pueda lograrse, los conductores eléctricos deben protegerse o aislarse para la tensión eléctrica de operación.

Los cables descritos en 922-4(b)(1), se consideran como protegidos para los efectos de este requisito.

d) Para conductores eléctricos fijados a edificios, véase 922-18.

TABLA 922-54.- Separación de conductores a edificios y otras construcciones excepto puentes (m)⁽¹⁾

Separaciones	Retenidas, mensajeros, cables de guarda y	Conductores de comunicación		Conductores suministradores		Partes vivas rígidas sin protección
		Aislados	Sin aislar	Aislados	Línea abierta	

	neutros ⁽²⁾			De 0 a 750 V	Más de 750 V	De 0 a 750 V	Más de 750 V a 22 kV	De 0 a 750 V	Más de 750 V a 22 kV
En edificios									
Horizontal									
A paredes	1,40	1,40	1,50	1,40	1,70 ⁽³⁾	1,70 ⁽³⁾	2,30 ⁽⁴⁾	1,50	2,00 ⁽⁴⁾
A ventanas	1,40	1,40	1,50	1,40	1,70 ⁽³⁾	1,70 ⁽³⁾	2,30 ⁽⁴⁾	1,50	2,00
A balcones y áreas accesibles a personas ⁽⁶⁾	1,40	1,40	1,50	1,40	1,70	1,70	2,30	1,50	2,00
Vertical									
Arriba o abajo de techos y salientes no accesibles a personas ⁽⁶⁾	0,90	0,90	3,0	0,90	3,2	3,2	3,8	3,0	3,6
Balcones, arriba o abajo de techos y salientes accesibles a personas ⁽⁶⁾	3,2	3,2	3,4	3,2	3,5	3,5	4,1	3,4	4,0
Sobre techos accesibles a automóviles	3,2	3,2	3,4	3,2	3,5	3,5	4,1	3,4	4,0
Sobre techos accesibles a vehículos para carga	4,7	4,7	4,9	4,7	5,0	5,0	5,6	4,9	5,5
Anuncios, chimeneas, antenas y tanques con agua									
Horizontal	0,90	0,90	1,50	0,90	1,70 ⁽³⁾	1,70 ⁽³⁾	2,30 ⁽⁴⁾	1,50	2,00 ⁽⁴⁾
Vertical (arriba o abajo)	0,90	0,90	1,70	0,90	1,80	1,80	2,45	1,70	2,30
Notas:									
(1) Las tensiones son de fase a tierra para circuitos puestos a tierra y entre fases para circuitos no conectados a tierra.									
(2) Los conductores neutros a que se refiere esta columna son los descritos en 922-4(d). Los cables eléctricos aislados son los descritos en la Sección 922-4(b)(1) de cualquier tensión, así como los descritos en la Sección 922-4(b)(2) y 922-4(b)(3), en tensiones de 0 a 750 V.									
(3) Cuando el espacio disponible no permita este valor, la separación puede reducirse a un mínimo de 1,0 m.									
(4) Cuando el espacio disponible no permita este valor, la separación puede reducirse a un mínimo de 1,50 m. En esta condición el claro interpostal máximo debe ser de 50 m.									
(5) Un techo, balcón o área es considerada accesible a personas, si el medio de acceso es a través de una puerta, rampa o escalera permanente.									
(6) Ver figura 922-54									

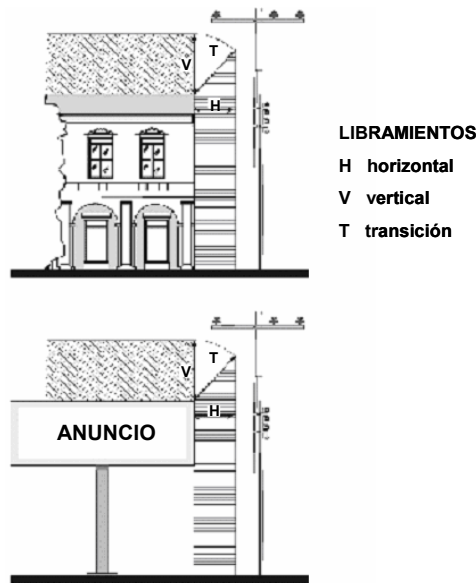


FIGURA 922-54

922-55. Separación de conductores a puentes

a) **Separaciones básicas.** Los conductores eléctricos que pasen abajo, arriba o cerca de un puente, deben tener separaciones vertical y horizontal no menores a las indicadas en la Tabla 922-55.

Excepción: Este requisito no se aplica a retenidas, mensajeros, cables de guarda, neutros como los descritos en 922-4(d) y cables aislados.

b) **Protección de conductores alimentadores de trolebús ubicados abajo de puentes.** Debe colocarse una protección aislante para evitar que en caso de que se zafe el trole del transporte haga contacto simultáneamente con el conductor alimentador y la estructura del puente.

TABLA 922-55.- Separación de conductores suministradores a puentes (m)⁽¹⁾

Separaciones	Conductores de comunicación no aislados	Conductores suministradores				Partes vivas rígidas no protegidas	
		Aislados		Línea abierta		Hasta 750 V	Más de 750 V a 22 kV
		0 a 750 V ⁽²⁾	Más de 750 V	Hasta 750 V ⁽²⁾	Más de 750 V a 22 kV		
Separación sobre puentes⁽³⁾							
Fijos al puente	0,90	0,90	1,07	1,07	1,70	0,90	1,50
No fijos al puente	3,0	3,0	3,2	3,2	3,80	3,0	3,6
Separación lateral, abajo o dentro de la estructura del puente							
a. Partes del puente accesibles, incluyendo salientes y paredes.⁽³⁾							
Fijos al puente	0,90	0,90	1,07	1,07	1,70	0,90	1,50
No fijos al puente	1,50	1,50	1,70	1,70	2,30	1,50	2,00
b. Partes del puente⁽⁴⁾ no accesibles							
Fijos al puente	0,90	0,90	1,07	1,07	1,70	0,90	1,50
No fijos al puente	1,20	1,20	1,40	1,40	2,00	1,20	1,80
Notas:							
(1) Las tensiones eléctricas son entre fases para circuitos no conectados efectivamente a tierra y de fase a tierra para circuitos efectivamente conectados a tierra y para otros circuitos donde las fallas a tierra sean aisladas con interruptor automático.							
(2) Los cables aislados a que se refiere este renglón son los descritos en 922-4(b)(2) y (b)(3), y los conductores neutros son los descritos en (d) de la misma Sección.							
(3) Cuando la línea esté sobre lugares transitados, ya sea encima o cerca del puente, se aplican también los requisitos indicados en 922-40.							
(4) Los apoyos de puentes de acero, hechos sobre pilares de ladrillo, concreto o mampostería, que requieran acceso frecuente para inspección, deben considerarse como partes fácilmente accesibles.							

922-56. Separaciones adicionales. Las separaciones adicionales son las indicadas a continuación:

a) Tensiones eléctricas mayores a 22 kV (a tierra). Para tensiones eléctricas entre 22 kV y 470 kV, las separaciones horizontal y vertical deben incrementarse 1,0 cm por cada kV en exceso de 22 kV.

b) Claros mayores al claro básico. Cuando la temperatura máxima de diseño del conductor sea de 50°C o menor, y el claro sea mayor que 100 m (o 75 m en la Zona de carga I), debe aplicarse a la separación vertical un incremento de 1,0 cm por cada m en exceso de 100 m (o 75 m en la Zona de carga I) del claro. Este incremento no requiere ser mayor que la diferencia aritmética entre las flechas finales calculadas para el claro del conductor sin deflexión por viento a 15°C y 50°C.

Excepción: Las separaciones no requieren incrementarse cuando los claros sean iguales o menores a 100 m (75 m en la zona de carga I) y la temperatura del conductor no exceda de 50°C.

Para claros a nivel, cuando la separación no se localice a la mitad del claro, el incremento anterior puede reducirse multiplicando por los siguientes factores:

Distancia del punto de cruce a la estructura más cercana, en por ciento de la longitud del claro	Factor
5	0,19
10	0,36
15	0,51
20	0,64
25	0,75
30	0,84
35	0,91
40	0,96
45	0,99
50	1,00

Nota:
Interpólese para valores intermedios.

F. Distancia horizontal de estructuras a vías férreas, carreteras y agua

922-61. Aplicación. Estos requisitos se refieren a las distancias mínimas que deben guardar las estructuras de líneas aéreas, incluyendo sus retenidas y anclas, a vías férreas, carreteras y aguas navegables. Las distancias deben considerarse en forma horizontal y se establecen sólo desde el punto de vista de seguridad. Independientemente, deben observarse las disposiciones vigentes en materia de derechos de vía.

922-62. Distancias mínimas a vías férreas y carreteras. Cuando las líneas aéreas estén paralelas o crucen vías férreas o carreteras, las estructuras deben instalarse en el límite del derecho de vía del ferrocarril o carretera de que se trate. En ningún caso la distancia desde cualquier parte de una estructura al riel más cercano, o al límite exterior del acotamiento más próximo, debe ser menor que 3,50 m.

922-63. Distancia horizontal a agua.

a) Aguas navegables Se recomienda que la distancia horizontal de las estructuras al límite más cercano de la zona de navegación de ríos, lagos y canales, sea mayor que la altura de las estructuras.

b) Aguas no navegables. Para ríos y arroyos las estructuras se deben de colocar a 20 m mínimo del límite máximo histórico que alcance el espejo del agua.

G. Derecho de vía

922-71. Aplicación. Estos requisitos aplican al derecho de vía o de paso, que deben tener las líneas aéreas en campo abierto y en zona urbana.

Los derechos de vía están reglamentados por la Ley Federal General de las Vías de Comunicación y las servidumbres de paso por el Código Civil de la Federación y/o de los estados.

El derecho de vía es una faja de terreno que se ubica a lo largo de cada línea aérea, cuyo eje longitudinal coincide con el trazo topográfico de la línea. Su dimensión transversal varía de acuerdo con el tipo de estructuras, con la magnitud y desplazamiento lateral de la flecha y con la tensión eléctrica de operación.

922-72. Distancia mínima horizontal de conductores al límite del derecho de vía. La distancia horizontal mínima del conductor más cercano al límite del derecho de vía de la línea, debe ser determinada de conformidad con lo indicado en 922-52, 922-54 y 922-56.

El ancho mínimo del derecho a vía será igual al doble de la suma de: la distancia del eje longitudinal de la línea al conductor extremo sin deflexión por viento, el desplazamiento lateral del conductor extremo por efecto del viento y la separación horizontal a que se refiere el párrafo anterior.

922-73. Vegetación dentro del derecho de vía de líneas.

Cuando se siembren árboles dentro del derecho de vía, deben ser de especies cuya altura de crecimiento se pueda mantener sin afectación a su aspecto y sin riesgo para el propio árbol y la línea existente.

- a) La poda de árboles debe efectuarse antes de que represente un riesgo para los habitantes y la continuidad del servicio eléctrico. La responsabilidad de efectuar los trabajos de poda en áreas urbanas es de los municipios y en áreas rurales es de los propietarios de los predios. En caso de que se requiera, la empresa eléctrica suministradora puede efectuar la poda necesaria y/o conveniente. En ambos casos se debe cumplir con la normatividad aplicable vigente.
- b) La brecha debe cumplir con la norma NOM-114-ECOL atendiendo los trámites requeridos por las autoridades correspondientes.

922-74. Instalaciones dentro del derecho de vía. Para la protección del público y para la operación confiable de las líneas aéreas de servicio público, dentro del área que ocupa el derecho de vía no deben existir anuncios, obstáculos ni construcciones de ninguna naturaleza.

De lo anterior se exceptúan los obstáculos en zonas urbanas que son necesarios para la prestación de los servicios públicos, como instalaciones eléctricas y de alumbrado, líneas de comunicación y de señalización, cumpliendo con las separaciones y requisitos de esta norma.

H. Cargas mecánicas en líneas aéreas

922-81. Disposiciones generales. Las líneas aéreas deben tener resistencia mecánica para soportar las cargas propias y las debidas a las condiciones meteorológicas a que estén sometidas (ver 922-82), más los factores de sobrecarga establecidos en la Tabla 922-93. Según el lugar en que se ubique cada línea, con los factores de sobrecarga adecuados. En cada caso deben investigarse y aplicarse las condiciones meteorológicas que prevalezcan en el área en que se localice la línea.

En aquellas regiones del país donde las líneas aéreas lleguen a estar sometidas a cargas mecánicas más severas que las aquí indicadas, por mayor espesor de hielo, menor temperatura o mayor velocidad del viento, las instalaciones deben proyectarse tomando en cuenta estas condiciones extras de carga, conservando los factores de seguridad para la sobrecarga correspondientes.

De no realizarse un análisis técnico detallado, que demuestre que pueden aplicarse cargas mecánicas menores, no deben reducirse las indicadas en esta Parte de la norma.

922-82. Zonas de cargas mecánicas. Con el propósito de establecer las cargas mínimas que deben considerarse para el cálculo mecánico de líneas aéreas, el país se ha dividido en seis zonas de carga que se indican en el mapa de la Figura 922-82 y se describen a continuación:

Zona I. Región Norte (Baja California, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y parte de Sonora y Durango).

Zona II. Región Centro Norte (Aguascalientes y parte de Zacatecas, Durango y San Luis Potosí).

Zona III. Región Centro Sur (parte de Oaxaca y Chiapas).

Zona IV. Región Central (Guanajuato, Querétaro, Estado de México, Distrito Federal, Tlaxcala, Morelos y parte de Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Hidalgo, Puebla, Veracruz y Guerrero).

Zona V. Región Costera (Baja California Sur, Sinaloa, Nayarit, Colima, Tamaulipas, Tabasco, Campeche, Yucatán y parte de Quintana Roo, Sonora, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Veracruz).

Zona VI. Región Especial (parte de Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz y Quintana Roo).

Si una línea aérea cruza dos o más zonas de carga, debe soportar las cargas correspondientes a dichas zonas.

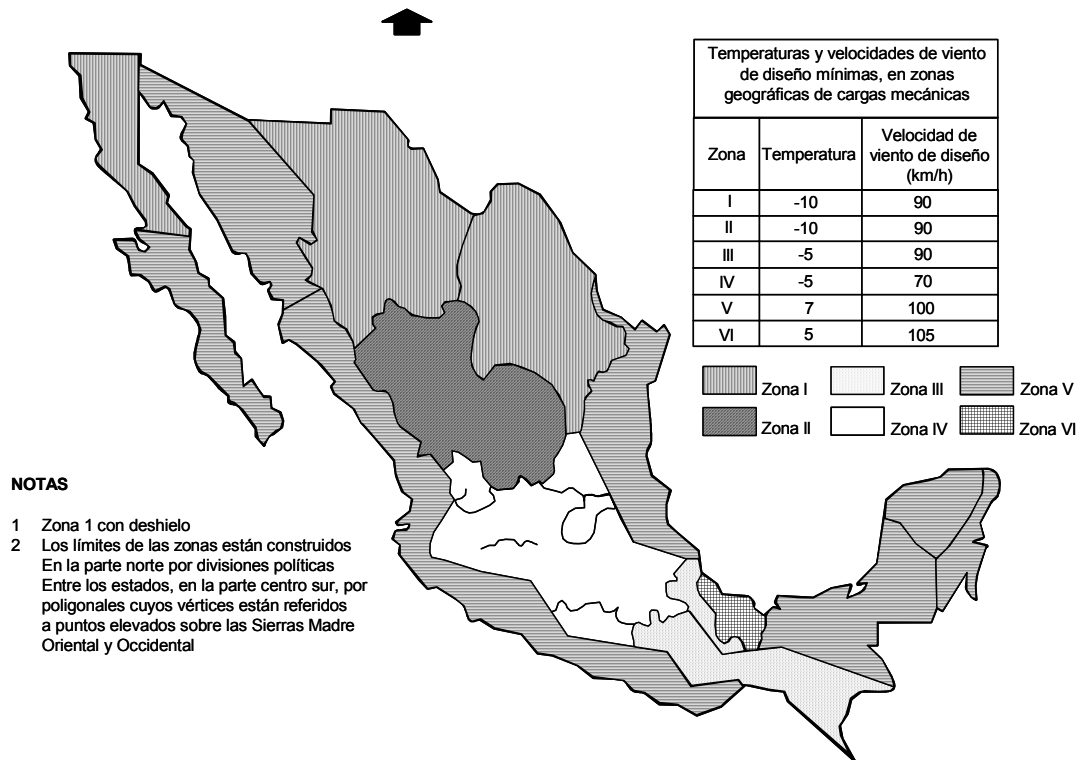


FIGURA 922-82.- Cálculo de cargas mecánicas

922-83. Cálculo de cargas mecánicas. Las líneas aéreas deben cumplir con los valores de la siguiente tabla, que corresponden a condiciones meteorológicas mínimas de diseño para las diferentes zonas de carga mecánica (ver mapa de la Figura 922-82).

TABLA 922-83.- Condiciones meteorológicas para el cálculo de cargas mecánicas

Zona de carga mecánica	Temperatura Mínima (°C)	Velocidad de viento de diseño (km/h)	Espesor de la capa de hielo sobre (mm)	
			Cables	Componentes horizontales
I	-10	90	6	8
II	-10	90	-	-
III	-5	90	-	-
IV	-5	70	-	-
V	7	100	-	-
VI	5	105	-	-

Para altitudes mayores a 2 500 m, debe investigarse respecto a depósitos de hielo en cables y estructuras.

Para cualquiera de las zonas (excepto la Zona I), pueden considerarse los espesores de hielo de la Zona I, con una temperatura de -5°C.

El peso del hielo se considera de 913 kg/m³

922-84. Presión de viento. La presión del viento sobre las líneas aéreas se debe calcular, según la superficie de que se trate, por medio de las siguientes ecuaciones:

a) **Sobre conductores.** Superficies de alambres y cables $P = 0,00482 V^2$

b) **Sobre estructuras.** Se debe considerar que la ráfaga de viento cubre totalmente la estructura, aplicando un factor de 1,3 a la velocidad de diseño. Para estructuras metálicas (torres)), se debe aplicar adicionalmente un factor de arrastre de 1,6 a la presión de viento.

Las ecuaciones aplicables resultan:

Superficies cilíndricas (postes) $P = 0,00815 V^2$

Superficies planas (torres) $P = 0,0130 V^2$

Donde "P" es la presión de viento, en kg/m^2 del área resultante del producto del claro medio horizontal por el diámetro del conductor y "V" es la velocidad de viento de diseño, en km/h .

Al aplicar los valores de la velocidad de viento de diseño de la Tabla 922-83 a las ecuaciones resultan los valores de presión de viento para diseño de la Tabla 922-84.

Los valores de presión de viento de la Tabla 922-84, son válidos para líneas con estructuras de 30 m de altura máxima. Para alturas mayores, multiplicar los valores de presión de viento por el factor indicado en la Tabla 922-84(a).

TABLA 922-84.- Presiones de viento mínimas para diseño de estructura

Zona de Carga Mecánica	Velocidad de viento de diseño km/h	Presión del viento en kg/m^2 , sobre superficies de:		
		Cables	Estructuras	
			Cilíndricas (postes)	De celosía (torres)
I, II y III	90	39	66	105
IV	70	24	40	64
V	100	48	81	130
VI	105	53	90	143

TABLA 922-84(a).- Factor de incremento de presión de viento por altura de estructura

Altura en m	Factor
30 o menos	1,00
50	1,08
75	1,18
100	1,28
150	1,49

Nota: Para valores intermedios de altura puede interpolarse linealmente.

922-85. Cargas en los cables.

La carga total para calcular la tensión mecánica máxima de los cables, es igual que el resultado de la suma del peso del cable más la fuerza producida por el viento actuando horizontalmente y en ángulo recto con la línea, a la temperatura y velocidad de viento indicadas en la Tabla 922-83.

En caso de existir carga de hielo en la zona, debe calcularse para una presión de viento de 20 kg/m^2 sobre conductores con hielo, debiéndose tomar la mayor tensión mecánica que resulte entre este valor y el resultante con la máxima velocidad de viento sin hielo.

922-86. Cargas en las estructuras y en sus soportes. Las cargas que actúan sobre las estructuras de las líneas soportes de los conductores, conductores y en cables de guarda, se calculan como sigue:

a) Carga vertical. La carga vertical sobre cimientos, postes, torres, crucetas, alfileres, aisladores y accesorios de sujeción de los conductores y cables de guarda, se debe considerar como el peso propio de éstos, más el de los conductores, cables de guarda y equipo que soporten (y, en su caso, carga de hielo), teniendo en cuenta además los efectos que pueden resultar por diferencias de nivel entre los soportes de los mismos.

La carga vertical sobre un soporte debida a los conductores o cables de guarda, se calculan multiplicando el claro vertical por el peso unitario del cable correspondiente.

b) Carga transversal de viento. La carga transversal sobre la estructura debida al viento sobre los conductores y cables de guarda se calcula multiplicando el claro medio horizontal por el diámetro del conductor por la presión del viento.

La carga transversal sobre estructuras de celosía (torres) de sección transversal cuadrada o rectangular, debe calcularse en función del área expuesta de una cara, más 50% de la misma área expuesta. El porcentaje anterior puede substituirse por otro basado en cálculos más precisos, o por el que se determine mediante pruebas reales.

La carga transversal sobre postes debe calcularse considerando su área proyectada, perpendicular a la dirección del viento.

La carga transversal sobre estructuras de deflexión es igual al producto de la suma vectorial de las cargas transversales en los conductores y cables de guarda, originada por el cambio de dirección de la línea, más la carga debida a la acción del viento actuando perpendicularmente sobre todos los cables y sobre la estructura.

Para el cálculo más exacto de la carga debida a la acción del viento en estructuras de deflexión, debe considerarse la superficie proyectada de los cables perpendicular a la dirección del viento.

c) Carga longitudinal.

Para líneas aéreas hasta de 34,5 kV, no es necesario considerar carga longitudinal en los soportes entre tramos rectos de línea, excepto en el caso de estructuras de remate.

d) Carga longitudinal por ruptura de cables. Para líneas de tensiones eléctricas hasta de a 34,5 kV, no es necesario considerar la ruptura de conductores. En líneas con tensiones eléctricas mayores a 34,5 kV, deben considerarse las hipótesis siguientes:

1) Estructuras hasta con seis conductores y con uno o dos cables de guarda: considerar la ruptura de un cable de guarda o del conductor o conductores de una fase en la posición más desfavorable.

2) Estructuras con más de seis y hasta doce conductores y con dos cables de guarda: considerar la ruptura de un cable de guarda o de dos conductores de la fase en la posición más desfavorable.

En tramos rectos de línea con conductores soportados por aisladores de suspensión, la carga es igual que el producto de la tensión mecánica máxima del conductor o conductores rotos, multiplicada por un factor de 0,70 cuando existe un conductor por fase y de 0,50 cuando son dos o más conductores por fase. Cuando la ruptura ocurre en los cables de guarda en cualquier tipo de estructura, así como la de los conductores en las estructuras de remate o de deflexión, la carga es igual que 100% de la tensión mecánica máxima.

e) Aplicación simultánea de cargas. Para obtener la resistencia debida a la aplicación de cargas, debe considerarse lo siguiente:

1) Líneas de tensiones hasta de 34,5 kV

- Para calcular la resistencia transversal se debe considerar las cargas vertical y transversal actuando simultáneamente.

- Para calcular la resistencia longitudinal debe considerarse solamente la carga longitudinal.

2) Líneas de tensiones eléctricas mayores a 34,5 kV

- Para calcular la resistencia mecánica se deben considerar las cargas vertical, transversal y longitudinal actuando simultáneamente.

Excepción: En el caso de ruptura de cables en estructuras tipo H semiflexibles, donde deben considerarse solamente las cargas vertical y longitudinal actuando simultáneamente.

I. Clases de construcción en líneas aéreas

922-91. Disposiciones generales. Los materiales empleados en la construcción y mantenimiento de líneas deben cumplir con los factores de sobrecarga y otros requisitos de 922-93 a 922-94, según el grado de resistencia mecánica requerida.

922-93. Requisitos de materiales y componentes. Los materiales empleados en las líneas aéreas, según la clase de construcción, deben cumplir con los requisitos de seguridad que se citan a continuación:

a) Conductores

1) Tamaño nominal mínimo. Los conductores eléctricos mínimos a utilizar deben tener una resistencia nominal a la ruptura y un diámetro exterior equivalente a los conductores de cobre semiduro indicados a continuación en la Tabla 922-93(a)(1).

TABLA 922-93 (a)(1).- Tamaño nominal mínimo de conductores de cobre

Conductores:	Tamaño nominal mm ² (AWG)	
	Clase A	Clase B
Eléctricos		
Línea abierta	13,3 (6)	8,37(8)
Acometidas de hasta 750 V a tierra	3,31 (12)	3,31 (12)
De comunicación en claros máximos de 50 m	5,26 (10)	3,31 (12)

Los conductores deben ser resistentes a la corrosión que pueda provocar el ambiente donde se instalen.

2) Flechas y tensiones. La tensión mecánica máxima del conductor no debe ser mayor que el 60% de su resistencia nominal a la ruptura, bajo las condiciones de cargas mecánicas indicadas en la Parte H de este Artículo, para la zona en que se instale.

Adicionalmente, la tensión inicial del conductor no debe exceder de 35% de la resistencia nominal a la ruptura del conductor y la tensión final no debe exceder de 25%; ambos a 15°C sin carga de viento y hielo.

3) Empalmes, derivaciones y accesorios de remate

a. Los empalmes sujetos a tensión mecánica deben tener igual o mayor resistencia mecánica que la del conductor en que se instale.

b. Las derivaciones no deben debilitar la resistencia mecánica de los conductores en el punto de conexión.

c. Los accesorios de remate y los herrajes de sujeción deben soportar la tensión máxima resultante de la aplicación de las cargas indicadas en la Parte H de este Artículo, multiplicadas por un factor de sobrecarga de 1,65.

b) Cables de guarda de acero galvanizado

1) Flechas y tensiones. La tensión mecánica del cable no debe ser mayor que 50% de su resistencia nominal a la ruptura, bajo las condiciones de carga mecánica indicadas en la parte H de este artículo para la zona donde se instale.

Adicionalmente, la tensión mecánica a 0°C sin carga de viento ni hielo, no debe exceder los porcentajes de la resistencia nominal a la ruptura del cable, siguientes:

TABLA 922-93b(1).- Tensión mecánica máxima del cable de acero a 0°C sin carga de viento o hielo

Tensión	Alta resistencia mecánica	Extra-alta resistencia mecánica
inicial sin carga	25%	20%
final sin carga	25%	20%

2) Empalmes y accesorios de remate. Debe aplicarse lo indicado en las Secciones 922-93(a)(3a) y 922-93(a)(3c) anteriores.

c) Mensajeros. Los mensajeros deben ser cableados y su tensión mecánica máxima no debe ser mayor que el 60% de su resistencia nominal a la ruptura, bajo las cargas mecánicas indicadas en la Parte H de este Artículo, para la zona de que se trate.

d) Alfileres, amarres y herrajes. Los alfileres, amarres y herrajes deben resistir las cargas longitudinales indicadas en 922-86, con los factores de sobrecarga establecidos y además no deben sufrir deformación permanente.

e) Crucetas. Deben resistir las cargas descritas en 922-86, con los factores de sobrecarga indicados en la Tabla 922-93. Además, deben cumplir con los requisitos siguientes:

1) Resistencia vertical. Deben resistir una carga adicional de 100 kg aplicada en su extremo más alejado. Para lograr esta disposición se puede hacer uso de tirantes u otros miembros auxiliares. Si las crucetas forman parte integral de las estructuras metálicas, deben aplicarse los factores de sobrecarga correspondientes a éstas.

2) Resistencia longitudinal. Deben resistir una tensión del conductor más alejado del centro del soporte (mínimo a 250 kg), con temperatura mínima y claros máximos a 70 m para tensiones eléctricas hasta de 34,5 kV. Para tensiones eléctricas mayores a 34,5 kV, deben resistir la carga longitudinal por ruptura de cables descrita en 922-86(d), con los factores de sobrecarga que se indican en la Tabla 922-93, aplicados a la tensión mecánica máxima de los cables.

3) Crucetas dobles. Deben usarse en estructuras para cruzamientos sobre ferrocarriles, cuando se usen aisladores tipo alfiler.

f) Postes y estructuras. Deben resistir las cargas especificadas en 922-86, con los factores de sobrecarga que se indican en la Tabla 922-93 y cumplir con los requisitos siguientes:

1) Postes de madera. Deben ser aprobados para el uso asignado.

2) Postes y estructuras de acero. El espesor de acero debe ser de 4,0 mm mínimo. Cuando la aleación del acero no contenga elementos que la hagan resistente a la corrosión, se debe proteger con una capa exterior de pintura o metal anticorrosivo.

3) Postes de concreto. Deben ser de concreto reforzado o concreto preesforzado.

g) Retenidas. Los factores de sobrecarga, se indican en la Tabla 922-93.

h) Cimentaciones. Las cargas que se indican en 922-86 multiplicadas por los factores de sobrecarga indicados en la Tabla 922-93, deben aplicarse a la estructura y las cimentaciones deben soportar las cargas que les transmite la estructura, además verificar la cimentación de acuerdo al tipo de suelo.

i) Pruebas. Las estructuras y sus componentes deben someterse a pruebas para verificar su resistencia mecánica y garantizar su buen funcionamiento.

TABLA 922-93.- Factores de sobrecarga mínimos para cada clase de construcción de líneas

Elemento de estructura	Esfuerzo mecánico	Tensión eléctrica o tipo estructura	Material	Factor de sobrecarga			
				Ruptura de cables			
				SI	NO	SI	NO
		Clase A		Clase B			
Crucetas	Sobrecarga vertical	(hasta 34,5 kV)	Madera	2,0		2,0	
		(hasta 34,5 kV)	Acero	1,5		1,3	
		(Más de 34,5 kV)	Madera	-		-	
			Acero	1,3		-	
	Sobrecarga transversal	General	Madera	1,0	2,5	-	2,0
			Concreto	1,0	2,0	-	1,7
			Acero	1,2	1,8	-	1,5
		Deflexiones y remates	Madera	1,0	2,0	-	1,7
			Concreto	1,0	1,8	-	1,5
			Acero	1,2	1,8	-	1,5
Sobrecarga longitudinal	Más de 34,5	Acero	1,0	1,6	-	-	
Postes y torres	Sobrecarga vertical		Madera	2,8	3	-	2
			Concreto	2,3	2,5	-	1,7
			Acero	1,2	1,3	-	1,1
	Sobrecarga transversal	General	Madera	1	2,5	-	2,0
			Concreto	1	2	-	1,7
			Acero	1,2	1,8	-	1,5
		Deflexiones y remates	Madera	1	2	-	1,7
			Concreto	1	1,8	-	1,5
			Acero	1,2	1,8	-	1,5
	Sobrecarga longitudinal	General	Madera	1	-	-	-
			Concreto	1	-	-	-
			Acero	1,2	-	-	-
		Deflexiones y remates	Madera	1	2	-	1,7
			Concreto	1	1,8	-	1,5
Acero			1,2	1,6	-	-	
Retenidas	Carga transversal	Suspensión	2,5		2,0		
		Deflexiones y remates	1,5		1,2		

Nota: Los factores para madera y concreto están basados en la resistencia a la ruptura y para el acero en su límite de fluencia.

922-94. Clase de construcción requerida para líneas aéreas. Debe ser la indicada en la Tabla 922-94 de acuerdo a la tensión eléctrica la línea y a los lugares por donde pase o cruce. Ver tabla 922-93 para la definición de las Clases A y B.

TABLA 922-94.- Clase de construcción requerida para líneas aéreas

Superficie o líneas en los niveles inferiores	Líneas aéreas sobre terrenos o en los niveles superiores			
	Hasta 15 kV	Más de 15 kV hasta 34,5 kV		Más de 34,5 kV
	Zona urbana o rural	Zona urbana	Zona rural	Zona urbana o rural
Cruce sobre terrenos con				
Calles, carreteras, caminos y campo abierto	B	B	B	A
Carreteras principales, autopistas, vías férreas y aguas navegables	B	A	B	A
Cruce con líneas en niveles inferiores				
Líneas de comunicación	A	A	A	A
Líneas eléctricas				
Hasta 15kV	B	A	A	A
Más de 15 kV hasta 34,5 kV	-	A	A	A
Más de 34,5 kV	-	-	-	A
Notas:				
1. Las tensiones eléctricas son entre fases				
2. En cruzamientos de líneas, la construcción de la línea superior debe ser igual o mayor que la de la línea inferior.				

J. Retenidas

922-101. Disposiciones generales

a) En postes de madera y de concreto se debe considerar que las retenidas llevan la resultante de la carga total en la dirección en que actúen.

b) En líneas que crucen sobre vías férreas, las estructuras adyacentes deben resistir las cargas transversal y longitudinal señaladas en la parte H de este Artículo, con el factor de sobrecarga que corresponda a la clase "A" de construcción. Para cumplir este requisito se pueden utilizar retenidas transversales y longitudinales opuestas a la vía.

c) Para mantener los cables en la posición correcta y/o proteger el poste se requiere instalar herrajes aprobados para este fin.

d) El cable de acero, herrajes y aisladores deben tener una resistencia mecánica igual o mayor que el cable de la retenida.

e) En lugares expuestos al tránsito de vehículos y peatones, el extremo anclado de todas las retenidas fijadas al piso, debe tener un resguardo visible y resistente al impacto de 2,0 m de longitud.

922-102. Aisladores para retenidas (en líneas de distribución)

a) **Resistencia mecánica.** Los aisladores para retenidas deben tener resistencia mecánica a la compresión igual o mayor que el cable de la retenida.

b) **Tensión eléctrica de flameo.** La tensión eléctrica de flameo en seco de los aisladores debe ser como mínimo el doble de la tensión eléctrica nominal entre fases de la línea y la de flameo en húmedo, como mínimo igual que la tensión nominal.

c) Uso de aisladores en retenidas

1) Los aisladores deben instalarse a una altura menor que 2,50 m del nivel del piso.

2) Cuando una retenida no esté efectivamente conectada a tierra y pase cerca de conductores o partes descubiertas energizadas a más de 300 V, debe instalarse aislamiento en ambos lados de manera que el tramo de la retenida expuesto a contacto con dichos conductores o partes energizadas, quede aislado. Véase 922-9(c), referente a puesta a tierra de retenidas.

3) Para retenidas instaladas en líneas suministradoras abiertas de 0 a 300 V debe instalarse un aislador aprobado, o bien conectarse a tierra como se establece en 921-21(b).

922-105. Puesta a tierra

Para disposiciones de puesta a tierra, véase el Artículo 921.

ARTICULO 923-LINEAS SUBTERRANEA

A. Instalación y aplicación de cables subterráneos en la vía pública

923-1. Objetivo y Campo de aplicación. Este Artículo contiene requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones subterráneas para redes eléctricas de comunicación y sus equipos asociados, para salvaguardar a las instalaciones y a las personas durante la instalación, operación y mantenimiento, conservando o mejorando el entorno ecológico del lugar donde se lleven a cabo.

Esta Parte A aplica a instalaciones subterráneas en la vía pública, las cuales deben estar en conformidad con las normas de la compañía suministradora y con las disposiciones establecidas en los siguientes párrafos.

923-2. Definiciones

Banco de ductos: Conjunto formado por dos o más ductos.

Bóveda: Recinto subterráneo de amplias dimensiones, accesible desde el exterior, donde el personal puede ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento de cables, accesorios y equipos.

Obra civil para instalaciones subterráneas: Es la combinación de ducto, bancos de ductos, registros, pozos, bóvedas y cimentación de subestaciones que forman la obra civil para instalaciones subterráneas.

Ducto: Canal cerrado (o tubo) que se utiliza para alojar uno o varios cables.

Empalme: Unión destinada a asegurar la continuidad eléctrica entre dos o más tramos de conductores, que se comporta eléctrica y mecánicamente como los conductores que une.

Equipo subterráneo: El diseñado y construido para quedar instalado dentro de pozos o bóvedas y el cual debe ser capaz de soportar las condiciones de operación.

Equipo sumergible: Aquel equipo hermético que por características de diseño puede estar inmerso en cualquier tipo de agua en forma intermitente.

Equipo tipo pedestal: Aquel que está instalado sobre el nivel del terreno, en una base con cimentación adecuada y que forma parte de un sistema eléctrico subterráneo.

Línea subterránea: Aquella que está constituida por uno o varios cables aislados que forman parte de un circuito eléctrico o de comunicación, colocados bajo el nivel del suelo, ya sea directamente enterrados, en ductos o bancos de ductos.

Pozo: Recinto subterráneo accesible desde el exterior al personal para ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento de equipos, cables y sus accesorios.

Registro: Recinto subterráneo de dimensiones reducidas donde está instalado equipo, cables y accesorios y el personal puede ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento.

Terminal de cable: Dispositivo que distribuye los esfuerzos dieléctricos del aislamiento en el extremo de un cable.

923-3. Cables subterráneos. Los requisitos mínimos que deben satisfacer los cables subterráneos en vía pública son los siguientes:

a) Diseño y construcción. El diseño, construcción y materiales de los cables subterráneos deben estar de acuerdo con la tensión eléctrica, intensidad de corriente eléctrica, corriente eléctrica de cortocircuito, elevación de temperatura y condiciones mecánicas y ambientales a que se sometan durante su instalación y operación.

Cuando los cables estén expuestos a ambientes húmedos y corrosivos es conveniente que sean diseñados y se usen con cubiertas protectoras.

Cuando técnicamente el diseño lo permita, debe evitarse el uso de materiales en las pantallas y cubiertas de los cables que, en contacto directo o como resultado de su combustión, sean dañinos para la salud de los seres vivos.

b) Pantallas sobre el aislamiento. Los cables que operen a una tensión eléctrica de 5 kV entre fases o mayor, deben tener una pantalla semiconductora en contacto con el aislamiento y una pantalla metálica no magnética en contacto con dicha pantalla semiconductora.

El material de la pantalla metálica debe ser resistente a la corrosión o bien estar adecuadamente protegido.

Excepción: Tramos cortos usados como barra de amarre que no hagan contacto con superficies o materiales puestos a tierra.

c) Conexión de puesta a tierra de las pantallas metálicas. Las pantallas o cubiertas metálicas de los cables deben estar puestas a tierra. Las pantallas metálicas pueden ser seccionadas siempre y cuando cada sección sea puesta a tierra.

Excepción: Puede omitirse esta conexión de puesta a tierra sólo cuando así lo requiera la operación de los cables y siempre que existan protecciones que impidan el contacto de personas con las mismas partes metálicas o que queden fuera de su alcance.

Las conexiones de las pantallas metálicas hacia los cables para su puesta a tierra deben asegurar un buen contacto, evitando que se aflojen o se suelten. Estas pueden hacerse por medio de conectores del mismo metal u otro material adecuado para el propósito y las condiciones de uso, o por medio de soldadura, cuidando que ésta y los fundentes aplicados sean los adecuados.

Los conectores para unir las pantallas metálicas de cables en empalmes y terminales deben ser los adecuados para asegurar un buen contacto mecánico y eléctrico, usando el tamaño y material conveniente a fin de evitar pérdidas de energía por calentamientos. Estos conectores pueden ser del tipo para soldar o a presión. En el caso de conductores de tamaño nominal 8,37 mm² (8 AWG) y menores, la conexión puede hacerse trenzando adecuadamente los conductores o mediante un conector de tornillo adecuado.

d) Tensiones inducidas en la pantalla metálica. Se recomienda que las tensiones inducidas en condiciones normales de operación no sean mayores de 55 V.

e) Instalación de cables en canalizaciones subterráneas

1) Todos los cables deben instalarse en ductos.

Excepción: Esto no es aplicable al conductor de puesta a tierra, el cual puede instalarse directamente enterrado.

2) Debe evitarse que los cables sean doblados con radios menores al mínimo señalado por el fabricante (en ningún caso este radio debe ser menor que 12 veces el diámetro externo del cable) durante su manejo, instalación y operación.

3) Las tensiones de jalado y las presiones sobre las paredes que se presenten durante la instalación de los cables, no deben alcanzar valores que puedan dañar a los mismos. Deben limitarse a los recomendados por el fabricante.

4) Los ductos deben limpiarse previamente a la instalación de los cables.

5) Cuando se use lubricante durante el jalado de los cables, éste no debe afectar a los cables ni a los ductos.

6) En instalaciones verticales o con pendientes, los cables deben soportarse adecuadamente para evitar deslizamientos y deformaciones debido a su masa.

7) Los cables eléctricos y de comunicación no deben instalarse dentro del mismo conducto.

8) Cuando en un banco se instale más de un circuito debe analizarse la capacidad de conducción de corriente, con el objeto de reducir las pérdidas de energía por agrupamiento de conductores.

f) Instalación de cables en registros, pozos y bóvedas

1) Soportes

a. Los cables dentro de los registros, pozos o bóvedas deben quedar fácilmente accesibles y soportados de forma que no sufran daño debido a su propia masa, curvaturas o movimientos durante su operación.

b. Los soportes de los cables deben estar diseñados para resistir la masa de los propios cables y de cargas dinámicas; mantenerlos separados en claros específicos y ser adecuados al medio ambiente.

c. Los cables deben quedar soportados cuando menos 10 cm arriba del piso, o estar adecuadamente protegidos.

Excepción: Este requisito no se aplica a conductores neutros y de puesta a tierra.

d. La instalación debe permitir el movimiento del cable sin que haya concentración de esfuerzos destructivos.

2) Separación entre cables eléctricos y de comunicación

a. Los pozos de visita deben reunir los requisitos siguientes respecto a las dimensiones. Debe mantenerse un espacio de trabajo limpio, suficiente para desempeñar las labores. Las dimensiones del área de trabajo horizontales deben ser como mínimo de 0,9 m y las verticales deben ser como mínimo de 1,8 m.

b. No deben instalarse cables eléctricos y de comunicación dentro de un mismo registro, pozo o bóveda.

c. Cuando no sea posible cumplir con el punto anterior, se pueden instalar en un mismo registro, pozo o bóveda, cables eléctricos y de comunicación, siempre que se cumpla con los siguientes requisitos:

1. Que exista acuerdo entre las partes involucradas.
2. Que los cables queden soportados en paredes diferentes, evitando cruzamientos.
3. Si no es posible instalarlos en paredes separadas, los cables eléctricos deben ocupar niveles inferiores a los de comunicación.
4. Deben instalarse permitiendo su acceso sin necesidad de mover a los demás.
5. Que la separación mínima entre cables eléctricos y de comunicación propia del suministrador, dentro del registro, pozo o bóveda, sea la indicada en la Tabla 923-3(f)-(1).

TABLA 923-3(f)(1).- Separación mínima entre cables eléctricos y de comunicación propia del suministrador dentro de un mismo registro, pozo o bóveda

Tensión eléctrica entre fases kV	Separación m
Hasta 15	0,15
Más de 15 hasta 50	0,23
Más de 50 hasta 120	0,30
Más de 120	0,60

Excepción 1: Estas separaciones no se aplican a conductores de puesta a tierra.

Excepción 2: Estas separaciones pueden reducirse previo acuerdo entre las partes involucradas, siempre y cuando se instalen barreras o protecciones adecuadas.

NOTA: Cuando ambos tipos de cables queden colocados en la misma pared del recinto se recomienda que los cables de electricidad ocupen niveles inferiores a los de comunicación.

d. Identificación. Los cables dentro de los registros, pozos o bóvedas, deben estar permanentemente identificados por medio de placas, o algún otro tipo de identificación, como se indican en la Figura 923-3(f)-(2).

El material de identificación debe ser resistente a la corrosión y a las condiciones del medio ambiente.

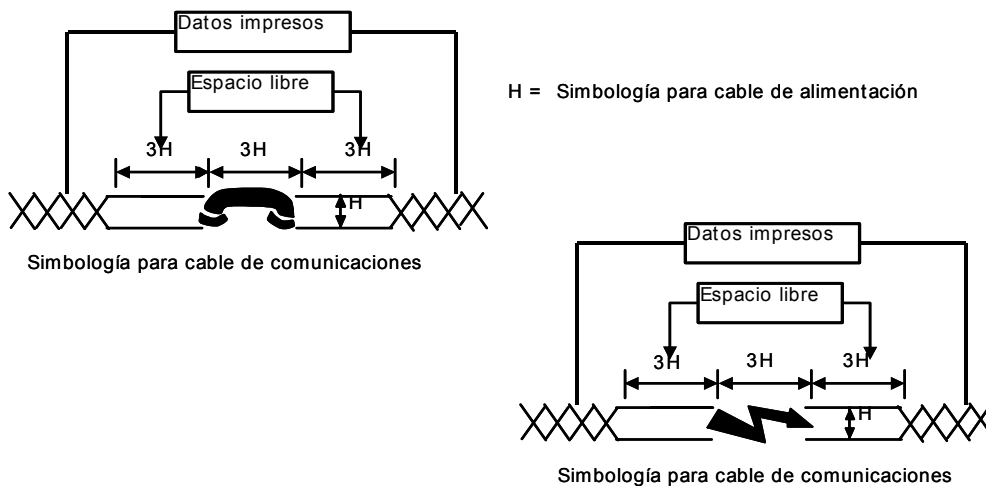


FIGURA 923-3(f)(2)

g) Protección contra fuego. Aunque no es requisito la condición a prueba de fuego, de acuerdo con las prácticas de confiabilidad de servicio normal de las empresas, puede proporcionarse una protección contra fuegos externos.

h) Cables de comunicación conteniendo circuitos especiales de alimentación. A los circuitos especiales que operen en tensiones eléctricas mayores a 400 V a tierra y utilizados para alimentar energía solamente a equipos de comunicaciones, pueden considerarse como cable de comunicaciones bajo las condiciones siguientes (los cables deben tener pantallas conductoras o pantallas que deben estar puesta a tierra y cada uno de tales circuitos debe llevarse en un conductor individualmente encerrado con una pantalla puesta a tierra):

- 1) Los circuitos en los cables deben ser operados y su mantenidos por persona o personas calificadas.
- 2) las terminales de los circuitos deben ser accesibles sólo a la persona o personas calificadas.
- 3) los circuitos de comunicación sacados de los cables, si no terminan en una estación repetidora u oficina terminal, deben protegerse de manera que en el evento de una falla dentro del cable la tensión eléctrica en el circuito de comunicación no exceda 400 V a tierra.
- 4) los aparatos terminales para la alimentación de energía deben ser arreglados para que las partes vivas sean inaccesibles, cuando los circuitos de alimentación estén energizados.
- 5) los cables deben identificarse con placas en cada registro, pozo de visita o bóveda.

i) Puesta a tierra y conexiones

- 1) Las pantallas de aislamiento del cable y empalmes deben ser puestos a tierra.
- 2) Las cubiertas y pantallas que estén puestas a tierra en los pozos y bóvedas deben ser conectadas a una tierra común.
- 3) Los cables de conexión y de puesta a tierra deben ser de material resistente a la corrosión y adecuados al ambiente o bien estar protegidos de éste.

j) Cables submarinos

- 1) **Trayectoria.** Los cables submarinos deben ir enterrados en una trinchera de un metro de profundidad, hasta que se alcancen 10 m de calado en zonas de arena, o estar protegidos con medias cañas de material resistente a la corrosión y de suficiente resistencia mecánica, en zonas de roca.
- 2) **Empalmes.** Los cables submarinos en su tramo marino, al ser instalados, no deben tener empalmes hechos en campo. Sólo se deben instalar con empalmes hechos en fábrica.
- 3) **Protección.** La armadura del cable debe diseñarse para soportar adecuadamente los esfuerzos mecánicos a que debe estar sujeto el cable durante la instalación y operación. La armadura debe estar protegida contra la corrosión para cumplir adecuadamente su función durante la vida útil del cable.

Los cables de reserva deben almacenarse siguiendo las recomendaciones del fabricante.

923-4. Estructuras de transición de líneas aéreas en vía pública a cables subterráneos o viceversa

a) Protección. Las estructuras de transición de cables eléctricos deben estar provistas de una protección mecánica que rodee completamente al cable hasta una altura mínima de 2,45 m sobre el nivel del suelo y cuando menos hasta una profundidad de 30 cm dentro del mismo suelo.

Cuando la protección conste de un tubo (conduit) o cubierta metálica, ésta debe ser puesta a tierra de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250.

Los cables deben subir verticalmente desde el suelo y sólo con la desviación que sea necesaria para fijarlos en la estructura, sin que se rebase el radio de curvatura permisible de los cables.

b) Instalación. La instalación de las estructuras de transición debe hacerse de tal manera que el agua no permanezca dentro de la protección mecánica de los cables.

Los cables deben estar soportados de forma que se evite su daño o el de las terminales.

Los cables deben instalarse o fijarse de forma que se evite el daño de los mismos en los extremos de la protección mecánica, debido al movimiento relativo entre ésta y el cable.

Las estructuras de transición de cables deben localizarse en el poste o estructura en la posición más segura, teniendo en cuenta el espacio para que suban las personas y el posible riesgo de daño por vehículos.

c) Estructuras de transición en equipos tipo pedestal. Los cables que lleguen a transformadores, interruptores u otros equipos instalados en pedestal, deben colocarse y arreglarse dentro del registro que corresponde a la acometida al equipo, de manera que no se dañen sus cubiertas.

La entrada de los cables a equipos instalados en pedestal deben mantenerse a la profundidad adecuada para su clase de tensión eléctrica hasta que queden protegidos abajo del pedestal, a menos que se coloque una protección mecánica adecuada.

923-5. Terminales en vía pública

a) Disposiciones generales. Además de lo indicado en 110-14 debe cumplirse con lo siguiente:

1) Las terminales de los cables deben ser diseñadas para resistir los esfuerzos mecánicos, térmicos ambientales y eléctricos esperados durante su operación.

2) La separación entre partes vivas de una terminal o de diferentes terminales o con respecto a su propia estructura debe ser la adecuada para la tensión eléctrica de aguante al impulso por rayo (nivel básico de aislamiento al impulso-NBAI), de la terminal. Cuando las terminales se coloquen en postes, la separación entre partes vivas debe estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 922-12(a)(1).

3) Las terminales deben diseñarse para evitar la penetración de humedad hacia el cable.

4) En aquellos lugares donde la separación entre partes con diferente potencial eléctrico se reduzca abajo de la adecuada para la tensión y NBAI, deben proporcionarse barreras aislantes o terminales completamente aisladas que reúnan los requisitos equivalentes a las separaciones.

5) **Altura.** Las partes vivas de las terminales deben cumplir con lo indicado en la Tabla 923-5(a).

TABLA 923-5(a).- Altura mínima de partes vivas de terminales (m)

Lugar de instalación	En líneas con tensión eléctrica entre conductores	
	Hasta de 750 V	De 750 V a 22 000 V
Expuesto a tránsito de vehículos.	5,0	5,6
No expuesto a tránsito de vehículos.	3,8	4,4

Observaciones:

1. Para tensiones eléctricas mayores a 22 kV, las alturas especificadas en la última columna deben incrementarse 1 cm por cada kV en exceso de 22 kV.

2. Cuando se instalen terminales de baja tensión en paredes, la altura mínima debe ser de 2,9 m.

6) **Conexión a terminales.** La conexión de los conductores a terminales debe asegurar un buen contacto sin dañar a los mismos conductores, no deben existir conexiones flojas o sueltas. La conexión puede hacerse

con conectores soldados, de presión o con cualquier otro medio que asegure una amplia superficie de contacto. Los conectores deben sellarse para evitar el ingreso de humedad hacia el cable. Los conectores y los conductores deben ser del mismo metal a menos que el accesorio sea adecuado para el propósito y las condiciones de uso.

7) Cuando se utilicen soldaduras fundentes o compuestos, éstos deben ser adecuados para tal uso y no deben dañar a los conductores o al equipo.

b) Soportes. Las terminales de los cables deben instalarse de forma que mantengan su posición de instalación. Cuando sea necesario, los cables deben soportarse de manera que no sufran daños por transferencia de esfuerzos mecánicos hacia las terminales, al equipo o a la estructura.

c) Identificación. Los cables o terminales de las estructuras de transición deben estar permanentemente identificados por medio de placas o algún otro tipo de identificación.

d) Separación en gabinetes o bóvedas

1) Las terminales deben estar con una separación adecuada entre conductores y hacia tierra, de acuerdo con el tipo de terminal a utilizar.

2) En las partes vivas expuestas dentro de envolventes, debe mantenerse la separación o usarse barreras aislantes adecuadas para las tensiones eléctricas y tensión de aguante que se requiera.

3) Para terminales en bóvedas se permiten partes vivas sin aislar siempre que se proporcionen los medios de protección adecuados.

e) Conexión de puesta a tierra. Las partes conductoras de las terminales (excepto las partes vivas), el equipo al que se fijan y las estructuras conductoras que soportan a las terminales, deben ser puestos a tierra. Véase el Artículo 250.

923-6. Empalmes y accesorios para cables en vía pública

a) Disposiciones generales. Los empalmes y accesorios para cables en vía pública:

1) Deben soportar los esfuerzos mecánicos, térmicos, eléctricos y del medio ambiente a que estén expuestos durante su operación.

NOTA: Los empalmes terminales y accesorios que se usen en líneas subterráneas deben cumplir con las pruebas y requisitos que se indican en las normas de producto correspondientes.

2) Deben ser compatibles al tipo de cable y a las condiciones del medio ambiente, para evitar efectos dañinos en sus componentes.

3) Deben soportar sin dañarse la magnitud y duración de corrientes eléctricas de falla que se presenten durante su operación, instalándose de tal manera que cuando uno falle no afecte a las otras instalaciones.

4) Deben evitar la penetración de humedad dentro de los cables.

5) Deben quedar localizados dentro de los registros, pozos, bóvedas y envolventes.

923-7. Equipo subterráneo en vía pública

a) Disposiciones generales

1) **Equipo subterráneo.** Se considera como equipo subterráneo el siguiente:

a. Transformadores, interruptores, indicadores de falla, barras conductoras, entre otros, instalados para la operación de las líneas eléctricas subterráneas.

b. Repetidoras, bobinas de carga y otras, instaladas para la operación de las líneas subterráneas de comunicación.

c. Equipo auxiliar, como bombas, salidas para alumbrado o contactos, entre otros, instalados como complemento de las líneas subterráneas eléctricas o de comunicación.

2) **Ubicación de equipos eléctricos y de comunicación.** Los equipos eléctricos y de comunicación no deben instalarse en un mismo pozo o bóveda. Cuando no sea posible cumplir esta disposición, será necesario un acuerdo entre las partes involucradas.

3) **Sujeción de equipos dentro de pozos o bóvedas.** Los equipos deben ser colocados dentro de los pozos o bóvedas, en soportes u otros dispositivos que los fijen y resistan su masa y el de las cargas a que estén sometidos, así como los esfuerzos que se presenten durante su operación.

b) Características

1) Los equipos subterráneos deben seleccionarse e instalarse de acuerdo con las condiciones térmicas, químicas, mecánicas y ambientales del lugar.

2) Los equipos, incluyendo dispositivos auxiliares, fusibles y portafusibles deben diseñarse para soportar los efectos de condiciones normales, de emergencia y de falla que se presenten durante su operación.

3) Los equipos subterráneos que se instalen dentro de pozos y bóvedas deben ser del tipo sumergible. Asimismo, aquellos que sean susceptibles de un proceso de corrosión deben tener una protección adecuada para evitar este problema.

4) Cuando se conecten o desconecten partes vivas utilizando herramientas, debe contarse con espacio suficiente a tierra o entre fases, o colocar barreras adecuadas.

5) Los interruptores deben tener indicado en forma visible y permanente:

(1) el diagrama unifilar de su operación;

(2) la posición de sus contactos, y

(3) la dirección de operación de las palancas o mecanismo activador.

NOTA: La palanca o mecanismo de control de los interruptores debe operar en una dirección para abrir y en otra para cerrar con objeto de evitar confusiones.

6) El equipo que pueda ser operado a control remoto o en forma manual, debe tener un medio de bloqueo local que impida su operación, para evitar riesgos al trabajador.

7) Los equipos tipo pedestal deben estar cerrados con llave o provistos con un dispositivo para candado.

8) El acceso a partes vivas con tensiones eléctricas mayores a 600 V requiere de una barrera o puerta con llave, para evitar la entrada de personas no calificadas.

9) También se recomienda el uso de señales de advertencia visibles al abrir la primera barrera.

10) Los equipos tipo pedestal deben colocarse sobre una base de concreto.

11) Las cajas, cámaras u otros dispositivos de los equipos que contengan fusibles, interruptores u otras partes susceptibles de producir gases, deben estar construidas en tal forma que resistan las presiones interiores que se produzcan para no causar daños a personas u otros equipos próximos.

c) Localización. Los equipos y sus estructuras no deben obstruir el acceso o salida del personal en los pozos o bóvedas.

Los equipos de pozos o bóvedas no deben instalarse a distancias menores a 0,20 m de la parte de atrás de escaleras fijas y no deben interferir con su uso.

Los equipos deben acomodarse en los pozos o bóvedas de tal forma que permitan la instalación, operación y mantenimiento de todas las partes de sus estructuras.

Los interruptores de operación manual o eléctrica deben accionarse en forma segura, esto puede realizarse con dispositivos auxiliares portátiles que se fijen temporalmente.

Los equipos no deben interferir con estructuras de drenaje.

Los equipos no deben obstaculizar la ventilación de estructuras o envolventes.

d) Instalación. Todos los equipos deben contar con dispositivos de suspensión adecuados a su masa, para facilitar su instalación y montaje.

Las partes vivas deben quedar instaladas, aisladas o protegidas, que se evite el contacto accidental de personas o del agua con el equipo.

Los dispositivos de operación, inspección y pruebas deben estar visibles y fácilmente accesibles cuando el equipo se encuentre instalado en su posición definitiva y sin tener que remover ninguna conexión permanente.

Las partes vivas deben aislarse o protegerse de la exposición a líquidos conductores u otros materiales que puedan presentarse en la estructura que contiene el equipo.

Cuando los controles de los equipos sean accesibles a personal no calificado, deben asegurarse con pernos, candados o sellos.

e) Conexión de puesta a tierra. Los tanques, envolventes y cubiertas metálicas de los equipos deben ser puestos a tierra como se indica en el Artículo 250.

f) Identificación. Los equipos instalados en pozos o bóvedas deben contar con placas o algún otro medio que los identifique permanentemente para su correcta instalación y operación.

923-8. Instalación en túneles

a) Disposiciones generales. Las instalaciones en túneles de cables y equipos eléctricos y de comunicación, deben cumplir con los requisitos aplicables de la Parte F del Artículo 710.

b) Protección a las personas. Cuando el túnel sea accesible al público o cuando se requiera que entre personal para instalar, operar y mantener los cables y el equipo, el diseño del túnel debe incluir medios de protección a las personas y, donde sea necesario, barreras, detectores, alarmas, ventilación, bombas y dispositivos de seguridad adecuados. Los medios de protección que deben considerarse son los siguientes:

- 1) Contra atmósferas venenosas o asfixiantes.
- 2) Contra fuego, explosión, altas temperaturas y fallas de tuberías de presión.
- 3) Contra tensiones eléctricas inducidas.
- 4) Contra posible inundación del túnel.
- 5) Medios seguros de salida rápida del túnel, cuando menos en dos direcciones.
- 6) Espacios libres de trabajo, con una dimensión mínima horizontal de 0,9 m y vertical de 1,80 m, dejando una distancia mínima libre de 0,60 m con respecto al paso de vehículos o máquinas en movimiento.
- 7) Banquetas libres de obstáculos para el tránsito de trabajadores dentro del túnel.
- 8) Equipos de protección para prevenir a los trabajadores de riesgos debidos a la operación de vehículos u otras maquinarias en los túneles.
- 9) Banquetas sin obstrucciones para los trabajadores dentro del túnel.

c) Protección a las instalaciones. En túneles que contengan instalaciones eléctricas y de comunicación deben considerarse medidas de protección contra el medio desfavorable en que se encuentren. Estas medidas pueden ser:

- 1) Contra el efecto de la humedad o la temperatura.
- 2) Contra el efecto de líquidos y gases.
- 3) Contra el efecto de la corrosión.

923-9. Puesta a tierra

Para disposiciones para puesta a tierra, véase el Artículo 921

B. Obra civil

923-10. Trayectoria

a) Disposiciones generales

1) La obra civil para instalaciones subterráneas debe seguir, en lo posible, una trayectoria recta entre sus extremos; cuando sea necesario puede seguir una trayectoria curva, siempre que el radio de curvatura sea lo suficientemente grande para evitar el daño de los cables durante su instalación.

Nota: Se recomienda que el cambio máximo de dirección en un tramo recto de un banco de ductos aplicando el doblar natural de éstos, no sea mayor que cinco grados.

2) Si la trayectoria de las instalaciones subterráneas sigue una ruta paralela a otras canalizaciones o estructuras subterráneas ajenas, no debe localizarse directamente arriba o abajo de dichas canalizaciones o estructuras; cuando esto no sea posible, debe cumplirse con la separación indicada en la Tabla 923-12(b).

3) En cada caso debe formarse un comité con un representante por cada institución que haga uso del suelo para instalaciones subterráneas con la finalidad de optimizar el uso del mismo, reglamentando la ubicación de las instalaciones subterráneas en la vía pública, atendiendo en lo aplicable lo indicado por esta NOM. Véase la Figura 923-10(a)(3).

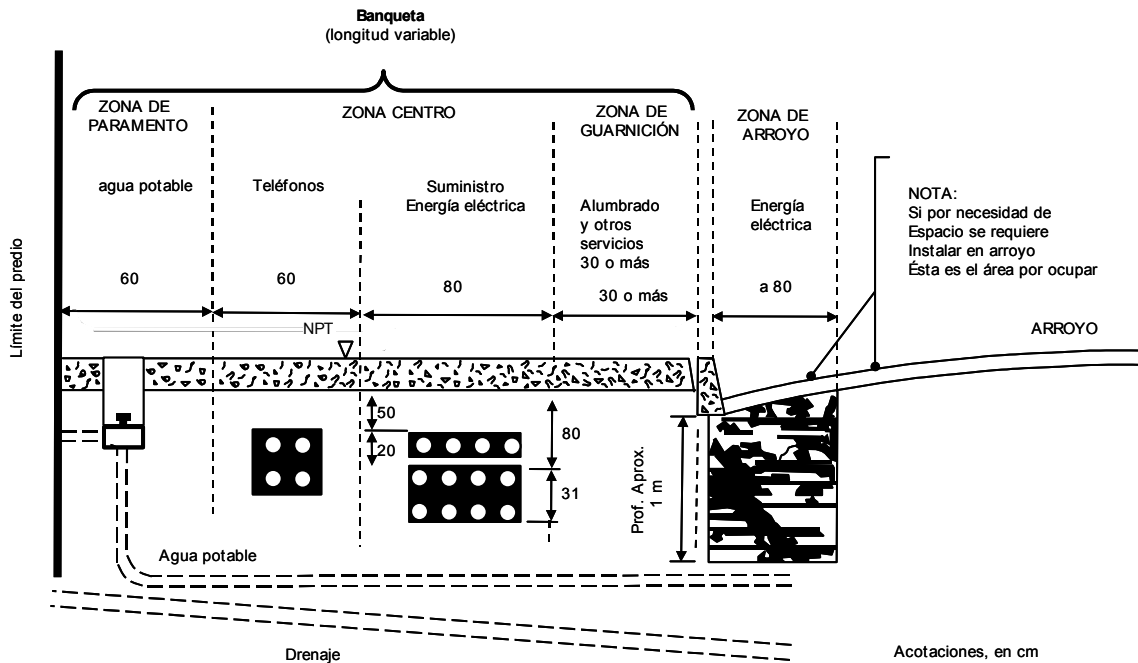


FIGURA 923-10(a)(3).- Zonificación recomendada de instalaciones en banqueta

b) Riesgos naturales del terreno. Debe evitarse en lo posible que la trayectoria de las canalizaciones subterráneas atraviese terrenos inestables (pantanosos, lodosos, entre otros) o altamente corrosivos. Si es necesario construir a través de estos terrenos, debe hacerse de tal manera que se evite o reduzca al mínimo el movimiento o la corrosión.

c) Autopistas y calles

1) Calles. Cuando los bancos de ductos deban enterrarse a lo largo de calles en donde no existan banquetas, debe utilizarse como trayectoria la guarnición, en su defecto utilizar el límite de predio.

2) Autopistas. Cuando los bancos deban enterrarse a lo largo de autopistas, éstos deben ubicarse dentro del derecho de vía a 1,0 m fuera del acotamiento, como se indica en la Figura 923-10(c).

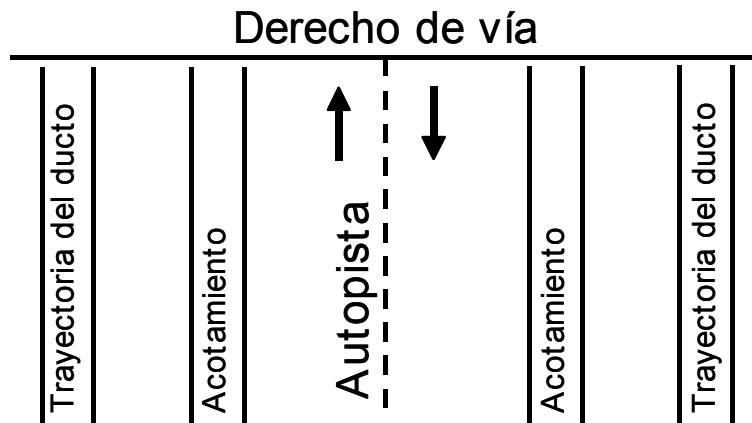


FIGURA 923-10(c).- Banco de ductos a lo largo de autopistas

d) Túneles y puentes. La localización de la obra civil para instalaciones subterráneas en túneles y puentes debe hacerse previendo que el tráfico la dañe lo menos posible. Asimismo, deben tenerse accesos

seguros para la inspección y mantenimiento tanto de las estructuras como de la obra civil y cumplir con lo señalado en la Parte F del Artículo 710.

e) Cruzamientos de vías de ferrocarril. En los cruzamientos de vías de ferrocarril ubicados en calles pavimentadas, la profundidad mínima de la obra civil de instalaciones subterráneas debe ser de 90 cm; cuando la vía del ferrocarril esté localizada en calles o caminos no pavimentados, la profundidad mínima debe ser de 1,3 m.

En caso de requerirse registros, pozos de visita o bóvedas, éstos deben localizarse en el derecho de vía.

Cuando existan condiciones especiales o si el proyecto propuesto interfiere con instalaciones existentes, las partes involucradas deben acordar los requerimientos a cumplir.

NOTA: Cuando no sea posible cumplir con las profundidades marcadas en este punto, éstas se pueden reducir previo acuerdo entre las partes involucradas, pero en ningún caso los bancos de ductos o alguna protección de éstos debe estar expuesta a la carpeta de agregados donde se hacen trabajos de mantenimiento y limpieza.

f) Cruzamientos submarinos. Los cruzamientos submarinos deben ser instalados siguiendo una trayectoria tal, que estén protegidos de la erosión ocasionada por la acción de las olas o las corrientes submarinas. Su trayectoria no debe atravesar zonas de anclaje de embarcaciones. Cuando esto no pueda evitarse, su trayectoria debe señalarse mediante boyas que formen un canal dentro del cual estarán los cables que integran el cruzamiento submarino.

g) Cimentaciones. Las canalizaciones subterráneas no deben instalarse directamente abajo de cimentaciones de edificios o de tanques de almacenamiento. Cuando esto no sea posible, la estructura del banco de ductos debe diseñarse para prevenir la aplicación de cargas perjudiciales sobre los cables.

923-11. Profundidad. La Tabla 923-11 indica la profundidad mínima a la que deben instalarse los ductos o bancos de ductos, siempre que se cumplan los requisitos que se indican en 923-14(a)(3). Esta profundidad debe considerarse con respecto a la parte superior de los ductos o su recubrimiento.

TABLA 923-11.- Profundidad mínima de los ductos o bancos de ductos

Localización	Profundidad mínima (m)
En lugares no transitados por vehículos.	0,3
En lugares transitados por vehículos.	0,5
Bajo carreteras.	1,0
Bajo la base inferior de rieles en vías de ferrocarril ubicadas en calles pavimentadas.	0,9
Bajo la base inferior de rieles en vías de ferrocarril ubicadas en calles o caminos no pavimentados.	1,3

NOTAS:

1. Cuando se instalen cables para diferentes tensiones eléctricas en una misma trinchera, los cables de mayor tensión deben estar a mayor profundidad.

2. Los cables submarinos deben enterrarse en una trinchera de 1 m de profundidad hasta alcanzar 10 m de calado en zonas de arena. En zonas de roca debe protegerse con medias cañas de hierro; en partes más profundas deben ir depositadas en el lecho marino a fondo perdido.

3. Cuando no sea posible cumplir con estas profundidades, éstas pueden reducirse previo acuerdo entre las partes involucradas.

923-12. Separación de otras instalaciones subterráneas

a) Disposiciones generales. La separación entre el sistema de canalizaciones subterráneas y otras estructuras subterráneas ubicadas en forma paralela debe tener el ancho necesario para permitir el mantenimiento de los sistemas sin dañar las estructuras paralelas. Un banco de ductos que cruce sobre otra estructura debe tener una separación suficiente que evite el daño de ésta, estas separaciones deben ser determinadas por las partes involucradas.

NOTA: Cuando un banco de ductos cruce un pozo, una bóveda o por el techo de túneles de tránsito vehicular, éstos pueden estar soportados directamente en el techo, si las partes involucradas están de acuerdo.

b) Separaciones mínimas. La separación mínima entre ductos o bancos de ductos, y entre ellos y otras estructuras se indica en la Tabla 923-12(b).

TABLA 923-12(b).- Separación mínima entre ductos o bancos de ductos y con respecto a otras estructuras subterráneas

Medio separador	Separación mínima m
Tierra compactada	0,30
Tabique	0,10
Concreto	0,05

NOTAS:

1. Para cables submarinos la separación debe ser de 1,5 veces la profundidad.
2. Previo acuerdo entre las partes involucradas, pueden reducirse estas separaciones.

c) Separación de instalaciones de drenaje, tuberías de agua, vapor o combustible. Los ductos o bancos de ductos de líneas eléctricas y de comunicación, no deben quedar en contacto con ninguna de estas instalaciones; su separación debe ser tan grande como sea posible, a fin de permitir trabajos de reparación o mantenimiento. En el caso de cruzamientos sobre dichas instalaciones, deben colocarse en ambos lados soportes adecuados para evitar que el peso de los ductos pueda dañar a las instalaciones. La separación mínima entre ductos o bancos de ductos de líneas eléctricas y de comunicación con instalaciones de combustible debe ser 1 m.

d) Terrenos rocosos. Cuando el terreno sea rocoso y no permita respetar la profundidad mínima, el banco de ductos debe hacerse de concreto con la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos a que se encuentran sometidos. El banco de ductos puede colocarse inmediatamente bajo del piso terminado.

923-13. Excavación y material de relleno

a) Trincheras. El fondo de las trincheras debe estar limpio, relativamente plano y compactado a 90% para banquetas y a 95% para calles. Cuando la excavación se haga en terreno rocoso, el ducto o banco de ductos debe colocarse sobre una capa protectora de material de relleno limpio y compactado.

b) Material de relleno. El relleno debe estar libre de materiales que puedan dañar a los ductos o bancos de ductos y compactado a 90%.

923-14. Ductos y sus acoplamientos

a) Disposiciones generales

1) El material de los ductos debe ser resistente a esfuerzos mecánicos, a la humedad y al ataque de agentes químicos del medio donde quede instalado.

2) El material y la construcción de los ductos debe seleccionarse y diseñarse en forma que la falla de un cable en un conducto no se extienda a los cables de ductos adyacentes.

3) Los ductos o bancos de ductos deben estar diseñados y construidos para soportar las cargas exteriores a que pueden quedar sujetos, de acuerdo con los criterios que se establecen en 923-16, excepto que la carga de impacto puede ser reducida un tercio por cada 30 cm de profundidad, de forma que no necesita considerarse carga de impacto cuando la profundidad es de 90 cm o mayor.

4) El acabado interior de los ductos debe estar libre de asperezas o filos que puedan dañar los cables.

5) El área de la sección transversal de los ductos debe ser tal que, de acuerdo con su longitud y curvatura, permita instalar los cables sin causarles daño.

b) Instalación

1) En alta tensión eléctrica debe usarse un ducto no metálico por cable y en baja tensión un ducto por circuito. Cuando se instalen tres cables de baja tensión en un ducto, la suma de sus diámetros no debe ser igual al diámetro interior del ducto.

Excepción: Se permite utilizar hasta tres conductores en una canalización en transiciones aéreo-subterráneas.

2) Los ductos incluyendo sus extremos y curvas deben quedar fijos por el material de relleno, envolvente de concreto, anclas u otros medios, en tal forma que se mantengan en su posición original bajo los esfuerzos impuestos durante la instalación de los cables u otras condiciones.

3) Los tramos de ductos deben quedar unidos de forma que no queden escalones entre uno y otro tramo. No deben usarse materiales que puedan penetrar al interior de los ductos, formando protuberancias al solidificarse y que puedan causar daño a los cables.

4) Cuando se tengan condiciones tales que se requiera usar tubos con revestimiento exterior, el revestimiento de éstos debe ser resistente a la corrosión y debe ser inspeccionado y probado, verificando que el revestimiento sea continuo y esté intacto antes de rellenar; debe tenerse la precaución de no dañar el revestimiento al hacer el relleno y compactado.

5) Cuando se tengan bancos de ductos instalados en puentes metálicos, el banco de ductos debe tener la capacidad de permitir la expansión y contracción de la estructura del puente. Los bancos de ductos que pasen a través de los estribos del puente deben instalarse de forma que se evite o resista cualquier hundimiento debido a un asentamiento del suelo.

6) Los ductos a la entrada de registros, pozos, bóvedas y otros recintos, deben quedar en terreno perfectamente compactado o quedar soportados adecuadamente para evitar esfuerzos cortantes en los mismos.

7) El extremo de los ductos dentro de los registros, pozos, bóvedas y otros recintos, debe tener los bordes redondeados y lisos para evitar daño a los cables.

8) Se recomienda que los ductos se instalen con una pendiente de 0,25% como mínimo, para facilitar el drenado.

9) Para evitar la posibilidad de que por los ductos entren líquidos, gases o animales, se recomienda utilizar sellos que impidan su paso. Esta medida puede complementarse con la instalación de dispositivos de ventilación y drenaje.

923-15. Registros, pozos y bóvedas

a) Localización. La localización de los registros, pozos y bóvedas debe ser tal que su acceso desde el exterior quede libre y sin interferir con otras instalaciones. Debe evitarse, en lo posible, que en carreteras queden localizados en la carpeta asfáltica y en vías de ferrocarril en el terraplén.

b) Protección. Cuando los registros, pozos y bóvedas estén con el acceso abierto, deben colocarse medios adecuados de protección y advertencia para evitar accidentes.

c) Desagüe. En los registros, pozos y bóvedas, cuando sea necesario, debe instalarse un medio adecuado de desagüe. No debe existir comunicación con el sistema de drenaje.

d) Ventilación. Cuando los pozos, bóvedas y túneles tengan comunicación con galerías o áreas cerradas transitadas por personas, deben tener un sistema adecuado de ventilación hacia el exterior.

e) Detección de gases. Cuando se requiera entrar en algún pozo o bóveda, debe ventilarse previamente, si se sospecha que existen en el ambiente gases explosivos o tóxicos, debe determinarse y comprobarse mediante equipo adecuado si el ambiente es tolerable por el ser humano.

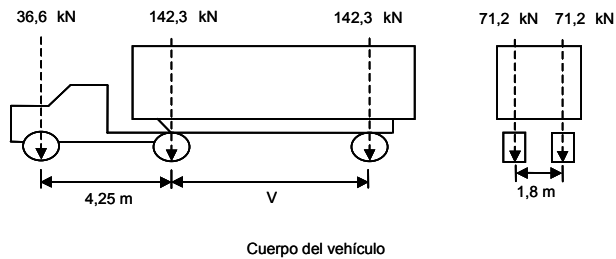
f) Obstrucción de accesos. Los accesos a registros, pozos o bóvedas no deben ser obstruidos por construcciones, estructuras, instalaciones provisionales, equipos semifijos o cualquier otra instalación.

923-16. Resistencia mecánica. Los registros, pozos y bóvedas deben estar diseñados y construidos para soportar todas las cargas estáticas y dinámicas que puedan actuar sobre su estructura.

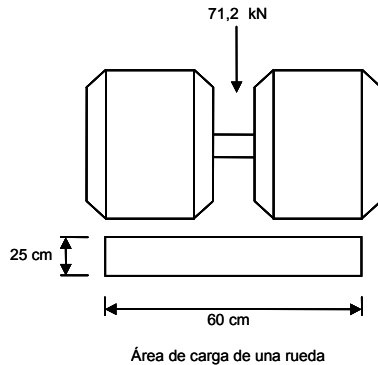
Las cargas estáticas incluyen el peso propio de la estructura, el del equipo, el del agua sobre la cubierta interior, el del hielo y otras cargas que tengan influencia sobre la misma estructura.

Las cargas dinámicas incluyen principalmente el peso de vehículos en movimiento y cargas por impacto que actúen sobre la estructura.

a) En las zonas de tránsito de vehículos debe tenerse en cuenta, para el cálculo, el vehículo más pesado que pueda transitar por el lugar y debe considerarse que su masa se reparte en cuatro ruedas, pero que sólo una de ellas transmite su carga a la cubierta y a la estructura del registro, pozo o bóveda, en un área vertical de 25 cm x 60 cm; excepto el caso en que, por las dimensiones del recinto, la estructura y su cubierta deban soportar la carga transmitida por dos ruedas separadas 2 m en línea transversal al eje del vehículo.



V = Dimensión que varía entre 4,25 y 9,0 m La dimensión a usar debe ser aquella que dé por resultado (La carga lateral y vertical que produzca los máximos momentos flexionantes en la estructura)



a) Masa y dimensiones de un vehículo

b) Área de carga de una rueda

NOTA: Como referencia, la carga dinámica que puede considerarse para el cálculo anterior, corresponde a un vehículo cuyo masa y dimensiones se indican en (a).

FIGURA 923-16.- Características del vehículo para determinar la carga dinámica

b) En zonas que no tienen tránsito de vehículos debe considerarse una carga dinámica mínima de $15\ 000\ \text{N/m}^2$ (15 kPa).

c) Las cargas dinámicas deben incrementarse en 30% por impacto.

d) Cuando en los registros, pozos y bóvedas se coloquen anclas para el jalado de los cables, éstas deben tener la resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas, con un factor de seguridad mínimo de 2.

923-17. Dimensiones. Las paredes interiores de los registros deben dejar un espacio libre cuando menos igual que el que deja su tapa de acceso, y su altura debe ser tal que permita a una persona trabajar desde el exterior o parcialmente introducida en ellos.

En los pozos y bóvedas, además del espacio ocupado por cables y equipo, debe dejarse espacio libre suficiente para trabajar. La dimensión horizontal de este espacio debe ser cuando menos de 0,9 m y la vertical de 1,8 m.

En el caso de líneas de comunicación, las dimensiones mínimas de dicho espacio deben ser: la horizontal de 0,8 m y la vertical de 1,2 m.

923-18. Acceso a pozos y bóvedas

a) El acceso a los pozos debe tener un espacio libre mínimo de 56 cm x 65 cm si es rectangular, o de 84 cm de diámetro si es circular. En el caso de líneas de comunicación dicho espacio debe ser de 40 cm x 50 cm si es rectangular. El acceso debe estar libre de protuberancias que puedan lesionar al personal o que impidan una rápida salida.

b) El acceso a pozos y bóvedas no debe ser localizado directamente sobre los cables o equipo. Cuando el acceso interfiera con algún obstáculo, puede quedar localizado sobre los cables, si se cumple con alguna de las siguientes medidas:

- (1) una señal de advertencia adecuada;
- (2) una barrera de protección sobre los cables; o

(3) una escalera fija.

c) En bóvedas puede tenerse otro tipo de aberturas localizadas sobre el equipo, para facilitar su operación desde el exterior.

923-19. Tapas. Las tapas de los registros, pozos y bóvedas deben ser de masa y diseño para que asienten y cubran los accesos, así como para evitar que puedan ser fácilmente removidas sin herramientas. Cuando las tapas de bóvedas y pozos para acceso del personal sean ligeras, deben estar provistas de aditamentos para la colocación de candados.

Las tapas deben ser de un diseño tal que no puedan caer accidentalmente dentro de los registros, pozos o bóvedas. No deben tener protuberancias dentro de los pozos de visita suficientemente grandes para tener contacto con los cables o equipos.

Las tapas y sus soportes deben tener la resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas que se mencionan en 923-16.

Las tapas deben ser de un material o contar con un recubrimiento adecuado a las condiciones térmicas, químicas, mecánicas y ambientales del lugar.

Las tapas deben ser antiderrapantes y tener una identificación visible desde el exterior que indique el tipo de instalación o la empresa a la que pertenecen.

En el caso de transformadores instalados en bóvedas, las tapas deben contar con una rejilla apropiada para permitir la ventilación. La separación del enrejado no debe permitir el paso de objetos que puedan dañar a los cables o equipos.

923-20. Puertas de acceso a túneles y bóvedas

a) Las puertas de acceso deben localizarse de forma que se provea un acceso seguro.

b) Las puertas de acceso del personal a las bóvedas no deben localizarse o abrir directamente sobre el equipo o cables. Las aperturas de otros tipos (no para acceso del personal) en las bóvedas, pueden ubicarse sobre el equipo para facilitar el trabajo, reemplazo o instalación del mismo.

c) Cuando las puertas de túneles y bóvedas dentro de edificios estén accesibles al público, deben estar cerradas con llave, a menos que persona autorizada impida la entrada al público.

d) Estas puertas deben diseñarse de forma que una persona pueda salir rápidamente, aun cuando la puerta esté cerrada desde el exterior.

923-21. Protección en áreas de trabajo

a) Tráfico de peatones y vehículos

1. Antes de iniciar cualquier trabajo que pueda poner en peligro al público o a los trabajadores, deben colocarse avisos preventivos o barreras normalizadas, o conos fosforescentes, de tal manera que sean perfectamente visibles al tráfico que se acerca al lugar de trabajo; en estos mismos casos, el personal de piso a cargo de estos trabajos debe usar chalecos de color fosforescente y debe poner en funcionamiento los faros giratorios del vehículo. Durante la noche, adicionalmente deben utilizarse señales luminosas o reflejantes. Cuando la naturaleza del trabajo y las condiciones de tráfico lo justifiquen, una persona debe dedicarse exclusivamente a advertir al tráfico sobre los riesgos existentes, utilizando banderolas rojas o señales luminosas según sea de día o de noche. Los preventivos mencionados deben estar a una distancia adecuada considerando la topografía y configuración de las vías de circulación en el área de trabajo, así como la velocidad de circulación.

2. Se recomienda que los avisos sean de la siguiente manera:

- En los "avisos de precaución" el fondo de color ámbar con señales y letreros de advertencia color negro.
- En los "avisos de peligro" el fondo de color blanco con señales y letreros de advertencia color rojo.

3. Durante el día, los hoyos, cepas, registros sin tapa u obstrucciones, deben identificarse con señales de peligro, tales como avisos preventivos y acordonamiento, conos fosforescentes o barreras. Durante la noche deben usarse señales luminosas o reflejantes. De ser necesario dejar desatendido temporalmente algún hoyo o cepa, debe colocarse una tapa provisional, para evitar accidentes al público.

4. Cuando la naturaleza del trabajo y las condiciones del tráfico lo justifiquen, debe solicitarse el auxilio de las autoridades de tránsito competentes, para advertir al tráfico sobre los riesgos existentes.

b) Trabajadores

1. Cuando por razón de los trabajos se expongan partes energizadas o en movimiento, deben colocarse avisos preventivos y guardas, para advertir a los otros trabajadores en el área.

2. Cuando se trabaje en áreas con secciones múltiples muy semejantes, como es el caso de una sección de una subestación, la sección de trabajo debe marcarse en forma notoria, acordonándola o usando barreras, con avisos preventivos, a fin de evitar contactos accidentales con partes vivas tanto de la propia sección de trabajo como de secciones adyacentes.

c) Conductores

Todo trabajador que encuentre cables o alambres que representen peligro, debe informar de la situación peligrosa a su jefe inmediato, colocando avisos preventivos y debe quedarse a vigilar. De estar facultado y contar con los medios necesarios debe corregir la condición que representa peligro.

ARTICULO 924-SUBESTACIONES

924-1. Objetivo y campo de aplicación. Este Artículo contiene requisitos que se aplican a las subestaciones de usuarios (véase 110-30 y 110-31), y a las instalaciones que forman parte de sistemas instalados en la vía pública.

Estos requisitos se aplican a toda instalación, en el caso de instalaciones temporales (que pueden requerirse en el proceso de construcción de fábricas o en subestaciones que están siendo reestructuradas o reemplazadas), la autoridad competente puede eximir al usuario del cumplimiento de alguno de estos requisitos, de acuerdo con la justificación que exista para ello y siempre que se obtenga la debida seguridad por otros medios.

924-2. Medio de desconexión general. Toda subestación particular debe tener en el punto de enlace entre el suministrador y el usuario un medio de desconexión general, ubicado en un lugar de fácil acceso y en el límite del predio, para las subestaciones siguientes:

a) Compactas

Excepción: En subestaciones compactas con un solo transformador que requieran ampliarse y no cuenten con espacio suficiente, se permite colocar un segundo transformador en el mismo medio de desconexión general, siempre que cada transformador tenga su propio medio de protección.

b) Abiertas o pedestal mayores a 500 kVA

Abiertas o pedestal, se permite colocar un segundo transformador en el mismo medio de desconexión general, siempre que cada transformador tenga su propio medio de protección.

924-3. Resguardos de locales y espacios. Los locales y espacios en que se instalen subestaciones deben tener restringido y resguardado su acceso; por medio de cercas de tela de alambre, muros o bien en locales especiales para evitar la entrada de personas no calificadas. Los resguardos deben tener una altura mínima de 2,10 m y deben cumplir con lo indicado en la Sección 110-34, espacio de trabajo y protección.

Excepción: En subestaciones tipo pedestal y compactas es suficiente una delimitación de área.

924-4. Condiciones de los locales y espacios. Los locales donde se instalen subestaciones deben cumplir con lo siguiente:

a) Deben estar hechos de materiales no combustibles.

b) No deben emplearse como almacenes, talleres o para otra actividad que no esté relacionada con el funcionamiento y operación del equipo.

Excepción: Se permite colocar en el mismo local la planta generadora de emergencia o respaldo, cumpliendo con el Artículo 445.

c) No debe haber polvo o pelusas combustibles en cantidades peligrosas ni gases inflamables o corrosivos.

d) Deben tener ventilación adecuada para que el equipo opere a su temperatura nominal y para minimizar los contaminantes en el aire bajo cualquier condición de operación.

La restricción de acceso a las subestaciones tipo abierta y azotea debe cumplir con lo indicado en la Sección 110-31.

e) Deben mantenerse secos.

924-5. Instalación de alumbrado. Los niveles de iluminación mínima sobre la superficie de trabajo, para locales o espacios, se muestran en la Tabla 924-5, véase adicionalmente lo indicado en 110-34(d).

TABLA 924-5.- Niveles mínimos de iluminancia requeridos

Tipo de lugar:	Iluminancia (lx)
Frente de tableros de control con instrumentos, diversos e interruptores, etc.	270
Parte posterior de los tableros o áreas dentro de tableros "dúplex"	55
Pupitres de distribución o de trabajo	270
Cuarto de baterías	110
Pasillos y escaleras (medida al nivel del piso)	55
Alumbrado de emergencia, en cualquier área	11
Áreas de maniobra	160
Áreas de tránsito de personal y vehículos	110
General	22

Excepción 1: No se requiere iluminación permanente en celdas de desconectores y pequeños espacios similares ocupados por aparatos eléctricos.

Excepción 2: Las subestaciones de usuarios de tipo poste o pedestal quedan excluidas de los requerimientos a que se refiere esta Sección y pueden considerarse iluminadas con el alumbrado existente para otras áreas adyacentes.

a) Receptáculos y unidades de alumbrado. Los receptáculos para conectar aparatos portátiles deben situarse de manera que, al ser utilizados, no se acerquen en forma peligrosa a cordones flexibles o a partes vivas.

Las unidades de alumbrado deben situarse de manera que puedan ser controladas, repuestas y limpiadas desde lugares de acceso seguro. No deben instalarse usando conductores que cuelguen libremente y que puedan moverse de modo que hagan contacto con partes vivas de equipo eléctrico.

b) Circuito independiente. En subestaciones, el circuito para alumbrado y receptáculos debe alimentar exclusivamente estas cargas y tener protección adecuada contra sobrecorriente independiente de los otros circuitos.

c) Control de alumbrado. Con objeto de reducir el consumo de energía y facilitar la visualización de fallas en el área de equipos, barras y líneas, el alumbrado debe permanecer al mínimo valor posible, excepto en los momentos de maniobras.

d) Eficiencia. Para optimizar el uso de la energía, se recomienda proporcionar mantenimiento e inspeccionar los luminarios y sus conexiones.

e) Debe colocarse en el local, cuando menos, una lámpara para alumbrado de emergencia por cada puerta de salida del local.

924-6. Pisos, barreras y escaleras

a) Pisos. En las subestaciones los pisos deben ser planos, firmes y con superficie antiderrapante, se debe evitar que haya obstáculos en los mismos. Los huecos, registros y trincheras deben tener tapas adecuadas.

El piso debe tener una pendiente (se recomienda una mínima de 2,5%) hacia las coladeras del drenaje.

b) Barreras. Todos los huecos en el piso que no tengan tapas o cubiertas adecuadas y las plataformas de más de 50 cm de altura, deben estar provistos de barreras, de 1,20 m de altura, como mínimo. En lugares donde se interrumpa una barrera junto a un espacio de trabajo, para dar acceso a una escalera, debe colocarse otro tipo de barrera (reja, cadena).

c) Escaleras. Las escaleras que tengan cuatro o más escalones deben tener pasamanos. Las escaleras con menos de cuatro escalones deben distinguirse convenientemente del área adyacente, con pintura de color diferente u otro medio. No deben usarse escaleras tipo "marino", excepto en bóvedas.

924-7. Accesos y salidas. Los locales y cada espacio de trabajo deben tener un acceso y salida libre de obstáculos.

Si la forma del local, la disposición y características del equipo en caso de un accidente pueden obstruir o hacer inaccesible la salida, el área debe estar iluminada y debe proveerse un segundo acceso y salida, indicando una ruta de evacuación.

La puerta de acceso y salida de un local debe abrir hacia afuera y estar provista de un seguro que permita su apertura, desde adentro. En subestaciones interiores, cuando no exista espacio suficiente para que el local cuente con puerta de abatimiento, se permite el uso de puertas corredizas, siempre que éstas tengan claramente marcado su sentido de apertura y se mantengan abiertas mientras haya personas dentro del local.

La puerta debe tener fijo en la parte exterior y en forma completamente visible, un aviso con la leyenda:

"PELIGRO ALTA TENSION ELECTRICA"

924-8. Protección contra incendio. Independientemente de los requisitos y recomendaciones que se fijen en esta Sección, debe cumplirse la reglamentación en materia de prevención de incendios.

a) Extintores. Deben colocarse extintores, tantos como sean necesarios en lugares convenientes y claramente marcados, situando dos, cuando menos, en puntos cercanos a la entrada de las subestaciones. Para esta aplicación se permiten extintores de polvo químico seco.

Los extintores deben revisarse periódicamente para que estén permanentemente en condiciones de operación y no deben estar sujetos a cambios de temperatura mayores que los indicados por el fabricante.

En las subestaciones de tipo abierto o pedestal instalados en redes de distribución no se requiere colocar extintores de incendio.

b) Sistemas integrados. En tensiones eléctricas mayores de 69 kV, se recomienda el uso de sistemas de protección contra incendio tipo fijo que operen automáticamente por medio de detectores de fuego que, al mismo tiempo, accionen alarmas.

c) Contenedores para aceite. En el equipo que contenga aceite, se deben tomar alguna o algunas de las siguientes medidas:

1) Proveer medios adecuados para confinar, recoger y almacenar el aceite que pudiera escaparse del equipo, mediante recipientes o depósitos independientes del sistema de drenaje. Para transformadores mayores que 1 000 kVA, el confinamiento debe ser para una capacidad de 20% de la capacidad del equipo y cuando la subestación tiene más de un transformador, una fosa colectora equivalente al 100% del equipo de mayor capacidad.

2) Construir muros divisorios, de tabique o concreto, entre transformadores y entre éstos y otras instalaciones vecinas, cuando el equipo opere a tensiones eléctricas iguales o mayores a 69 kV.

3) Separar los equipos en aceite con respecto a otros aparatos, por medio de barreras incombustibles, o bien por una distancia suficiente para evitar la proyección de aceite incendiado de un equipo hacia los otros aparatos.

924-9. Localización y accesibilidad

a) Los tableros deben colocarse donde el operador no esté expuesto a daños por la proximidad de partes vivas o partes de maquinaria o equipo en movimiento.

b) No debe haber materiales combustibles en la cercanía.

c) El espacio alrededor de los tableros debe conservarse despejado y no usarse para almacenar materiales, de acuerdo con lo indicado en 110-34.

d) El equipo de interruptores debe estar dispuesto de forma que los medios de control sean accesibles al operador.

924-10. Dispositivo general de protección contra sobrecorriente. Toda subestación debe tener en el lado primario un dispositivo general de protección contra sobrecorriente para la tensión eléctrica y corriente del servicio, referentes a la corriente de interrupción y a la capacidad nominal o ajuste de disparo, respectivamente (ver 230-206).

En subestaciones con dos o más transformadores, o en subestaciones receptoras con varias derivaciones para transformadores remotos u otras cargas, véase 240-100.

Excepción: En ampliaciones de subestaciones compactas aplicar la Excepción de 924-2.

924-11. Requisitos generales del sistema de protección del usuario. La protección del equipo eléctrico instalado en la subestación de un usuario no debe depender del sistema de protección del suministrador.

Las fallas por cortocircuito en la instalación del usuario no deben ocasionar la apertura de las líneas suministradoras, lo cual puede afectar el servicio a otros usuarios, para tal fin el usuario debe consultar con el suministrador con objeto de obtener la coordinación correspondiente.

924-12. Equipo a la intemperie o en lugares húmedos. En instalaciones a la intemperie o en lugares húmedos, el equipo debe estar diseñado y construido para operar satisfactoriamente bajo cualquier condición atmosférica existente.

924-13. Consideraciones ambientales

a) Las subestaciones con tensiones eléctricas mayores a 69 kV deben considerar la limitación de los esfuerzos sísmicos y dinámicos que soporta el equipo a través de sus conexiones.

b) Los equipos deben ser capaces de soportar los esfuerzos sísmicos que se le transmiten del suelo a través de sus bases de montaje y que resultan de las componentes de carga vertical y horizontal, más la ampliación debida a la vibración resonante.

c) El proyecto de las subestaciones urbanas con tensiones eléctricas mayores a 69 kV deben considerar el efecto del impacto ambiental, de manera que sus inconvenientes se reduzcan a un nivel tolerable.

En las subestaciones ubicadas en áreas urbanas se deben tomar medidas tendientes a limitar el ruido audible a 60 dB, medido en el límite del predio en la colindancia a la calle o a predios vecinos.

924-14. Instalación y mantenimiento del equipo eléctrico. El equipo de las subestaciones debe ser instalado y mantenido para reducir al mínimo los riesgos de accidentes del personal, así como el consumo de energía.

a) **Equipo de uso continuo.** Antes de ser puesto en servicio, debe comprobarse que el equipo eléctrico cumple con los requisitos establecidos en los diferentes Artículos aplicables de esta norma.

Posteriormente, debe ser mantenido en condiciones adecuadas de funcionamiento, haciendo inspecciones periódicas para comprobarlo. El equipo defectuoso debe ser reparado o reemplazado.

b) **Equipo de uso eventual.** Se recomienda que el equipo o las instalaciones que se usen eventualmente, sean revisados y probados antes de usarse en cada ocasión.

Los equipos deben soportarse y fijarse de manera consistente a las condiciones de servicio esperadas. Los equipos pesados como transformadores quedan asegurados por su propio peso, pero aquellos donde se producen esfuerzos por sismo o fuerzas dinámicas durante su operación, pueden requerir medidas adicionales. Véase 924-13.

924-15. Partes con movimientos repentinos. Todas las partes que se muevan repentinamente y que puedan lastimar a personas que se encuentren próximas, deben protegerse por medio de resguardos.

924-16. Identificación del equipo eléctrico. Para identificar al equipo eléctrico en subestaciones se recomienda pintarlo y numerarlo, usando placas, etiquetas o algún otro medio que permita distinguirlo fácilmente, tanto respecto de su funcionamiento como del circuito al que pertenece. Es conveniente establecer un método de identificación uniforme en todo el equipo instalado en una subestación o en un grupo de instalaciones que correspondan a un mismo usuario.

Esta identificación no debe colocarse sobre cubiertas removibles o puertas que puedan ser intercambiadas.

924-17. Transformadores de corriente. Los circuitos secundarios de los transformadores de corriente deben tener medios para ponerse en cortocircuito y conectarse a tierra simultáneamente. Cuando exista relación múltiple y con salidas no conectadas, éstas se deben poner en cortocircuito.

924-18. Protección de los circuitos secundarios de transformadores para instrumentos

a) **Conexión de puesta a tierra.** Los circuitos secundarios de transformadores para instrumentos (transformadores de corriente y de potencial) deben tener una referencia efectiva y permanente de puesta a tierra. Véase 250-121.

b) **Protección mecánica de los circuitos secundarios cuando los primarios operen a más de 6600 V.** Los conductores de los circuitos secundarios deben alojarse en tubo (conduit) metálico, permanentemente puesto a tierra, a menos que estén protegidos contra daño mecánico y contra contacto de personas.

924-19. Instalación de transformadores de potencia y distribución. Los requisitos siguientes aplican a transformadores instalados al nivel del piso, en exteriores o interiores:

a) Instalación. Deben cumplirse las disposiciones establecidas en 450-8.

b) Transformadores que contengan aceite. En la instalación de transformadores que contengan aceite deben tenerse en cuenta las recomendaciones sobre protección contra incendio que se indican en 924-8 y el Artículo 450.

c) Edificios de subestaciones. En edificios que no se usen solamente para subestaciones, los transformadores deben instalarse en lugares especialmente destinados a ello de acuerdo con lo indicado en 450-9 y que sean solamente accesibles a personas calificadas.

d) Selección de los transformadores. Deben trabajar lo más próximo a 100% de su capacidad, conforme a los límites marcados por la confiabilidad operativa y requisitos de la carga que alimentan.

924-20. Medio aislante. Deben tomarse las medidas siguientes:

a) Cumplir con lo establecido en 450-25 y en áreas peligrosas, debe cumplir adicionalmente con lo indicado en el Capítulo 5.

b) Los líquidos aislantes deben ser biodegradables, no dañinos a la salud.

924-21. Ajuste de la protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente de transformadores (excepto los de medición y control) debe cumplir con lo establecido en 450-3.

924-22. Locales para baterías. Los locales deben ser independientes con un espacio alrededor de las baterías para facilitar el mantenimiento, pruebas y reemplazo de celdas, cumpliendo con lo siguiente:

a) Local independiente. Las baterías se deben instalar en un local independiente.

Dentro de los locales debe dejarse un espacio suficiente y seguro alrededor de las baterías para la inspección, el mantenimiento, las pruebas y reemplazo de celdas.

b) Conductores y canalizaciones. No deben instalarse conductores desnudos en lugares de tránsito de personas, a menos que se coloquen en partes altas para quedar protegidos. Para instalar los conductores aislados puede usarse canalización metálica con tapa, siempre que estén debidamente protegidos contra la acción deteriorante del electrolito.

En los locales para baterías, los conductores con envolturas barnizadas no deben usarse.

c) Terminales. Si en el local de las baterías se usan canalizaciones u otras cubierta metálicas, los extremos de los conductores que se conecten a las terminales de las baterías deben estar fuera de la canalización, por lo menos a una distancia de 30 cm de las terminales, y resguardarse por medio de una boquilla aislante.

El extremo de la canalización debe cerrarse herméticamente para no permitir la entrada del electrolito.

d) Pisos. Los pisos de los locales donde se encuentren baterías y donde sea probable que el ácido se derrame y acumule, deben ser de material resistente al ácido o estar protegidos con pintura resistente al mismo. Debe existir un recolector para contener los derrames de electrolito.

e) Equipos de calefacción. No deben instalarse equipos de calefacción de flama abierta o resistencias incandescentes expuestas en el local de las baterías.

f) Iluminación. Los locales de las baterías deben tener una iluminación natural adecuada durante el día.

En los locales para baterías, se deben usar luminarios con portalámparas a prueba de vapor y gas protegidos de daño físico por barreras o aislamientos. Los receptáculos y apagadores deben localizarse fuera del local.

924-23. Puesta a tierra

Para disposiciones para puesta a tierra, véase el Artículo 921.

924-24. Tarimas y tapetes aislantes

Estos medios de protección no deben usarse como sustitutos de los resguardos indicados en las Secciones anteriores.

Las tarimas deben ser de material aislante sin partes metálicas, con superficie antiderrapante y con orillas biseladas. Los tapetes también deben ser de material aislante.

En subestaciones de tipo interior, las tarimas y tapetes deben instalarse cubriendo la parte frontal de los equipos de accionamiento manual, que operen a más de 1000 V entre conductores; su colocación no debe presentar obstáculo en la apertura de las puertas de los gabinetes.

Para subestaciones tipo pedestal o exteriores no se requieren tapetes o tarimas aislantes.

ARTICULO 930-ALUMBRADO PUBLICO

A. Disposiciones generales

930-1. Objetivo y campo de aplicación. El objetivo de este Artículo es establecer las disposiciones para proporcionar una visión rápida, precisa y confortable durante las horas de la noche en vialidades y zonas públicas. Estas cualidades de visión pueden salvaguardar la seguridad de las personas y sus bienes, facilitando y fomentando el tráfico vehicular y peatonal.

NOTA: El cumplimiento de este Artículo no exime ninguna responsabilidad en cuanto a la observancia de lo dispuesto en otras Normas Oficiales Mexicanas.

930-2. Definiciones

Alumbrado Público. Sistema de iluminación de lugares o zonas públicas, con tránsito vehicular y peatonal, normalmente en exteriores, que proporciona una visión confortable durante la noche o en zonas oscuras.

Coefficiente de Utilización: es la relación entre el flujo luminoso emitido por el luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso que emite(n) la(s) lámpara(s) solas del luminario.

Coefficiente de Utilización: Un coeficiente de utilización es derivado de la curva de utilización y es el porcentaje del lumens emitidos por la lámpara que inciden en uno o dos áreas de longitud infinita, una que se extiende al frente del luminario (lado calle) y la otra atrás del luminario (lado casa) cuando el luminario está nivelado y orientado sobre la vialidad en una manera equivalente en la cual fue probado. Ya que el ancho de la vialidad está expresado en términos de una relación de altura de montaje del luminario al ancho de la calle, este término no tiene unidades (unidimensional).

Confort visual. Grado de satisfacción visual producido por el entorno luminoso.

Deslumbramiento. Condición de visión en la cual existe incomodidad o disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

Illuminancia ($E=d\Phi/dA$). Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, la unidad de medida es el lux (lx).

Luminancia (L). La luminancia en un punto de una superficie y en una dirección dada, se define como la intensidad luminosa de un elemento de esa superficie, dividida por el área de la proyección ortogonal de este elemento sobre un plano perpendicular a la dirección considerada. La unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m^2).

930-3. Clasificación del alumbrado público. El nivel de iluminancia o la luminancia requeridas en una vialidad, se debe seleccionar de acuerdo a la clasificación en cuanto a su uso y tipo de zona en la cual se encuentra localizada:

a) Autopistas. Vialidades con alto tránsito vehicular de alta velocidad con control total de acceso y sin cruces al mismo nivel.

b) Carreteras. Vialidades que interconectan dos poblaciones con cruces al mismo nivel.

c) Vías principales y ejes viales. Vialidades que sirven como red principal para el tránsito de paso; conecta áreas de generación de tráfico y vialidad importante de acceso a la ciudad. Generalmente tiene alto tránsito peatonal y vehicular nocturno y puede tener circulación vehicular en contra flujo. Típicamente no cuenta con pasos peatonales.

d) Vías colectoras o primarias. Son vialidades que sirven para conectar el tránsito entre las vías principales y las secundarias.

e) Vías secundarias. Vialidades usadas fundamentalmente para acceso directo a zonas residenciales, comerciales e industriales, se clasifican a su vez en:

TIPO A-Vía de tipo residencial con alto tránsito peatonal nocturno, tránsito vehicular de moderado a alto, y con moderada existencia de comercios.

TIPO B-Vía de tipo residencial con moderado tránsito peatonal nocturno, tránsito vehicular de bajo a moderado y con moderada existencia de comercios.

TIPO C-Vía de acceso industrial que se caracteriza por bajo tránsito peatonal nocturno, moderado tránsito vehicular y baja actividad comercial.

f) Túneles. Para la clasificación de la estructura de los túneles, se deben tener en cuenta sus características dimensionales y su alineación geométrica.

1) Túnel Corto. Es el túnel recto cuya longitud total de un extremo a otro, a lo largo de su eje central, es igual o menor que la distancia mínima de seguridad de frenado. Un túnel corto puede tener hasta 25 m de largo, sin que necesite alumbrado durante el día, siempre que sea recto o el tráfico no sea muy intenso.

2) Túnel Largo. Es el túnel cuya longitud total es mayor que la distancia mínima de seguridad de frenado, o bien, aquel que por su alineación o curvatura impida observar al conductor la salida del mismo. En los túneles largos necesariamente existen zonas de umbral, transición, interior, nuevamente transición y umbral.

3) Túnel unidireccional. Es aquella estructura que consiste en dos recintos separados, cada uno de los cuales está diseñado para el flujo de tráfico en una sola dirección. Este tipo de túnel puede ser de uno o varios carriles.

4) Túnel bidireccional. Es aquella estructura que consiste de un solo recinto común diseñado para el flujo de tráfico en ambas direcciones. En este tipo de túnel, el nivel de luminancia en la zona interior, debe ser mayor que la correspondiente del túnel unidireccional.

5) Paso superior o paso inferior. Una estructura es considerada paso superior o paso inferior, cuando la longitud del mismo no excede el ancho de la vialidad superior o inferior, respectivamente.

6) Vía de acceso. Es el área externa de la vialidad que conduce al túnel.

7) Portal. Es el plano de entrada al interior del túnel.

8) Zona de entrada o umbral. Es la zona interior inicial del túnel donde se realiza la transición de un alto nivel de iluminación natural hasta el inicio de las zonas de transición y es igual que la distancia mínima de seguridad de frenado menos 15 m. La luminancia del túnel en esta zona durante el día debe ser relativamente alta con el fin de proporcionar visibilidad durante el proceso de adaptación del ojo, conforme el conductor se interne en el túnel.

9) Zona de transición. Es la zona después de la de umbral que permite al conductor la apropiada adaptación de la visión y debe disminuir gradualmente hasta la zona interior. La longitud de esta zona es igual que la distancia mínima de frenado.

10) Zona interior. Es la zona dentro del túnel que le sigue a la zona de transición, donde se completa la adaptación del ojo. El nivel de luminancia en esta zona debe mantenerse constante.

g) Los estacionamientos se clasifican:

1) Por su construcción

a. Abiertos.

b. Cerrados.

2) Por su actividad. Estos niveles reflejan la actividad vehicular y peatonal, normalmente identificados por los siguientes ejemplos:

a. Alta

Eventos deportivos de importancia.

Eventos cívicos y culturales de relevancia.

Centros comerciales regionales.

Restaurantes.

b. Media

Centros comerciales locales.

Eventos cívicos, culturales o recreacionales.

Áreas de oficinas.

Áreas de hospitales.

Áreas de terminales aéreas, terrestres y de trasbordo.

Complejos residenciales

c. Baja

Centros comerciales pequeños.

Áreas industriales.

Áreas escolares.

Iglesias.

Otras actividades.

B. Especificaciones de los sistemas de alumbrado

930-4. Disposiciones generales. Se permite que las autopistas y carreteras puedan estar o no iluminadas, sin embargo se deben iluminar los tipos restantes de clasificaciones de alumbrado público indicados en 930-3.

A excepción de pasos a desnivel peatonales, alumbrado de emergencia e instalaciones temporales, no se permite el uso de lámparas incandescentes, fluorescentes, tungsteno-halógeno, vapor de mercurio y luz mixta para el alumbrado público.

930-5. Especificaciones auxiliares

a) Reflectancia del pavimento. Se deben considerar las características de reflectancia del pavimento para el cálculo de luminancia de una vialidad, las cuales son mostradas en la Tabla 930-5(a).

TABLA 930-5(a).- Características de reflectancia del pavimento

Clase	Q ₀	Descripción	Tipo de reflectancia
R ₁	0,10	Superficie de concreto, cemento portland, superficie de asfalto difuso con un mínimo de 15% de agregados brillantes artificiales.	Casi difuso
R ₂	0,07	Superficie de asfalto con un agregado compuesto de un mínimo de 60% de grava de tamaño mayor que 10 mm. Superficie de asfalto con 10 a 15% de abrillantador artificial en la mezcla agregada.	Difuso especular
R ₃	0,07	Superficie de asfalto regular y con recubrimiento sellado, con agregados oscuros tal como roca o roca volcánica, textura rugosa después de algunos meses de uso (Típico de autopistas).	Ligeramente especular
R ₄	0,08	Superficie de asfalto con textura muy tersa.	Muy especular

NOTA: Q₀ representa el coeficiente de luminancia media.

b) Distancia mínima de seguridad de frenado. En un túnel la distancia mínima de seguridad de frenado es aquella requerida para que un conductor pueda detener su vehículo con seguridad, a fin de no impactarse con objetos que se encuentren dentro del túnel. Dicha distancia varía de acuerdo a la velocidad de circulación permitida la cual se indica en la Tabla 930-5(b).

TABLA 930-5(b).- Distancia mínima de seguridad de frenado

Velocidad del Tráfico km/h	Distancia mínima de seguridad de frenado (m)
50	80
65	90
80	140
90	165
95	200
105	220

930-6. Niveles de luminancia e iluminancia. Se permite que las necesidades visuales a lo largo de las vialidades tipo autopistas, carreteras, vías principales, primarias y secundarias, puedan darse en términos de la iluminancia o de la luminancia.

La relación entre los valores de luminancia e iluminancia se derivan de condiciones generales para pavimentos secos y vialidades rectas. Esta relación no se aplica a los promedios.

Para autopistas con doble carril por sentido de circulación, donde el sistema de iluminación pueda diferir entre uno y otro, los cálculos deben realizarse para cada sentido en forma independiente.

Para autopistas, los valores mínimos se aplican tanto a la vialidad como a las rampas de acceso.

a) Niveles de luminancia

1) Vialidades. Las necesidades visuales del entorno a lo largo de una vialidad en función de la luminancia deben ser los descritos en la Tabla 930-6(a) que se muestra a continuación.

TABLA 930-6(a).- Valores mantenidos de luminancia

Clasificación de vialidades	Luminancia promedio mínima	Uniformidad de luminancia		Relación de luminancia de deslumbramiento
	L_{prom} (cd/m^2)	$L_{prom}/L_{mín}$	L_{max}/L_{min}	L_d/L_{prom}
Autopistas y carreteras	0,4	3,5 a 1	6 a 1	0,3 a 1
Vías de acceso controlado y Vías rápidas	1,0	3 a 1	5 a 1	0,3 a 1
Vías principales y ejes viales	1,2	3 a 1	5 a 1	0,3 a 1
Vías primarias o colectoras	0,8	3 a 1	5 a 1	0,4 a 1
Vía secundaria residencial Tipo A	0,6	6 a 1	10 a 1	0,4 a 1
Vía secundaria residencial Tipo B	0,5	6 a 1	10 a 1	0,4 a 1
Vía secundaria industrial Tipo C	0,3	6 a 1	10 a 1	0,4 a 1

L_d = Luminancia de deslumbramiento.

2) Túneles. Las Tablas 930-6(b) indican la forma para determinar los niveles de luminancia que deben mantenerse en túneles.

El nivel de luminancia en la zona de entrada o umbral del túnel para iluminación diurna o nocturna, debe determinarse teniendo en cuenta las condiciones indicadas en la Tabla 930-6(b)-1y 2 y en la Figura 930-6(b)-1.

TABLA 930-6(b)-1.- Nivel de luminancia de pavimento, promedio mínimo mantenido en la zona de entrada o umbral de túneles vehiculares (cd/m^2)

Características del túnel	Velocidad del tráfico (km/h)	Orientación		
		Norte	Este-Oeste	Sur
Vialidad abierta				
escena tipo 1	100	300	410	550
escena tipo 2 $L_{TH} \times 0,8^*$	80	250	350	470
escena tipo 3 $L_{TH} \times 0,9^*$	60	260	240	255
túnel urbano	100	260	240	255
rampa T	80	220	220	220
escenas tipo 4, 5 y 6	60	195	210	180
túnel de montaña	100	240	260	270
escena tipo 7	80	200	220	230
escena tipo 8	80	180	190	200

Observaciones:

1. L_{TH} = Luminancia de umbral o de entrada.

2. Los valores mostrados en esta tabla deben observarse únicamente para la luminancia en la zona de entrada o umbral.

3. * estos factores representan la reducción permitida en los valores de la luminancia L_{TH} debido a la luminancia resultante de la configuración del portal. Las diferentes escenas se indican en la Figura 930-6(b)-1

TABLA 930-6(b)-2.- Porcentajes de aplicación de los valores indicados en la Tabla 930-6(b)-1

Longitud del túnel	Volumen de tráfico	Ciclistas	Salida visible				Salida no visible				
			Penetración de luz de día				Penetración de luz de día				
			Buena		Pobre		Buena		Pobre		
			Reflectancia de las paredes		Reflectancia de las paredes		Reflectancia de las paredes		Reflectancia de las paredes		
			Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	
Menos de 25 m	Ligero	No	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
		Si	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	Pesado	No	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
		Si	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
25 m-100 m	Ligero	No	0 %	0 %	50 %	50 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
		Si	0 %	0 %	50 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	Pesado	No	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %
		Si	50 %	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
101 m-250 m	Ligero	No	50 %	50 %	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
		Si	50 %	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Pesado	No	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
		Si	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Más de 250 m	Ligero	No	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
		Si	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Pesado	No	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
		Si	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

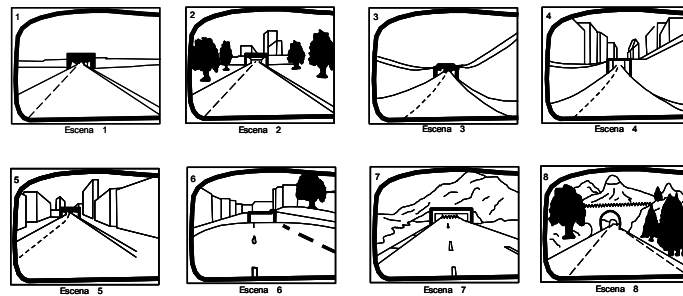


FIGURA 930-6(b)(1).- Tipos de escena indicados en la Tabla 930-6(b)(1)

Los niveles de luminancia en el interior del túnel para condiciones de luz diurna, debe cumplir con lo establecido en la Tabla 930-6(b)(3).

TABLA 930-6(b)-3.- Nivel de luminancia promedio mínimo mantenido sobre la vialidad en la zona interior durante el día (cd/m²)

Distancia de frenado	Luminancia promedio en la superficie de la zona interior		
	Flujo de tráfico en número de vehículos		
	BAJO Menos de 2 400 promedio anual de tráfico diario	MEDIO Más de 2 400 y menos de 24 000 promedio anual de tráfico diario	PESADO Más de 24 000 promedio anual de tráfico diario
160 m	6 cd/m ²	8 cd/m ²	10 cd/m ²
100 m	4 cd/m ²	6 cd/m ²	8 cd/m ²
60 m	3 cd/m ²	4 cd/m ²	6 cd/m ²

Para la iluminación nocturna en el interior del túnel los niveles de luminancia a lo largo del túnel durante la noche debe ser como mínimo de 2,5 cd/m². las vitalidades de entrada y salida del túnel deberán tener un nivel de luminancia no menor que 1/3 del nivel del interior del túnel al menos por una distancia mínima a la de seguridad de frenado.

Las paredes laterales del túnel arriba de 3 m por encima de la superficie de rodamiento del mismo, deberá tener un nivel mínimo de luminancia de 1/3 con respecto al existente en la vialidad.

Relaciones de uniformidad. Las tolerancias de la relación de uniformidad relativa a los niveles de luminancia en las diferentes zonas del túnel debe ser de 2 a 1, promedio a mínimo, y 3,5 a 1, máximo a mínimo. Estas tolerancias se aplican a los carriles en una sola dirección y se calculan en una sección transversal para túneles bidireccionales.

b) Niveles de iluminancia. Los niveles de iluminancia deben satisfacer los requerimientos indicados en las Tablas 930-6(c) a la 930-6(f), según aplique.

La Tabla 930-6(c) muestra los valores de iluminancia en función de las características de reflectancia del pavimento.

TABLA 930-6(c).- Valores mínimos mantenidos de iluminancia promedio (lx)

Clasificación de vialidades	Clasificación del pavimento			Uniformidad de la iluminancia E _{prom} /E _{min}	Andadores	
	R ₁	R ₂ y R ₃	R ₄		Iluminancia promedio horizontal mínima	Iluminancia vertical promedio para seguridad ⁽¹⁾
Autopistas y carreteras	4	6	5	3 a 1	---	---
Vías de acceso controlado y vías rápidas	10	14	13	3 a 1		
Vías principales y ejes viales	12	17	15	3 a 1	10	22
Vías primarias y colectoras	8	12	10	4 a 1		
Vías secundaria residencial Tipo A	6	9	8	6 a 1		
Vías secundaria residencial Tipo B	5	7	6	6 a 1	10	22
Vías secundaria industrial Tipo C	3	4	4	6 a 1	6	11
Andadores alejados de vialidades	---	---	---	---	5	5
Túneles de peatones	---	---	---	---	43	54

⁽¹⁾ Medido a una altura de 1,6 m.

TABLA 930-6(d).- Valores mínimos de iluminancia promedio mantenida con superpostes

Clasificación de vialidades	Iluminancia horizontal E _{prom} (lx)
Autopistas y carreteras	6
Vías de acceso controlado y vías rápidas	14
Vías principales y ejes viales	17
Vías primarias o colectoras	12

Observaciones:

1. Uniformidad mínima de iluminancia 6 a 1 (promedio a mínimo), para todas las clasificaciones de vialidades a los niveles de iluminancia recomendados anteriormente.

Estos valores de diseño se aplican solamente a la porción de rodamiento de vialidades. Los intercambios (distribuidores) se analizan individualmente con el propósito de establecer los niveles de iluminancia y uniformidad.

TABLA 930-6(e).- Valores mínimos de iluminancia promedio mantenida para estacionamientos abiertos

Nivel de actividad	Area general de estacionamiento y peatonal	
	Mínimo sobre el pavimento Lx	Uniformidad E _{prom} /E _{mín}
Alta	10,0	4 a 1
Media	6,0	4 a 1
Baja	2,0	4 a 1

TABLA 930-6(f).- Valores mantenidos mínimos de iluminancia para estacionamientos cerrados

Turno	Area general de estacionamiento y peatonal Lx	Rampas y esquinas lx	Accesos lx	Escaleras Rango de iluminancias lx
Diurno	54,0	110,0	540,0	100-150-200
Nocturno	54,0	54,0	54,0	100-150-200

NOTAS:

1. Aplicable para cualquier nivel de actividad.
2. La relación mínima de iluminancia en todos los casos es 4 a 1 (E_{prom}/E_{mín}).

A. Especificaciones de los componentes

930-7. Luminarios. Los luminarios a instalarse deben estar aprobados (véase 110-2) y cumplir con los siguientes incisos:

a) Luminarios. Todo luminario empleado en alumbrado público debe estar aprobado y construido y diseñado específicamente para los requerimientos y necesidades propias del alumbrado público, y deben ser adecuados para lugares húmedos, mojados o a la intemperie dependiendo del lugar donde se instalen.

b) Coeficientes de utilización. Los luminarios para el alumbrado de vialidades deben cumplir con los coeficientes de utilización para los que fueron aprobados (véase 110-2).

930-8. Balastros. Los balastros a emplear en las instalaciones de Alumbrado Público deben estar aprobados (véase 110-2), deben ser de bajas pérdidas, electromagnéticos o electrónicos para lámparas de vapor de sodio en alta presión o aditivos metálicos y adicionalmente deben:

- a) Factor de potencia mayor que 90%.
- b) La corriente eléctrica de arranque de línea debe ser menor o igual que la nominal de línea medida, a menos que se cuente con las protecciones especificadas.
- c) La tensión eléctrica nominal de operación de los balastros debe ser la especificada en su aprobación (véase 110-2).
- d) Operar satisfactoriamente para variaciones de $\pm 10\%$ de la tensión eléctrica nominal de alimentación, en cuanto a los límites establecidos por los trapecoides correspondientes para vapor de sodio en alta presión.
- e) Operar satisfactoriamente para variaciones $\pm 10\%$ de la tensión eléctrica nominal de alimentación para lámparas de aditivos metálicos.

930-9. Fotocontroladores. El uso de fotocontroladores en los sistemas de alumbrado público es obligatorio para vialidades tipo autopistas y carreteras, vías principales, primarias y secundarias. Los fotocontroladores deben ser de un tipo aprobado (véase 110-2). Los fotocontroladores se pueden sustituir por un dispositivo electrónico de control tipo encendido-apagado aprobado.

930-10. Cables de alimentación. Los conductores a instalar deben estar aprobados. Las instalaciones para el alumbrado público se deben realizar de acuerdo con lo descrito en esta norma.

930-11. Aislamientos. Los aislamientos a emplear en las instalaciones de alumbrado público deben ser los previstos en esta norma.

930-12. Canalizaciones

a) Canalizaciones aprobadas. Las canalizaciones empleadas en alumbrado público deben estar aprobadas (véase 110-2).

b) Otros requerimientos. Cuando se instalen cables en canalizaciones, estas deben cumplir con los requerimientos aplicables de los Artículos 922, 923, 331, 345 a 351 y los requisitos aplicables correspondientes del Artículo 370.

930-13. Soportes del luminario. Cuando un luminario se instala en ambientes húmedos o mojados o a la intemperie, los soportes metálicos del luminario, como postes, ménsulas, abrazaderas, tornillos, u otros elementos similares, deben ser de metal inherentemente resistente a la corrosión y cumplir con lo siguiente:

a) Ménsulas o brazos, y abrazaderas. Cuando se utilicen, ménsulas, abrazaderas o elementos similares, deben ser de acero con algún recubrimiento resistente a la corrosión, o material inherentemente resistente a la corrosión.

b) Postes. Cuando se utilicen postes para el Alumbrado Público, deben cumplir con las disposiciones aplicables de los Artículos 922 y 410.

c) Tornillería. La tornillería empleada para la sujeción de luminarios, debe tener la resistencia mecánica para soportar el peso del luminario y sus soportes y tener un recubrimiento para resistir la corrosión que se pudiera presentar en el lugar.

930-14. Portalámparas. Los portalámparas deben estar aprobados (véase 110-2).

930-15. Protecciones. Las protecciones a emplear en las instalaciones de alumbrado público son las previstas en esta norma según lo establecido en el Artículo 240.

B. Métodos de alambrado

930-16. Métodos de alambrado. Las instalaciones para el alumbrado público se deben realizar de acuerdo con lo descrito a continuación:

a) Disposiciones generales

1) Los conductores de alimentación deben ser continuos, sin empalmes ni derivaciones de la acometida al luminario.

2) Cuando se presente la necesidad de hacer un empalme o una derivación, éstos deben quedar alojados en un registro.

3) Se deben asegurar los empalmes entre los cables del luminario y los de alimentación tanto eléctrica como mecánicamente, y el material usado para aislarlos, debe tener una clase térmica al menos igual que la de los cables para la alimentación del luminario.

4) Cuando los conductores de alimentación pasen a través de un orificio debe estar libre de rebabas o filos cortantes.

5) Se debe limpiar el interior de toda canalización, para evitar que queden desperdicios de materiales, que puedan dañar el forro de los conductores.

6) La alimentación al luminario debe realizarse con cable con aislamiento tipo THHW, o similar de tamaño nominal mínimo de 5,26 mm² (10 AWG), para 600 V, y con clase térmica del aislamiento de al menos 90°C, a menos que el marcado del luminario indique usar cables de mayores dimensiones y características.

b) Instalación en postes

1) Cuando un luminario esté instalado en postes de distribución de concreto, madera o metálicos deben mantener una distancia mínima de seguridad según lo especificado en esta norma entre el conductor de distribución más bajo y la parte superior del luminario o del soporte metálico de éste.

2) Cuando se usen postes metálicos para soportar luminarios y conductores de alimentación confinados, se deben cumplir las condiciones establecidas en 410-15(b).

3) El cable de alimentación para postes de distribución debe ir por el interior de la ménsula.

4) La instalación de bajadas y alimentación del control para el circuito de alumbrado público, se debe hacer en tubo (conduit) metálico.

c) Instalaciones subterráneas. Los requisitos generales para la aplicación de esta Sección están contenidos en el Artículo 923 y además deben cumplir con lo siguiente:

1) Las canalizaciones en banquetas, no se deben iniciar previa a la existencia de guarniciones, a menos que se instalen a una distancia mínima de 90 cm con respecto al paño exterior de la guarnición.

2) Cuando estén colocadas en los cruceros, se deben instalar antes de iniciar la construcción del pavimento.

3) Se deben construir de tal forma que por ningún motivo queden alojadas por debajo de cimentaciones de cualquier tipo, principalmente cuando éstas correspondan a equipo, maquinaria o edificaciones, ni donde haya vapores corrosivos o inflamables.

930-17. Método de protección y desconexión. El alumbrado público debe contar con medios de protección, conexión y desconexión, con el fin de aislar fallas eléctricas que causen daños al equipo, y para permitir las labores de mantenimiento y servicio de la instalación.

Para proteger, conectar y desconectar el equipo, se deben utilizar interruptores termomagnéticos de operación simultánea, de navajas con fusibles, interruptores automáticos, o dispositivos de similares características, como se ejemplifica en la Figura 930-17.

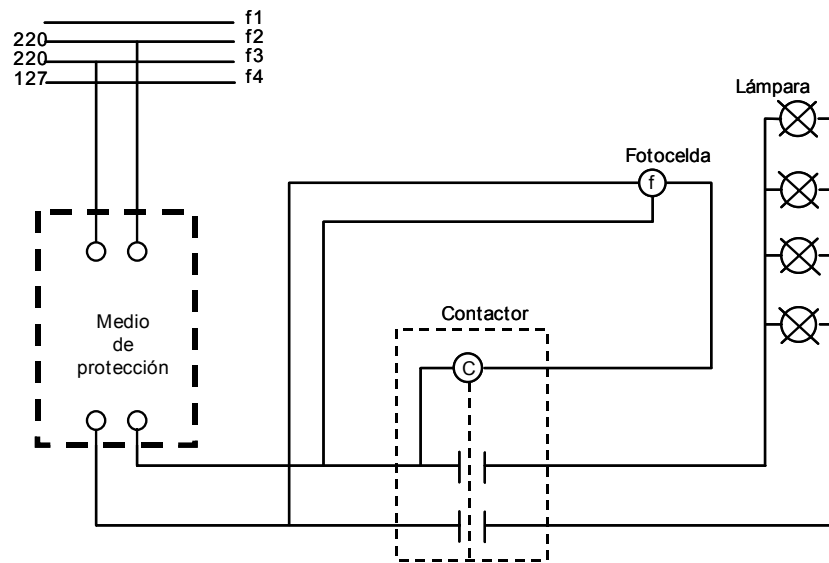


FIGURA 930-17

930-18. Puesta a tierra. La instalación de puesta a tierra del sistema de alumbrado, debe ajustarse a lo indicado en el Artículo 250 y conforme a lo dispuesto en 410-17 al 410-19.

La colocación del cable para el sistema de tierra debe ser de las características señaladas en 250-91 (b) y de tamaño nominal de acuerdo a lo indicado en 250-95. El cable de puesta a tierra debe ser continuo, sin empalmes y en su caso utilizando conectores aprobados.

La colocación de conexión del electrodo se debe hacer en el lugar y a la profundidad señalada. La conexión del cable al electrodo se debe realizar con abrazaderas o conectores adecuados, de acuerdo a lo indicado en 250-92(a).

930-19. Ubicación del luminario. La estructura del alumbrado público debe de cumplir con los siguientes requisitos:

a) **Separación de lugares accesibles.** Los luminarios para alumbrado de vialidades primarias y secundarias, deben tener una separación medida horizontalmente mayor que 1,5 m de ventanas, pórticos y otros lugares accesibles al público en general.

b) **Daño físico.** Cada luminario debe ubicarse de tal manera que no provoque o reciba daño físico de, o hacia vehículos o peatones.

4.10 TABLAS

CAPITULO 10

TABLA 10-1. Factores de relleno en tubo (conduit)

Número de conductores	Uno	Dos	Más de dos
Todos los tipos de conductores	53	31	40

NOTA: Esta Tabla 10-1 se basa en las condiciones más comunes de cableado y alineación de los conductores, cuando la longitud de los tramos y el número de curvas de los cables están dentro de límites razonables. Sin embargo, en determinadas condiciones se podrá ocupar una parte mayor o menor de los conductos.

Instrucciones para uso de la Tabla 10-1. Véase en el Apéndice C el número máximo de conductores y cables de aparatos (todos de igual área de sección transversal, incluido el aislamiento) permitidos para las distintas dimensiones nominales de tubo (conduit).

2. La Tabla 10-1 se aplica sólo a instalaciones completas de tubo (conduit) y no a conductos que se emplean para proteger a los cables expuestos a daño físico.

3. Para calcular el por ciento de ocupación de los cables en tubo (conduit), se debe tener en cuenta los conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando se utilicen. En los cálculos se debe utilizar la dimensión real y total de los conductores, tanto si están aislados como desnudos.

4. Cuando entre las cajas, gabinetes y envolventes similares se instalan tramos de tubo (conduit) cuya longitud total no supera 60 cm., se permite que esos tramos estén ocupados hasta 60% de su sección transversal total y que no se aplique lo que establece la Sección 310-15(g) para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2 000 V del Artículo 310.

5. Para conductores no incluidos en el Capítulo 10, como por ejemplo los cables de varios conductores, se deben utilizar sus dimensiones reales.

6. Para combinaciones de conductores de distinto tamaño nominal se aplican las Tablas 10-5 y 10-8 del Capítulo 10 para dimensiones de los conductores y la Tabla 10-4 del mismo Capítulo 10 para las dimensiones de tubo (conduit).

7. Cuando se calcula el número máximo de conductores permitidos en tubo (conduit), todos del mismo tamaño (incluido el aislamiento), si los cálculos del número máximo de conductores permitido dan un resultado decimal de 0,8 o superior, se debe tomar el número inmediato superior.

8. Cuando otras Secciones de esta norma permitan utilizar conductores desnudos, se permite utilizar las dimensiones de los conductores desnudos de la Tabla 10-8 del Capítulo 10.

9. Para calcular el por ciento de ocupación en tubo (conduit), un cable de dos o más conductores se considera como un solo conductor. Para cables de sección transversal elíptica, el cálculo del área de su sección transversal se hace tomando el diámetro mayor de la elipse como diámetro de un círculo.

10. Cuando se instalen tres conductores o cables en la misma canalización, si la relación entre el diámetro interior de la canalización y el diámetro exterior del cable o conductor está entre 2,8 y 3,2, se podrían atascar los cables dentro de la canalización, por lo que se debe instalar una canalización de tamaño inmediato superior. Aunque también se pueden atascar los cables dentro de una canalización cuando se utilizan cuatro o más, la probabilidad de que esto suceda es muy baja.

TABLA 10-4. Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (basado en la Tabla 10-1, Capítulo 10)

Designación	Diámetro interior mm	Área interior total mm ²	Área disponible para conductores mm ²		
			Uno conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de dos conductores fr = 40%
16 (1/2)	15,8	196	103	60	78
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1313	697	407	526
53 (2)	52,5	2165	1149	671	867

63 (2-1/2)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102,3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128,2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154,1	18639	9879	5778	7456

*Para tubo (conduit) t flexible metálico o no metálico y para tubo (conduit) de PVC y de polietileno, los cálculos deberán basarse en las dimensiones interiores reales proporcionadas por el fabricante o indicadas en la norma de producto.

Nota: El tamaño nominal del tubo es el correspondiente a la normativa internacional IEC. De forma que el lector se familiarice con la designación internacional en la Tabla anterior se indica entre paréntesis la designación correspondiente en pulgadas.

TABLA 10-5. Dimensiones de los conductores aislados y cables de artefactos

Tipos: AFF, FFH-2, RFH-1, RFH-2, RH, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFF, XF, XFF				
Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm ²
	mm ²	AWG		
RFH-2	0,824	18	3,45	9,44
FFH-2	1,31	16	3,76	11,1
RH	2,08	14	4,14	13,5
	3,31	12	4,62	16,8
RHW-2, RHH RHW RH, RHH RHW RHW-2	2,08	14	4,90	18,9
	3,31	12	5,38	22,8
	5,26	10	5,99	28,2
	8,37	8	8,28	53,9
	13,3	6	9,25	67,2
	21,2	4	10,5	86,0
	26,7	3	11,2	98,1
	33,6	2	12,0	113
	42,4	1	14,8	172
	53,5	1/0	15,8	196
	67,4	2/0	16,97	226,13
	85,0	3/0	18	263
	107	4/0	19,8	307
	127	250	22,7	406
152	300	24,1	457	
177	350	25,4	508	
	203	400	26,6	557
	253	500	28,8	650
	304	600	31,6	783
	355	700	33,4	875
	380	750	34,2	921
	405	800	35,1	965
	456	900	36,7	1057
	507	1 000	38,2	1143
	633	1250	43,9	1515
	760	1500	47,0	1738
	887	1750	49,9	1959
1 010	2 000	52,6	2175	
SF-2, SFF-2	0,824	18	3,07	7,42

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm ²
	mm ²	AWG		
	1,31	16	3,38	8,97
	2,08	14	3,76	11,1
SF-1, SFF-1	0,824	18	2,31	4,19
RFH-1, AF, XF, XFF	0,824	18	2,69	5,16
AF, TF, TFF, XF, XFF	1,31	16	3,00	7,03
AF, XF, XFF	2,08	14	3,38	8,97
Tipos: AF, RHH*, RHW*, RHW-2*, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF				
RHH*, RHW*, RHW-2* AF, XF, XFF RHH*, RHW*, RHW-2*	2,08	14	4,14	13,5
	3,31	12	4,62	16,8
	5,26	10	5,23	21,5
	8,37	8	6,76	35,9
TW, THHW, THHW-LS THW, THW-LS THW-2	2,08	14	3,38	8,97
	3,31	12	3,86	11,7
	5,6	10	4,47	15,7
	8,37	8	5,99	28,2
TW THW THW-LS THHW THHW-LS THW-2 RHH* RHW* RHW-2*	13,3	6	7,72	46,8
	21,2	4	8,94	62,8
	26,7	3	9,65	73,2
	33,6	2	10,5	86,0
	42,4	1	12,5	123
	53,5	1/0	13,5	143
	67,4	2/0	14,7	169
	85,0	3/0	16,0	201
	107	4/0	17,5	240
	127	250	19,4	297
	152	300	20,8	341
	177	350	22,1	384
	203	400	23,3	427
	253	500	25,5	510
	304	600	28,3	628
	355	700	30,1	710
380	750	30,9	752	
405	800	31,8	792	
456	900	33,4	875	
507	1 000	34,8	954	
	633	1250	39,1	1 200
	760	1500	42,2	1400
	887	1750	45,1	1598
	1 010	2 000	47,8	1795
TFN TFFN	0,824	18	2,13	3,55
	1,31	16	2,44	8,58
THHN THWN THWN-2	2,08	14	2,82	6,26
	3,31	12	3,30	8,58
	5,26	10	4,17	13,6
	8,37	8	5,49	23,6
	13,3	6	6,45	32,7
	21,2	4	8,23	53,2

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm ²
	mm ²	AWG		
	26,7	3	8,94	62,8
	33,6	2	9,75	74,7
	42,4	1	11,3	100
	53,5	1/0	12,3	120
	67,4	2/0	13,5	143
	85,0	3/0	14,8	173
	107	4/0	16,3	209
	127	250	18	256
	152	300	19,5	297
Tipos: FEP, FEPB, PAF, PAFF, PF, PFA, PFAH, PFF, PGF, PGFF, PTF, PTFE, TFE, THHN, THWN, THWN-2, ZF, ZFF				
THHN THWN THWN-2	177	350	20,8	338
	203	400	21,9	378
	253	500	24,1	456
	304	600	26,7	560
	355	700	28,	638
	380	750	29,4	677
	405	800	30,2	715
	456	900	31,8	794
	507	1 000	33,3	870
PF, PGFF, PGF, PFF PTF, PAF, PTFE, PAFF	0,824	18	2,18	3,74
	1,31	16	2,49	4,84
PF, PGFF, PGF, PFF, PTF PAF, PTFE, PAFF, TFEFEP, PFA, FEPB, PFAH	2,08	14	2,87	6,45
TFE, FEP PFA, FEPB PFAHI	3,31	12	3,35	8,84
	5,26	10	3,96	12,3
	8,37	8	5,23	21,5
	13,3	6	6,20	30,2
	21,2	4	7,42	43,3
	26,7	3	8,13	51,9
	33,6	2	8,94	62,8
Tipos: PAF, PFAH, TFE, Z, ZF, ZFF				
TFE PFA PFAH, Z	42,4	1	10,7	90,3
	53,5	1/0	11,7	108
	67,4	2/0	12,9	131
	85,0	3/0	14,2	159
	107	4/0	15,7	194
ZF, ZFF	0,824	18	1,93	2,90
	1,31	16	2,24	3,94
Z, ZF, ZFF	2,08	14	2,62	5,35
	3,31	12	3,10	7,55
	5,26	10	3,96	12,3
	8,37	8	4,98	19,50

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm ²
	mm ²	AWG		
	13,3	6	5,94	27,7
	21,2	4	7,16	40,3
	26,7	3	8,38	55,2
	33,6	2	9,19	66,4
	42,4	1	10,21	81,9
Tipos: XHH, XHHW, XHHW-2, ZW				
XHH, ZW XHHW-2 XHH	2,08	14	3,38	8,97
	3,31	12	3,86	11,68
	5,26	10	4,47	15,68
	8,37	8	5,99	28,19
	13,3	6	6,96	38,06
	21,2	4	8,18	52,52
	26,7	3	8,89	62,06
	33,6	2	9,70	73,94
XHHW XHHW-2 XHH	42,4	1	11,23	98,97
	53,5	1/0	12,24	117,74
	67,4	2/0	13,41	141,29
	85,0	3/0	14,73	170,45
	107	4/0	16,21	206,26
	127	250	17,91	251,87
	152	300	19,30	292,64
	177	350	20,60	333,29
	203	400	21,79	373,03
	253	500	23,95	450,58
	304	600	26,75	561,87
	355	700	28,55	640,19
	380	750	29,41	679,48
405	800	30,23	1362,71	
456	900	31,85	796,84	
Tipos: KF-1, KF-2, KFF-1, KFF-2, XHH, XHHW-2, ZW				
XHHW XHHW-2 XHH	507	1 000	33,3	872,19
	633	1250	37,6	1108
	760	1500	40,7	1300
	887	1750	43,6	1492
	1 010	2 000	46,3	1682
KF-2 KFF-2	0,824	18	1,60	2,00
	1,31	16	1,91	2,84
	2,08	14	2,29	4,13
	3,31	12	2,77	6,00
	5,26	10	3,38	8,97
KF-1 KFF-1	0,824	18	1,45	1,68
	1,31	16	1,75	2,39
	2,08	14	2,13	3,55
	3,31	12	2,62	5,35
	5,26	10	3,23	8,19

TABLA 10-8.- Propiedades de los conductores

Tamaño o	Conductores	Resistencia a la c.c. a 75°C
----------	-------------	------------------------------

designación		Alambres componentes		Dimensiones totales		Cobre		Aluminio
mm ²	AWG kcmil	Cantidad	Diámetro mm	Diámetro Mm	Area mm ²	Sin estañar Ω/km	Estañado Ω/km	Ω/km
0,824	18	1	1,02	1,02	0,82	25,5	26,5	
0,824	18	7	0,381	1,17	1,07	26,1	27,7	
1,31	16	1	1,29	1,29	1,31	16,0	16,7	
1,31	16	7	0,483	1,47	1,70	16,4	17,4	
2,08	14	1	1,63	1,63	2,08	10,1	10,5	
2,08	14	7	0,61	1,85	2,70	10,3	10,7	
3,31	12	1	2,05	2,05	3,32	6,33	6,59	
3,31	12	7	0,762	2,34	4,29	6,50	6,73	
5,26	10	1	2,59	2,59	5,26	3,97	4,13	
5,26	10	7	0,965	2,95	6,82	4,07	4,23	
8,37	8	1	3,26	3,26	8,37	2,51	2,58	
8,37	8	7	1,24	3,71	10,8	2,55	2,65	
13,3	6	7	1,55	4,67	17,2	1,61	1,67	2,65
21,2	4	7	1,96	5,89	27,3	1,01	1,05	1,67
26,7	3	7	2,21	6,60	34,3	0,804	0,833	1,32
33,6	2	7	2,46	7,42	43,2	0,636	0,659	1,05
42,4	1	19	1,68	8,43	55,9	0,505	0,525	0,830
53,5	1/0	19	1,88	9,45	70,1	0,400	0,417	0,659
67,4	2/0	19	2,13	10,6	88,5	0,317	0,331	0,522
85,0	3/0	19	2,39	11,9	112	0,252	0,261	0,413
107	4/0	19	2,69	13,4	141	0,199	0,205	0,328
127	250	37	2,08	14,6	168	0,169	0,176	0,278
152	300	37	2,29	16,0	201	0,141	0,146	0,232
177	350	37	2,46	17,3	235	0,120	0,125	0,198
203	400	37	2,64	18,5	269	0,105	0,109	0,174
253	500	37	2,95	20,7	335	0,0846	0,0869	0,139
304	600	61	2,51	22,7	404	0,0702	0,0731	0,116
355	700	61	2,72	24,5	471	0,0604	0,0620	0,0994
380	750	61	2,82	25,3	505	0,0561	0,0577	0,0925
405	800	61	2,90	26,2	538	0,0528	0,0544	0,0869
456	900	61	3,10	27,8	606	0,0469	0,0482	0,0771
507	1 000	61	3,25	29,3	672	0,0423	0,0433	0,0695
633	1250	91	2,97	32,7	842	0,0338	0,0348	0,0544
760	1500	91	3,25	35,9	1010	0,0281	0,0289	0,0462
887	1750	127	2,97	38,8	1180	0,0241	0,0248	0,0397
1 010	2 000	127	3,20	41,4	1350	0,021	0,0217	0,0348

Notas a la tabla 10-8: Estos valores de resistencia son válidos sólo para los parámetros indicados. Los valores varían para conductores de distinto cableado y sobre todo para otras temperaturas. La fórmula para otras temperaturas es: $R_2 = R_1 [1 + \alpha (T_2 - 75)]$, donde $\alpha = 0,00323$ para el cobre y $\alpha = 0,00330$ para el aluminio. Los conductores con cableado compacto y comprimido tienen aproximadamente un 9 y 3% menos de diámetro respectivamente de los conductores desnudos que aparecen en la Tabla.

TABLA 11(a). Limitaciones de la fuente de potencia para circuitos Clase 2 y Clase 3 en c.a.

Tipo de circuito	Fuente de potencia inherentemente limitada (no requiere protección contra sobrecorriente)				Fuente de potencia no inherentemente limitada (requiere protección contra sobrecorriente)			
	Clase 2		Clase 3		Clase 2		Clase 3	
Tensión eléctrica del circuito Vmáx (V)(Nota 1)	0 a 20 [#]	Más de 20 Hasta 30 [#]	Más de 30 Hasta 150	Más de 30 hasta 100	0 a 20 [#]	Más de 20 hasta 30 [#]	Más de 30 hasta 100	Más de 100 hasta 150
Limitaciones de potencia VA máx (VA)	--	--	--	--	250 (Nota 3)	250	250	N.A.
Limitaciones de corriente I máx (A) (Nota1)	8,0	8,0	0,005	150/Vmáx	1 000/Vmáx	1 000/Vmáx	1 000/Vmáx	1,0
Máxima protección contra sobrecorriente (A)	--	--	--	--	5,0	100/Vmáx	100/Vmáx	1,0
Datos máximos de placa de la fuente de potencia	VA A	5,0xVmáx	100	0,005Vmáx	100	5,0xVmáx	100	100

	5,0	100/V _{máx}	0,005	100/V _{máx}	5,0	100/V _{máx}	100/V _{máx}	100/V _{máx}
Cables alimentadores	Véase 725-37							
Cables del circuito	Véanse 725-49 a 725-53							

Los límites de tensión eléctrica son para c.a. senoidal, en lugares interiores o donde no es probable que ocurra el contacto con agua. Para valores no senoidales o condiciones de contacto en agua, véase la nota 2.

TABLA 11(b) Limitaciones de la fuente de potencia para circuitos Clase 2 y Clase 3 en c.c.

Tipo de circuito		Fuente de potencia inherentemente limitada (nota 4) (no requiere protección contra sobrecorriente)					Fuente de potencia no inherentemente limitada (requiere protección contra sobrecorriente)			
		Clase 2			Clase 3		Clase 2		Clase 3	
Tensión eléctrica del circuito V _{máx} (V) (Nota1)		0 a 20 ^{##}	Más de 20 hasta 30 ^{##}	Más de 30 hasta 60 ^{##}	Más de 60 hasta 150	Más de 60 hasta 100	0 a 20 ^{##}	Más de 20 hasta 60 ^{##}	Más de 60 hasta 100	Más de 100 hasta 150
Limitaciones de potencia (VA) _{máx} (Nota1)		--	--	--	--	--	250 (Nota 3)	250	250	N.A.
Limitaciones de corriente I _{máx} (A) Nota1		8,0	8,0	150/V _{máx}	0,005	150/V _{máx}	1 000/V _{máx}	1 000/V _{máx}	1 000/V _{máx}	1,0
Máxima protección contra sobrecorriente (A)		--	--	--	--	--	5,0	100/V _{máx}	100/V _{máx}	1,0
Datos máximos de placa de la fuente de potencia	VA	5,0xV _{máx}	100	100	0,005 V _{máx}	100	5,0xV _{máx}	100	100	100
		5,0	100/V _{máx}	100/V _{máx}	0,005	100/V _{máx}	5,0	100/V _{máx}	100/V _{máx}	100/V _{máx}
Cables alimentadores	Véase 725-37									
Cables de circuito	Véanse 725-49 a 725-53									

Los límites de tensión eléctrica son para corriente eléctrica continua no interrumpida, en lugares interiores o en donde no es probable que ocurra contacto con agua. Para corriente eléctrica continua con pulsos de interrupción o condiciones de contacto con agua, véase la Nota 5.

OBSERVACIONES A LAS TABLAS 11(a) y 11(b)

1. V_{máx}: Tensión eléctrica máxima de salida para cualquier tipo de carga y aplicando la tensión eléctrica de entrada nominal.

I_{máx}: Corriente eléctrica máxima de salida bajo cualquier carga no capacitiva, incluyendo el cortocircuito, y con la protección contra sobrecorriente puenteada, si se usa. Cuando un transformador limita la corriente eléctrica de salida, los límites de I_{máx} se aplican después de un minuto de operación. Cuando la corriente eléctrica de salida se limita por medio de una impedancia limitadora de corriente eléctrica, aprobada para ese uso, o que forme parte de un equipo aprobado, en combinación con un transformador de potencia no limitada o una fuente de almacenamiento de energía (ejemplo una batería de acumuladores), los límites de I_{máx} se aplican después de cinco segundos.

VA_{máx}: Potencia aparente máxima de salida, después de un minuto de operación para cualquier tipo de carga y con la protección contra sobrecorriente puenteada, si se usa. La impedancia limitadora de corriente eléctrica no debe puentearse cuando se esté determinando I_{máx} y VA_{máx}.

2. Para c.a. no senoidal, V_{máx} no debe ser mayor que 42,4 V pico. Cuando puede haber contacto con agua (no incluyendo inmersión), deben usarse métodos de alambreado Clase 3, o V_{máx} no debe ser mayor que 15 V para c.a. senoidal y 21,2 V pico para c.a. no senoidal.

3. Si la fuente de potencia es un transformador, VA_{máx} es 350 o menos cuando V_{máx} es 15 o menos.

4. Debe considerarse a una batería de tipo seco como una fuente de potencia inherentemente limitada, siempre y cuando la tensión eléctrica sea de 30 V o menor y la capacidad igual o menor que la que se consigue de baterías del No. 6 de celdas de zinc y carbón conectadas en serie.

5. Para c.c. con pulsos de interrupción de 10 a 200 Hz, $V_{m\acute{a}x}$ no debe ser mayor que 24,8 V. Cuando puede ocurrir contacto con agua (no incluyendo inmersión total) deben usarse los métodos de alambreado Clase 3, o $V_{m\acute{a}x}$ no debe ser mayor que 30 V para corriente eléctrica continua no interrumpida, o 12,4 V para c.c. con pulsos de interrupción de 10 a 200 Hz.

TABLA 12(a).- Limitaciones de las fuentes de alimentación de corriente alterna para PLFA (circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada)

Fuente de alimentación		Fuente de alimentación limitada inherentemente (No se requiere protección contra sobrecorriente)			Fuente de alimentación limitada inherentemente (No se requiere protección contra sobrecorriente)		
Tensión del circuito $V_{m\acute{a}x}$ (voltios) (Véase la Nota 1)		0 hasta 20	Más de 20 y hasta 30*	Más de 30 y hasta 100	0 hasta 20	Más de 20 y hasta 100	Más de 100 y hasta 150
Limitaciones de potencia $VA_{m\acute{a}x}$ (voltamperios) (véase la Nota 1)		-	-	-	250 (véase la Nota 3)	250	N.A
Limitaciones de corriente $I_{m\acute{a}x}$ (amperios) (Véase la Nota 1)		8,0	8,0	$150/V_{m\acute{a}x}$	$1000/V_{m\acute{a}x}$	$1000/V_{m\acute{a}x}$	1,0
Protección máxima contra sobrecorriente (amperios)		-	-	-	5,0	$100/V_{m\acute{a}x}$	1,0
Valores nominales máximos de la fuente de alimentación por placa de características	VA (voltamperios)	$5,0 \times V_{m\acute{a}x}$	100	100	$5,0 \times V_{m\acute{a}x}$	100	100
	Corriente (amperios)	5,0	$100/V_{m\acute{a}x}$	$100/V_{m\acute{a}x}$	5,0	$100/V_{m\acute{a}x}$	$100/V_{m\acute{a}x}$
NOTA-* Estos intervalos de tensión presentados son para c.a. sinusoidal en lugares interiores o en donde no es probable que ocurra un contacto en mojado. Para corrientes no sinusoidales o condiciones de contacto en mojado, v							

TABLA 12(b).- Limitaciones de las fuentes de alimentación de corriente continua para PLFA (circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada)

Fuente de alimentación		Fuente de alimentación limitada inherentemente (No se requiere protección contra sobrecorriente)				Fuente de alimentación limitada inherentemente (No se requiere protección contra sobrecorriente)		
Tensión del circuito $V_{m\acute{a}x}$ (voltios) (Véase la Nota 1)		0 hasta 20	Más de 20 y hasta 30	Más de 30 y hasta 100	Más de 100 y hasta 250	0 hasta 20	Más de 20 y hasta 100	Más de 100 y hasta 150
Limitaciones de potencia $VA_{m\acute{a}x}$ (voltamperios) (véase la Nota 1)		-	-	-	-	250 (véase la Nota 3)	250	N.A
Limitaciones de corriente $I_{m\acute{a}x}$ (amperios) (Véase la Nota 1)		8,0	8,0	$150/V_{m\acute{a}x}$	0,030	$1000/V_{m\acute{a}x}$	$1000/V_{m\acute{a}x}$	1,0
Protección máxima contra sobrecorriente (amperios)		-	-	-	-	5,0	$100/V_{m\acute{a}x}$	1,0
Valores nominales máximos de la fuente de alimentación por placa de características	VA (voltamperios)	$5,0 \times V_{m\acute{a}x}$	100	100	$0,030 \times V_{m\acute{a}x}$	$5,0 \times V_{m\acute{a}x}$	100	100
	Corriente (amperios)	5,0	$100/V_{m\acute{a}x}$	$100/V_{m\acute{a}x}$	0,030	5,0	$100/V_{m\acute{a}x}$	$100/V_{m\acute{a}x}$

NOTAS A LAS TABLAS 12(a) y 12(b)

1 $V_{m\acute{a}x}$, $I_{m\acute{a}x}$ y $VA_{m\acute{a}x}$, se determinan como sigue:

$V_{m\acute{a}x}$ = tensión máxima de salida, independiente de la carga y con la entrada nominal aplicada.

$I_{m\acute{a}x}$ = corriente máxima de salida para cualquier carga no capacitiva, incluida la de cortocircuito, y con el dispositivo de protección contra sobrecorriente, si se usa, conectado en derivación (cortocircuito). Cuando hay un transformador que limita la corriente de salida, los límites a $I_{m\acute{a}x}$ se aplican después de 1 minuto de operación. Cuando se use una impedancia de limitación de corriente, certificada para ese fin, en combinación con un transformador de potencia no limitada o una fuente de almacenamiento de energía como por ejemplo una batería, para limitar la corriente de salida, los límites $I_{m\acute{a}x}$ se aplican después de 5 segundos.

$V_{Am\acute{a}x}$ = salida máxima en voltamperios después de 1 minuto de operación, independientemente de la carga y con el dispositivo de protección contra sobrecorriente, si está instalado, conectado en derivación (cortocircuito). Para determinar $I_{m\acute{a}x}$ y $V_{Am\acute{a}x}$ no se debe conectar en derivación (cortocircuitar) la impedancia de limitación de corriente.

2 Si la fuente de alimentación es un transformador, $V_{Am\acute{a}x}$ es 350 o menos, cuando $V_{m\acute{a}x}$ es igual o menor que 15 V.

APENDICE A (NORMATIVO)

TABLAS ADICIONALES DE CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE

TABLA A-310-1.- Capacidad de conducción de corriente (A) para dos o tres conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales, con un recubrimiento general (cable multiconductor) en una canalización al aire libre para una temperatura ambiente de 30°C.

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)					
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPOS
		TW* UF	RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, ZW	THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH, RWH-2, USE-2, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TW	RHW*, THHW*, THW, THWN, XHHW	THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RWH-2, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		Cobre			Aluminio o Aluminio recubierto de cobre		
2,08	14	16*	18*	21*	---	---	---
3,31	12	20*	24*	27*	16*	18*	21*
5,26	10	27*	33*	36*	21*	25*	28*
8,37	8	36	43	48	28	33	37
13,3	6	48	58	65	38	45	51
21,2	4	66	79	89	51	61	69
26,7	3	76	90	102	59	70	79
33,6	2	88	105	119	69	83	93
42,4	1	102	121	137	80	95	106
53,5	1/0	121	145	163	94	113	127
67,4	2/0	138	166	186	108	129	146
85,0	3/0	158	189	214	124	147	167
107	4/0	187	223	253	147	176	197
127	250	205	245	276	160	192	217
152	300	234	281	317	185	221	250
177	350	255	305	345	202	242	273
203	400	274	328	371	218	261	295
253	500	315	378	427	254	303	342
304	600	343	413	468	279	335	378
355	700	376	452	514	310	371	420
380	750	387	466	529	321	384	435
405	800	397	479	543	331	397	450
456	900	415	500	570	350	421	477
507	1 000	448	542	617	382	460	521
FACTORES DE CORRECCION							

Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes					
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76
56-60	---	0,58	0,71	---	0,58	0,71
61-70	---	0,33	0,58	---	0,33	0,58
71-80	---	---	0,41	---	---	0,41

A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (), no debe superar 15 A para 2,08 mm² (14 AWG); 20 A para 3,31 mm² (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm² (10 AWG), 15 A para los de aluminio o aluminio recubierto de cobre para 3,31 mm² (12 AWG) y 25 A para 5,26 mm² (10 AWG).

TABLA A-310-2.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible en dos o tres conductores sencillos aislados de 0 a 2 000 V nominales en un cable soportado por un mensajero para una temperatura ambiente de 40°C

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (véase la Tabla 310-13)			
		75°C	90°C	75°C	90°C
mm ²	AWG o kcmils	Tipos RH, RHW, THHW, THW, THW-LS, THW-LS, THWN, XHHW	Tipos THHN, THHW, THHW-LS THW-2, THWN-2, RHH, RWH-2, USE-2, XHHW, XHHW-2	Tipos RH, RHW, XHHW, BM-AL	Tipos RHH, XHHW, RHW-2, XHHW-2,
		Cobre			Aluminio
8,37	8	57	66	--	--
13,3	6	76	89	59	69
21,2	4	101	117	78	91
26,7	3	118	138	92	107
33,6	2	135	158	106	123
42,4	1	158	185	123	144
53,5	1/0	183	214	143	167
67,4	2/0	212	247	165	193
85,0	3/0	245	287	192	224
107	4/0	287	335	224	262
127	250	320	374	251	292
152	300	359	419	282	328
177	350	397	464	312	364
203	400	430	503	339	395
253	500	496	580	392	458
304	600	553	647	440	514
355	700	610	714	488	570
380	750	638	747	512	598
405	800	660	773	532	622
456	900	704	826	572	669
507	1,000	748	879	612	716
Factores de corrección					
Temperatura ambiente en °C	Para temperatura ambiente distinta de 40°C, multiplicar los valores anteriores por el factor correspondiente de los siguientes:				
21-25	1,20	1,14	1,20	1,14	1,14
26-30	1,13	1,10	1,13	1,10	1,10
31-35	1,07	1,05	1,07	1,05	1,05
36-40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
41-45	0,93	0,95	0,93	0,95	0,95
46-50	0,85	0,89	0,85	0,89	0,89

51-55	0,76	0,84	0,76	0,84
56-60	0,65	0,77	0,65	0,77
61-70	0,38	0,63	0,38	0,63
71-80	---	0,45	---	0,45

TABLA A-310-3.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible para cables multiconductores con no más de tres conductores aislados de 0 a 2,000 V nominales al aire libre, para una temperatura ambiente de 40°C (para cables TC, MC, MI, UF y USE)

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)							
mm ²	AWG o kcmils	60°C	75°C	85°C	90°C	60°C	75°C	85°C	90°C
		Cobre				Aluminio o aluminio recubierto de cobre			
0,824	18	---	---	---	11*	---	---	---	---
1,31	16	---	---	---	16*	---	---	---	---
2,08	14	18*	21*	24*	25*	---	---	---	---
3,31	12	21*	28*	30*	32*	18*	21*	24*	25*
5,26	10	28*	36*	41*	43*	21*	28*	30*	32*
8,37	8	39	50	56	59	30	39	44	46
13,3	6	52	68	75	79	41	53	59	61
21,2	4	69	89	100	104	54	70	78	81
26,7	3	81	104	116	121	63	81	91	95
33,6	2	92	118	132	138	72	92	103	108
42,4	1	107	138	154	161	84	108	120	126
53,5	1/0	124	160	178	186	97	125	139	145
67,4	2/0	143	184	206	215	111	144	160	168
85,0	3/0	165	213	238	249	129	166	185	194
107	4/0	190	245	274	287	149	192	214	224
127	250	212	274	305	320	166	214	239	250
152	300	237	306	341	357	186	240	268	280
177	350	261	337	377	394	205	265	296	309
203	400	281	363	406	425	222	287	317	334
253	500	321	416	465	487	255	330	368	385
304	600	354	459	513	538	284	368	410	429
355	700	387	502	562	589	306	405	462	473
380	750	404	523	586	615	328	424	473	495
405	800	415	539	604	633	339	439	490	513
456	900	438	570	639	670	362	469	514	548
507	1,000	461	601	674	707	385	499	558	584
Factores de corrección									
Temp. ambiente en °C	Para temperatura distinta de 40°C, multiplicar los valores anteriores por el factor correspondiente de los siguientes:								
21-25	1,32	1,20	1,15	1,14	1,32	1,20	1,15	1,14	1,14
26-30	1,22	1,13	1,11	1,10	1,22	1,13	1,11	1,10	1,10
31-35	1,12	1,07	1,05	1,05	1,12	1,07	1,05	1,05	1,05
36-40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
41-45	0,87	0,93	0,94	0,95	0,87	0,93	0,94	0,95	0,95
46-50	0,71	0,85	0,88	0,89	0,71	0,85	0,88	0,89	0,89
51-55	0,50	0,76	0,82	0,84	0,50	0,76	0,82	0,84	0,84
56-60	---	0,65	0,75	0,77	---	0,65	0,75	0,77	0,77
61-70	---	0,38	0,58	0,63	---	0,38	0,58	0,63	0,63
71-80	---	---	0,33	0,44	---	---	0,33	0,44	0,44

* Si no se permite específicamente otra cosa en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los tipos de conductores marcados con (*) n conductores de cobre no debe superar 15 A para 2,08 mm² (14 AWG), 20 A para 3,31 mm² (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm² (10 AWG); y para conductores de aluminio o aluminio recubierto de cobre no debe superar 15 A para 3,31 mm² (12 AWG) y 25 A para los de 5,26 mm² (10 AWG).

TABLA A-310-11.- Factores de corrección para más de tres conductores portadores de corriente eléctrica en canalización o cable con factor de demanda.

Cantidad de conductores portadores de corriente eléctrica	Por ciento de valores en tablas ajustados por temperatura si fuera necesario
4 a 6	80
7 a 9	70
10 a 24	70*
25 a 42	60*
43 o más	50*

* Estos factores incluyen los efectos por un factor de demanda en las cargas de 50%

5 LINEAMIENTOS PARA LA APLICACION DE LAS ESPECIFICACIONES EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)

5.1 OBJETIVO

El objetivo de las especificaciones es precisar las disposiciones de carácter técnico que deben cumplir las instalaciones eléctricas.

Las disposiciones establecidas en las especificaciones de esta norma no deben considerarse como guía de diseño de instalaciones ni como un manual de instrucciones para personas no-calificadas (véase definición de persona calificada en el Artículo 100 del Capítulo 4.1). Se considera que para hacer un uso apropiado de estas especificaciones, es necesario recibir capacitación y tener experiencia suficiente en el manejo de las instalaciones eléctricas.

5.2 CARACTERISTICAS DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA NOM

Las especificaciones de esta Norma Oficial Mexicana se dividen como se indica en el Título 4. Los Capítulos 1, 2, 3 y 4, son de aplicación general; los Capítulos 5, 6 y 7, se refieren a ambientes especiales, equipos especiales u otras condiciones especiales. Estos últimos Capítulos complementan o modifican las reglas generales. Los Capítulos 1 a 4 se aplican a todo, excepto en lo modificado por los Capítulos 5, 6 y 7 para las condiciones particulares o especiales.

El Capítulo 8 trata de las instalaciones para los sistemas de comunicación y es independiente de los demás, excepto en las referencias específicas que se haga de ellos.

El Capítulo 9, incluye disposiciones para instalaciones destinadas al servicio público; líneas aéreas y subterráneas, subestaciones eléctricas y alumbrado público.

El Capítulo 10, consiste de Tablas de datos de conductores y de sus aislamientos, así como del tubo (conduit) y de los factores de ocupación por los conductores. Se incluyen los Apéndices A, B, C y D. El Apéndice A es de carácter normativo mientras que los Apéndices B, C y D son de carácter informativo.

Cada Capítulo, está dividido en Artículos seguido de un número asignado. Cada Artículo trata un tema específico, por ejemplo: alimentadores, puesta a tierra, circuitos derivados, circuitos de motores, etcétera.

Ejemplo:

ARTICULO 210 CIRCUITOS DERIVADOS

Cuando un Artículo es muy extenso, se subdivide en Partes, identificándolas con una letra en orden sistemático, las cuales desglosan el tema principal en grupos de información; así se tendrá parte A, parte B, parte C, etcétera.

Ejemplo:

ARTICULO 210 CIRCUITOS DERIVADOS

A. Disposiciones generales

B. Clasificación de los circuitos derivados

C. Salidas necesarias

Los artículos se dividen en **Secciones** y se identifican con números y el tema principal. Una Sección se desglosa en ocasiones en **Subsecciones** (con letras entre paréntesis), y cada Subsección puede estar desglosada aún más en números entre paréntesis.

Ejemplo de Sección:

210-4. Circuitos derivados multiconductores

Ejemplo de Subsección:

220-3(c)(1)

Es importante que cuando se haga una referencia a esta NOM, sea proporcionada completa.

Las "**Excepciones**" proporcionan alternativas a una disposición específica. Se presentan dos tipos de excepciones: una Excepción indica obligatoriedad y la otra indica algo permisible. Cuando una disposición tiene varias Excepciones, primeramente se presentan las de carácter obligatorio y posteriormente las permisibles.

Una "**Excepción**" obligatoria generalmente incluye términos como "debe" o "no debe" en su texto. La Excepción de tipo permisible generalmente incluye la expresión "se permite" o "no se exige".

5.3 DISPOSICIONES OBLIGATORIAS Y NOTAS ACLARATORIAS

Las disposiciones de carácter obligatorio indicadas en esta NOM, son aquellas que identifican acciones exigidas o prohibidas específicamente y se caracterizan por el uso del término "debe" o "no debe", o por el tiempo gramatical en futuro. Las notas aclaratorias no son disposiciones obligatorias, sólo intentan aclarar conceptos o proporcionar información adicional que permite comprender lo indicado en la disposición que le antecede o bien proporciona referencias a otras disposiciones en la NOM.

5.4 INTERPRETACION FORMAL

La autoridad competente para resolver controversias en la interpretación de esta NOM es la Secretaría de Energía a través de la Dirección general de distribución y abastecimiento de energía eléctrica y recursos nucleares conforme a sus atribuciones.

Nota: Véase el Artículo 100 del Capítulo 4.1 para la definición de Autoridad Competente.

6 CUMPLIMIENTO

6.1 CUMPLIMIENTO

Para asegurar el cumplimiento con lo establecido en el Título 3, "Principios Fundamentales", de esta Norma Oficial Mexicana, las instalaciones eléctricas deben cumplir con lo previsto en el Título 4 "Especificaciones" y conforme a lo dispuesto en el Procedimiento para la evaluación de la conformidad de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE Instalaciones Eléctricas (Utilización) (véase título 2 Referencias).

7 VIGILANCIA

La Secretaría de Energía, a través de la Dirección general de distribución y abastecimiento de energía eléctrica y recursos nucleares conforme a sus atribuciones, es la autoridad encargada de vigilar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

8 BIBLIOGRAFIA

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento.

NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización).

IEC 60364 Parte 1 "Alcance, objetivo y principios fundamentales".

NFPA 70, 1999 Código Nacional Eléctrico, Edición en español.

IEEE, 1997 National Electrical Safety Code (NESC), C2-1997

9 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta Norma Oficial Mexicana es equivalente con la parte 1 de la Norma Internacional IEC 60364, Electrical Installations of buildings Part 1: Scope, object and fundamental principles, en lo referente a los principios fundamentales de seguridad. El título 4 de la presente NOM, no concuerda con la serie de normas de la IEC 60364, por las siguientes razones aplicables a parte de la infraestructura técnica del país:

El sistema de suministro de energía eléctrica en México, considerando las configuraciones eléctricas para este fin, así como los valores de tensión eléctrica nominal de uso común en México, establecidos en la NMX-J-098-ANCE-1999, Sistemas eléctricos de potencia-Suministro-Tensiones Eléctricas Normalizadas.

Esta NOM está basada en Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX), que se listan en el apéndice B1 (informativo), considerando las prácticas industriales así como la infraestructura e ingeniería de uso común en México.

Asimismo, esta NOM concuerda con la norma oficial mexicana NOM-063-SCFI-2001, Productos eléctricos-Conductores-Requisitos de seguridad.

APENDICE B1 (Informativo)

TABLA B.1.1 LISTA DE NORMAS OFICIALES Y NORMAS MEXICANAS

NORMA	Título	Sección
NOM-022-STPS-1999	Electricidad estática en los centros de trabajo-condiciones de seguridad e higiene	500-3 (c)
NOM-029-STPS-2005	Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condición de seguridad	
NOM-197-SSA1-2000	“Que establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada	517
NOM-178-SSA1-1998	Que establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de establecimientos para la atención médica de pacientes ambulatorios	
NOM-146-SSA1-1996	Salud ambiental. Responsabilidades sanitarias en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X	517-64
NOM-156-SSA1-1997	Salud ambiental. Requisitos técnicos para instalaciones de diagnóstico médico con rayos X	517-64
NOM-157-SSA1-1997	Salud ambiental. Seguridad radiológica en el diagnóstico médico con rayos X	517-64
NOM-170-SSA1-1998	Para la práctica de anestesiología	517-64
NOM-158-SSA1-1996	Salud ambiental. Especificaciones técnicas para equipos de diagnóstico médico con rayos X	517-64
NOM-010-SECRE-2002	Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad para estaciones de servicio	514-2(b)
NMX-J-163-ANCE-2004	Artefactos eléctricos-Configuraciones	550-5 550-23 555-3
NMX-J-472-ANCE-1998	Conductores-determinación de la cantidad de gas ácido halogenado generado durante la combustión controlada de materiales poliméricos tomados de cables eléctricos-método de prueba	725-71(a)
NMX-J-498-ANCE-2000	Conductores-Determinación de la resistencia a la propagación de la flama en conductores eléctricos colocados en charola vertical-método de prueba	725-71(b)
NRF-011-CFE-2005	Sistema de tierras para plantas y subestaciones eléctricas	921-25
NOM-007-ENER-2004	Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales	220-3
NOM-013-ENER-2004	Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas	
NOM-053-SCFI-2000	Elevadores eléctricos de tracción para pasajeros y carga-Especificaciones de seguridad y métodos de prueba para equipos nuevos	620-2

TABLA B1.2 LISTADO DE NORMAS DE PRODUCTOS ELECTRICOS

NORMA	TITULO
NOM-003-SCFI-2000	Productos eléctricos especificaciones de seguridad
NOM-058-SCFI-1999	Productos eléctricos-balastos para lámparas de descarga eléctrica en gas-especificaciones de seguridad
NOM-063-SCFI-2001	Productos eléctricos-conductores-requisitos de seguridad.
NOM-064-SCFI-2000	Productos eléctricos-luminarios para uso en interiores y exteriores-

NORMA	TITULO
	especificaciones de seguridad y métodos de prueba.
NOM-021-ENER/SCFI/ECOL/SCFI-2000	Eficiencia energética, requisitos de seguridad al usuario y eliminación de clorofluorocarbonos (CFC'S) en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
NOM-011-ENER-2002	Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central paquete o dividido. Límite, métodos de prueba y etiquetado.
NOM-014-ENER-2004	Eficiencia energética de motores eléctricos de corriente alterna, monofásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal de 0,180 kW a 1,500 kW. Límites, método de prueba y marcado
NOM-016-ENER-2002	Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado.
NMX-J-002-ANCE-2001	Conductores-alambres de cobre duro para usos eléctricos-especificaciones.
NMX-J-008-ANCE-2001	Conductores-alambres de cobre estañado suave o recocido para usos eléctricos-especificaciones.
NMX-J-009/248/1-ANCE-2000	Productos eléctricos-fusibles-fusibles para baja tensión, parte 1: requisitos generales.
NMX-J-009/248/7-ANCE-2000	Productos eléctricos-fusibles-fusibles para baja tensión, parte 7: fusibles renovables letra h-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-009/248/11-ANCE-2000	Productos eléctricos-fusibles-fusibles para baja tensión, parte 11: fusibles tipo tapón-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-010-ANCE-2005	Conductores-conductores con aislamiento termoplástico para instalaciones hasta 600 V-Especificaciones.
NMX-J-012-ANCE-2002	Conductores-cable de cobre con cableado concéntrico para usos eléctricos-especificaciones.
NMX-J-024-1995-ANCE	Artefactos eléctricos-portalámparas roscados tipo Edison-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-028-ANCE-2001	Conductores-cables concéntricos tipo espiral para acometida aérea a baja tensión, hasta 600 V-especificaciones.
NMX-J-036-ANCE-2001	Conductores-alambre de cobre suave para usos eléctricos -especificaciones.
NMX-J-058-ANCE-2001	Conductores-cable de aluminio con cableado concéntrico y alma de acero (ACSR)-especificaciones.
NMX-J-059-ANCE-2004	Conductores-cable de cobre con cableado concéntrico compacto, para usos eléctricas-especificaciones
NMX-J-116-ANCE-2005	Transformadores de distribución tipo poste y tipo subestación-especificaciones
NMX-J-285-1996-ANCE	Transformadores de distribución tipo pedestal monobásico y trifásico para distribución subterránea.
NMX-J-429-ANCE-2002	Conductores-alambres, cables y cordones con aislamiento de PVC 80°C, 9 °C y 105°C, para usos electrónicos-especificaciones.
NMX-J-436-ANCE-2003	Conductores-cordones flexibles para uso rudo y extra rudo, hasta 600 V-especificaciones
NMX-J-508-ANCE-2003	Artefactos eléctricos-requisitos de seguridad-especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-511-ANCE-1999	Productos eléctricos-sistemas de soportes metálicos tipo charola para cables-especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-554-ANCE-2004	Roscas para tubo (conduit) y sus accesorios-especificaciones y método de prueba
NMX-J-005-ANCE-2005	Productos eléctricos-interruptores de uso general para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y similares -requerimientos generales.
NMX-J-023-ANCE-2000	Productos eléctricos-cajas registro metálicas de salida-Parte 1: especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-266-ANCE-1999	Productos eléctricos-interruptores-interruptores automáticos en caja moldeada-especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-412/1-ANCE-2004	Clavijas y receptáculos para uso doméstico y similar, Parte 1: requisitos

NORMA	TITULO
	generales.
NMX-J-569-ANCE-2005	Accesorios eléctricos-interruptores automáticos para la protección contra sobrecorriente en instalaciones domésticas y similares-interruptores automáticos para operación con c.a.
NMX-J-538/2-ANCE-2005	Productos de distribución y de control de baja tensión parte 2: interruptores automáticos
NMX-J-520-ANCE-2002	Interruptor de circuito por falla a tierra-especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-515-ANCE-2003	Equipos de control y distribución-requisitos generales de seguridad-especificaciones y métodos de prueba.

APENDICE B2 (Informativo)

FUENTES BIBLIOGRAFICAS

TABLA B2.1 LISTADO DE NORMAS INTERNACIONALES

NORMA	Título	Sección
ISO 965-1: 1998	ISO general-purpose metric screw threads -- Tolerances -- Part 1: Principles and basic data	500-3
ISO 965-3: 1998	ISO general purpose metric screw threads -- Tolerances -- Part 3: Deviations for constructional screw threads	500-3
IEC 60079-0 (2004-1)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 0: General requirements	505-4
IEC 60079-1 (2003-11)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 1: Flameproof enclosures "d"	505-4 (a)
IEC 60079-2 (2001-02)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 2: Pressurized enclosures "p"	505-4 (b)
IEC 60079-13 (1982-01)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 13: Construction and use of rooms or buildings protected by pressurization	505-4 (b)
IEC 60079-15 (2005-03)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 15: Construction, test and marking of type of protection "n" electrical apparatus	505-4 (d)
IEC 60079-6 (1995-4)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 6: Oil-immersion "o"	505-4 (e)
Corrigendum 1 (2003-09)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 6: Oil-immersion "o"	
IEC 60079-7 (2001-11)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 7: Increased safety "e"	505-4 (f)
Corrigendum 1 (2004-02)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 7: Increased safety "e"	
IEC 60079-18 (2004-03)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 18: Construction, test and marking of type of protection encapsulation "m" electrical apparatus	505-4 (g)
IEC 60079-5 (1997-04)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 5: Powder Filling "q"	505-4 (h)
Amendment 1 (2003-09)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 5: Powder filling "q"	
IEC 60079-10-1995	Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres, Classification of Hazardous Areas	505-5 Nota 2 505-9 (a) 505-10
IEC 60079-16 (1990-05)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Part 16: Artificial ventilation for the protection of analyser(s) houses	505-5 Nota 6

IEC 60079-12 (1978-01)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 12: Classification of mixtures of gases of vapours with air according to their maximum experimental safe gaps and minimum igniting currents	505-7
IEC/TR 60079-20 (1996-10)	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 20: Data for Flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus	505-8

TABLA B2.2 LISTADO DE NORMAS EXTRANJERAS

NORMA	Título	Sección
C2-2002	National Electrical Safety Code (NESC)	110-31(b)(1) 225-18 225-19 500-5(b)(3) 551-79 nota 830-10
NFPA 20-2003	Standard for the Installation of Stationary Fire Pumps for Fire Protection	240-3 (a) 517-30(a)
IEEE 142-1991	Recommended practice for grounded of industrial and commercial power systems	250-27 (c)
NFPA 30-2003	Flammable and Combustible Liquids Code	500-3(c) 500-7(b) 505-5 513-1 515-1, 515-2 Tabla 515-2 515-16
NFPA 32-2004	Drycleaning Plants	500-3 (c)
NFPA 33-2003	Spray Application Using Flammable or Combustible Materials	500-3 (c) 516-1
NFPA 34-2003	Dipping and Coating Processes Using Flammable or Combustible Liquids	500-3 (c) 516-1
NFPA 35-2005	Manufacture of Organic Coatings	500-3 (c)
NFPA 36-2004	Solvent Extraction Plants	500-3 (c)
NFPA 45-2004	Standard on Fire Protection for Laboratories using Chemicals	500-3 (c)
NFPA 50A-1999	Standard for Gaseous Hydrogen Systems at Consumer Sites	500-3 (c)
NFPA 50B-1999	Standard for Liquefied Hydrogen Systems at Consumer Sites	500-3 (c)
NFPA 58-2004	Liquefied Petroleum Gas Code	500-3 (c) 500-7(b)
NFPA 59-2004	Utility LP-Gas Plant Code	500-3 (c)
NFPA 77-2000	Recommended Practice on Static Electricity	500-3 (c) 505-5 <u>NOTA 3</u>
NFPA 325-1994	Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases, and Volatile Solids	500-5(a)(4) 500-5(e) 505-8 513-1
NFPA 496-2003	Standard for Purged Pressurized Enclosure for Electrical Equipment	500-4(d) 501-3(a) 501-5(a)(2) <u>501-5(b)(2)</u> 505-4(b)
UL 886-1994	Outlet Boxes and Fittings for Use in (Classified) Locations	501-5(e)(2) <u>NOTA 2</u>
NFPA 497-2004	Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids,	500-3 (c)

NORMA	Título	Sección
	Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas	500-5(a)(4) <u>500-5(e)</u> 505-8 800-31
NFPA 499-2004	Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas	500-3 (c) <u>500-5(b)(3)</u> <u>500-5(e)</u> <u>500-5(f)</u>
NFPA 780-2004	Standard for the Installation of Lightning Protection Systems	500-3 (c) 505-5
NFPA 820-2003	Standard for Fire Protection in Wastewater Treatment and Collection Facilities	500-3 (c)
ANSI/API RP 500-1997	Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1 and Division 2	500-3 (c) <u>505-5</u> <u>Nota 4</u> <u>505-10(c)</u>
API 2003-1998	Protection Against Ignitions Arising Out of Static Lightning and Stray Currents	500-3 (c) <u>505-5</u> <u>Nota 3</u>
ANSI/API RP 14F 1999	Recommended Practice for Design and Installation of Electrical Systems for Offshore Production Platforms	500-3 (c) <u>505-5</u> <u>Nota 5</u>
UL 1203-2004	Explosionproof and Dust-Ignitionproof Electrical Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations	500-4 (a) 500-4 (b) 502-1
UL 1604-2004	Electrical Equipment for Use in Class I and II, Division 2 and Class III Hazardous (Classified) Locations	500-4(c) 500-4(f)(2)
UL 913-2003	Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and III, Division 1, Hazardous Locations	500-4(e) 505-4(c)
UL 698A-2002	Industrial Control Equipment for Use In Hazardous (Classified) Locations	500-4(g)
ANSI/ASHRAE 15- 2004	Safety Code for Mechanical Refrigeration	500-5(a)(4)
ANSI/CGA G2.1-1989	Safety Requirements for the Storage and Handling of Anhydrous Ammonia.	500-5(a)(4)
ASTM D 3175- 2002	Standard Test Method for Volatile Material in the Analysis Sample for Coal and Coke	500-5(b)(2)
NFPA 505-2006	Fire Safety Standard for Powered Industrial Trucks Including Type Designations, Areas of Use, Conversions, Maintenance, and Operation	503-1 625-1
ANSI/ISA RP12.06.01-2003	Recommended Practice for Wiring Methods for Hazardous (Classified) Locations Instrumentation Part 1: Intrinsic Safety	504-1 504-50
UL 913-2003	Standard for Safety, Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and III, Division 1, Hazardous (Classified) Locations	504-2
UL 2279-2001	Electrical Equipment for use In Class I, Zone 0, 1 and 2 Hazardous (Classified) Locations	505-4
ANSI/ISA 12.00.01-2002	Electrical Apparatus for Use in Class I, Zones 0, 1 & 2 Hazardous (Classified) Locations: General Requirements (IEC 60079-0 Mod)	505-4
ANSI/ISA-S12.10-1988	Area Classification in Hazardous (Classified) Dust Locations	500-3 (c)
ANSI/ISA 12.12.01-2000	Nonincendive Electrical Equipment for Use in Class I & II, Division 2 & Class III, Divisions I & 2 Hazardous	500-4(c) 500-4(f)(1) <u>500-4(f)(2)</u> 500-4(h)

NORMA	Título	Sección
ANSI/ISA 12.16.01-2002	Electrical Apparatus for Use in Class I, Zone 1 Hazardous (Classified) Locations: Type of Protection-Increased Safety "e" (IEC 60079-7 Mod)	505-4(f)
ANSI/ISA 12.22.01-2002	Electrical Apparatus for use in Class I, Zone 1 and 2 Hazardous (Classified) Locations, Type of Protection -Flameproof "d"	505-4(a)
ANSI/ISA 12.23.01-2002	Electrical Apparatus for Use in Class I, Zone 1 Hazardous (Classified) Locations Type of Protection-Encapsulation "m" (IEC 60079-18 Mod)	505-4(g)
ANSI/ISA 12.25.01-1998	Electrical Apparatus for Use in Class I, Zone 1 Hazardous (Classified) Locations: Type of Protection-Powder Filling 'q' (IEC 60079-5 Mod)	505-4(h)
ANSI/ISA 12.26.01-1998	Electrical Apparatus for Use in Class I, Zone 1 Hazardous (Classified) Locations: Type of Protection-Oil-Immersion 'o' (IEC 60079-6 Mod)	505-4(e)
API RP 505 1997	Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Zone 0, and Zone 2	505-5 <u>Nota 2</u> 505-9 505-10
ISA S12.24.01-1998	Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations Classified as Class I, Zone 0, Zone 1, or Zone 2	505-5 505-9(a) 505-10(c)
NFPA 88A -2002	Standard for Parking Structures	511-2
NFPA 88B -1997	Standard for Repair Garages	511-2
NFPA 409-2004	Standard on Aircraft hangars	513-1
NFPA 30A-1996	Automotive and Marine Service Station Code	514-5(c) 555-10
NFPA 91-1999	Standard for Exhaust Systems for Air Conveying of Materials	516-1
NFPA 99-2004	Standard Health Care Facilities	517-2, 517-20 (c), 517-25, 517-30(a), 517-30(b)(4), 517-30(b)(6), 517-30(e), 517-31, 517-32(c)(2), 517-32(g), 517-33(a)(9), 517-34, 517-34(b)(3), 517-34(b)(9), 517-35(a), 517-40(a) Excepción (c) 517-40(c) 517-41(a) 517-41(b)(2) 517-41(e) 517-42 517-42(c)(2) 517-42(g) 517-43(b)(3) 517-44(a) 517-44(b)

NORMA	Título	Sección
		Excepción 2 517-45(a) 517-45(b) 517-45(c) 517-60(a)(1) 517-61(a)(1) 517-61(a)(3) 517.64(f) 517-160(a)(2) 517-160 (a)(4) (2) 517-160 (a) 6 NOTAS 1 y 2, 517-160 (c) (1) a., b., c., d., e., f., g., h., i. y j 700-1 701-1
NFPA 101-2003	Life Safety Code	517-1 517-2 517-10(b)(2) 517-32(a) 517-32(b) 517-32(c)(1) 517-40 (a) Excepción (c) 571-41(b) 517-42(a) 517-42(b) 517-42(c)(1) 540-10 700-9 700-12
ASHRAE	Handbook of fundamentals (Indicado en el Capítulo 24)	517-34 571-43-(b)(1)
NFPA 40-2001	Standard for the Storage and Handling of Cellulose Nitrate Motion Picture Film	530-1 540-1
ASAE EP 473-1997	Equipotential Planes in Animal Containment Areas, American Society of Agricultural Engineers	547-9
SAE J1128-2000	Low-Tension Primary Cable	551-10 552-10(b)
SAE J1127-2000	Battery Cable	551-10 552-10(b)
NFPA 1192-1999	Standard on Recreational Vehicles	551-30(d)
NFPA 302-2004	Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft	555-2 555-3
NFPA 303-2002	Fire Protection Standard for Marinas and Boatyards	555-3 555-7 555-10
NFPA 110-2005	Standard for Emergency and Standby Power Systems	700-1 700-7 701-1 701-8
IEEE 446-1995	Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems	701-1

RH	2,08	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
	3,31	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
RHH	2,08	14	4	7	11	20	27	46	80	120	157	201
RHW,	3,31	12	3	6	9	17	23	38	66	100	131	167
RHW-2												
RH,	5,26	10	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
RHH,	8,37	8	1	2	4	7	9	16	28	42	55	70
RHW,	13,3	6	1	1	3	5	8	13	22	34	44	56
RHW-2	21,2	4	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	26,7	3	1	1	1	4	5	9	15	23	30	38
	33,6	2	1	1	1	3	4	7	13	20	26	33
	42,4	1	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	53,5	1/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	67,4	2/0	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17
	85,0	3/0	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14
	107	4/0	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12
	127	250	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	152	300	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	177	350	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	203	400	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	253	500	0	0	0	0	1	1	2	3	4	6
	304	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	355	700	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	380	750	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	405	800	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	456	900	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	507	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	633	1250	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	760	1500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	887	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1 010	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

TW	2,08	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
THW	3,31	12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
THHW	5,26	10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
THW-2	8,37	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
RHH*	2,08	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
RHW*												
RHW-2*												
RHH*	3,31	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
RHW*	5,26	10	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177
RHW-2*												
TW	8,37	8	1	4	6	10	14	24	42	63	83	106
THW	13,3	6	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81
THHW	21,2	4	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
THW-2	26,7	3	1	1	3	5	7	12	20	31	40	52
	33,6	2	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	42,4	1	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31
	53,5	1/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	67,4	2/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	85,0	3/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	107	4/0	0	0	1	1	1	3	6	9	12	16
	127	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	152	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	11
	177	350	0	0	0	1	1	1	4	6	7	10
	203	400	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	253	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	304	600	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6
	355	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5

	380	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	405	800	0	0	0	0	1	1	1	3	3	5
	456	900	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	507	1 000	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	633	1250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	760	1500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	887	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	1 010	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

*Los cables RHH, RHW y RHW-2, sin recubrimiento externo.

THHN	2,08	14	12	22	35	61	84	138	241	364	476	608
THWN	3,31	12	9	16	26	45	61	101	176	266	347	444
THWN-2	5,26	10	5	10	16	28	38	63	111	167	219	279
	8,37	8	3	6	9	16	22	36	64	96	126	161
	13,3	6	2	4	7	12	16	26	46	69	91	116
	21,2	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	71
	26,7	3	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	33,6	2	1	1	3	5	7	11	20	30	40	51
	42,4	1	1	1	1	4	5	8	15	22	29	37
	53,5	1/0	1	1	1	3	4	7	12	19	25	32
	67,4	2/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	85,0	3/0	0	1	1	1	3	5	8	13	17	22
	107	4/0	0	1	1	1	2	4	7	11	14	18
	127	250	0	0	1	1	1	3	6	9	11	15
	152	300	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	177	350	0	0	1	1	1	2	4	6	9	11
	203	400	0	0	0	1	1	1	4	6	8	10
	253	500	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	304	600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	355	700	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6
	380	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	405	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	456	900	0	0	0	0	1	1	1	3	3	4
	507	1 000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
FEP	2,08	14	12	21	34	60	81	134	234	354	462	590
FEPB	3,31	12	9	15	25	43	59	98	171	258	337	430
PFA	5,26	10	6	11	18	31	42	70	122	185	241	309
PFAH	8,37	8	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177
TFE	13,3	6	2	4	7	12	17	28	50	75	98	126
	21,2	4	1	3	5	9	12	20	35	53	69	88
	26,7	3	1	2	4	7	10	16	29	44	57	73
	33,6	2	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
PFA	42,4	1	1	1	2	4	6	9	16	25	33	42
PFAH	53,5	1/0	1	1	1	3	5	8	14	21	27	35
TFE	67,4	2/0	0	1	1	3	4	6	11	17	22	29
TFE, Z	85,0	3/0	0	1	1	2	3	5	9	14	18	24
	1070	4/0	0	1	1	1	2	4	8	11	15	19
Z	2,08	14	14	25	41	72	98	161	282	426	556	711
	3,31	12	10	18	29	51	69	114	200	302	394	504
	5,26	10	6	11	18	31	42	70	122	185	241	309
	8,37	8	4	7	11	20	27	44	77	117	153	195
	13,3	6	3	5	8	14	19	31	54	82	107	137
	21,2	4	1	3	5	9	13	21	37	56	74	94
	26,7	3	1	2	4	7	9	15	27	41	54	69
	33,6	2	1	1	3	6	8	13	22	34	45	57
	42,4	1	1	1	2	4	6	10	18	28	36	46
XHH	2,08	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424

XHHW	3,31	12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
XHHW-2	5,26	10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
ZW	8,37	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
	13,3	6	1	3	6	10	14	22	39	60	78	100
	21,2	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	72
	26,7	3	1	1	3	6	8	14	24	36	48	61
	33,6	2	1	1	3	5	7	11	20	31	40	51
XHH	42,4	1	1	1	1	4	5	8	15	23	30	38
XHHW	53,5	1/0	1	1	1	3	4	7	13	19	25	32
XHHW-2	67,4	2/0	0	1	1	2	3	6	10	16	21	27
	85,0	3/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	107	4/0	0	1	1	1	2	4	7	11	14	18
	127	250	0	0	1	1	1	3	6	9	12	15
	152	300	0	0	1	1	1	3	5	8	10	13
	177	350	0	0	1	1	1	2	4	7	9	11
	203	400	0	0	0	1	1	1	4	6	8	10
	253	500	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	304	600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	6
	355	700	0	0	0	0	1	1	2	3	4	6
	380	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	405	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	456	900	0	0	0	0	1	1	1	3	3	4
	507	1 000	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	633	1250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	760	1500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3
	887	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	1 010	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Letras de tipo	Tamaño o Designación del cable:		Diámetro nominal en mm					
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53
FFH-2, RFH, RFHH-3	0,824	18	8	14	24	41	56	92
	1,31	16	7	12	20	34	47	78
SF-2, SFF-2	0,824	18	10	18	30	52	71	116
	1,31	16	8	15	25	43	58	96
	2,08	14	7	12	20	34	47	78
SF-1, SFF-1	0,824	18	18	33	53	92	125	206
	0,824	18	14	24	39	68	92	152
AF, RFH-1, RFHH-2, TF, TFF								
XF, XFF								
AF, RFHH-2, TF, TFF	1,31	16	11	19	31	55	74	123
XF, XFF	2,08	14	8	15	25	43	58	96
AF, XF, XFF								
TFN, TFFN	0,824	18	22	38	63	108	148	244
	1,31	16	17	29	48	83	113	186
PF, PFF, PGF, PGFF	0,824	18	21	36	59	103	140	231
	1,31	16	16	28	46	79	108	179
	2,08	14	12	21	34	60	81	134
	0,8235	18	27	47	77	133	181	298
ZF, ZFF, ZHF, ZHF, HF, HFF	1,307	16	20	35	56	98	133	220
	2,082	14	14	25	41	72	98	161
KF-2, KFF-2	0,824	18	39	69	111	193	262	433
	1,31	16	27	48	78	136	185	305
	2,08	14	19	33	54	93	127	209
	3,31	12	13	23	37	64	87	144
	5,26	10	8	15	25	43	58	96

KF-1, KFF-1	0,824	18							
	1,31	16	46	82	133	230	313	516	
	2,08	14	33	57	93	161	220	362	
	3,31	12	22	38	63	108	148	244	
	5,26	10	14	25	41	72	98	161	
AX, XF, XFF	3,31	12							
	5,26	10	4	8	13	23	31	51	
			3	6	10	18	24	40	

TABLA C1A.- Número máximo de conductores compactos en tubo (conduit) metálico tipo ligero (según la Tabla 1 del Capítulo 10)

Letras de tipo	Tamaño o Designación del cable:		Diámetro nominal en mm										
			16	21	27	35	41	53	63	78	91	103	
	mm ²	AWG kcmil											
THW, THW-2 THHW	8,37	8	3	5	8	15	20	34	59	90	117	149	
	13,3	6	1	3	5	9	12	20	35	53	70	89	
	21,2	4	1	2	4	6	9	15	26	40	52	67	
	33,6	2	1	1	3	5	7	11	19	29	38	49	
	42,4	1	1	1	1	3	4	8	13	21	27	34	
	53,5	1/0	1	1	1	3	4	7	12	18	23	30	
	67,4	2/0	0	1	1	2	3	5	10	15	20	25	
	85,0	3/0	0	1	1	1	3	5	8	13	17	21	
	107	4/0	0	1	1	1	2	4	7	11	14	18	
	127	250	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14	
	152	300	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12	
	177	350	0	0	1	1	1	2	4	6	8	11	
	203	400	0	0	0	1	1	1	4	6	8	10	
	253	500	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8	
	304	600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7	
	355	700	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6	
	380	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	
	507	1 000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	
	THHN	8,37	8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	THWN THWN-2	13,3	6	2	4	7	13	18	29	52	78	102	130
21,2		4	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81	
33,6		2	1	1	3	6	8	13	23	34	45	58	
42,4		1	1	1	2	4	6	10	17	26	34	43	
53,5		1/0	1	1	1	3	5	8	14	22	29	37	
67,4		2/0	1	1	1	3	4	7	12	18	24	30	
85,0		3/0	0	1	1	2	3	6	10	15	20	25	
107		4/0	0	1	1	1	3	5	8	12	16	21	
127		250	0	1	1	1	1	4	6	10	13	16	
152		300	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14	
177		350	0	0	1	1	1	3	5	7	10	12	
203		400	0	0	1	1	1	2	4	6	9	11	
253		500	0	0	0	1	1	1	4	5	7	9	
304		600	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7	
355	700	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7		
380	750	0	0	0	1	1	1	2	4	5	6		
507	1 000	0	0	0	0	1	1	1	3	3	4		
XHHW XHHW-2	8,37	8	3	5	8	15	20	34	59	90	117	149	
	13,3	6	1	4	6	11	15	25	44	66	87	111	
	21,2	4	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81	
	33,6	2	1	1	3	6	8	13	23	34	45	58	
	42,4	1	1	1	2	4	6	10	17	26	34	43	
	53,5	1/0	1	1	1	3	5	8	14	22	29	37	
	67,4	2/0	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31	
	85,0	3/0	0	1	1	2	3	6	10	15	20	25	
	107	4/0	0	1	1	1	3	5	8	13	17	21	

	127	250	0	1	1	1	2	4	7	10	13	17
	152	300	0	0	1	1	1	3	6	9	11	14
	177	350	0	0	1	1	1	3	5	8	10	13
	203	400	0	0	1	1	1	2	4	7	9	11
	253	500	0	0	0	1	1	1	4	6	7	9
	304	600	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	355	700	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	380	750	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	507	1 000	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5

NOTA: Se define el cableado compacto como un proceso de fabricación en el que un conductor normal se comprime hasta que prácticamente desaparecen los intersticios o huecos entre los hilos que forman el conductor.

TABLA C2.- Número máximo de conductores y cables de artefactos en tubo (conduit) no metálico tipo ligero (según la Tabla 1 del Capítulo 10)

Letras de tipo	Tamaño o Designación del cable:		Diámetro nominal en mm					
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53
RH	2,08	14	4	8	15	27	37	61
	3,31	12	3	7	12	21	29	49
RHH, RHW	2,08	14	3	6	10	19	26	43
RHW-2	3,31	12	2	5	9	16	22	36
RH, RHH, RHW RHW-2	5,26	10	1	4	7	13	17	29
	8,37	8	1	1	3	6	9	15
	13,3	6	1	1	3	5	7	12
	21,2	4	1	1	2	4	6	9
	26,7	3	1	1	1	3	5	8
	33,6	2	0	1	1	3	4	7
	42,4	1	0	1	1	1	3	5
	53,5	1/0	0	0	1	1	2	4
	67,4	2/0	0	0	1	1	1	3
	85,0	3/0	0	0	1	1	1	3
	107	4/0	0	0	1	1	1	2
	127	250	0	0	0	1	1	1
	152	300	0	0	0	1	1	1
	177	350	0	0	0	1	1	1
	203	400	0	0	0	1	1	1
	253	500	0	0	0	0	1	1
304	600	0	0	0	0	1	1	
355	700	0	0	0	0	1	1	
380	750	0	0	0	0	0	1	
405	800	0	0	0	0	0	1	
456	900	0	0	0	0	0	1	
507	1 000	0	0	0	0	0	1	
633	1250	0	0	0	0	0	0	
760	1500	0	0	0	0	0	0	
887	1750	0	0	0	0	0	0	
1 010	2 000	0	0	0	0	0	0	
TW	2,08	14	7	13	22	40	55	92
THW	3,31	12	5	10	17	31	42	71
THHW	5,26	10	4	7	13	23	32	52

THW-2	8,37	8	1	4	7	13	17	29
RHH*, RHW*	2,08	14	4	8	15	27	37	61
RHW-2*								
RHH*, RHW*	3,31	12	3	7	12	21	29	49
RHW-2*, TW	5,26	10	2	5	9	17	23	38
THW, THHW	8,37	8	1	3	5	10	14	23
THW-2	13,3	6	1	2	4	7	10	17
	21,2	4	1	1	3	5	8	13
	26,7	3	1	1	2	5	7	11
	33,6	2	1	1	2	4	6	9
	42,4	1	0	1	1	3	4	6
	53,5	1/0	0	1	1	2	3	5
	67,4	2/0	0	1	1	1	3	5
	85,0	3/0	0	0	1	1	2	4
	107	4/0	0	0	1	1	1	3
	127	250	0	0	1	1	1	2
	152	300	0	0	0	1	1	2
	177	350	0	0	0	1	1	1
	203	400	0	0	0	1	1	1
	253	500	0	0	0	1	1	1
	304	600	0	0	0	0	1	1
	355	700	0	0	0	0	1	1
	380	750	0	0	0	0	1	1
	405	800	0	0	0	0	1	1
	456	900	0	0	0	0	0	1
	507	1 000	0	0	0	0	0	1
	633	1250	0	0	0	0	0	1
	760	1500	0	0	0	0	0	0
	887	1750	0	0	0	0	0	0
	1 010	2 000	0	0	0	0	0	0

* Los cables RHH, RHW, y RHW-2, sin recubrimiento externo.

Letras de tipo	Tamaño o Designación del cable:		Diámetro nominal en mm					
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53
THHN, THWN	2,08	14	10	18	32	58	80	132
THWN-2	3,31	12	7	13	23	42	58	96
	5,26	10	4	8	15	26	36	60
	8,37	8	2	5	8	15	21	35
	13,3	6	1	3	6	11	15	25
	21,2	4	1	1	4	7	9	15
	26,7	3	1	1	3	5	8	13
	33,6	2	1	1	2	5	6	11
	42,4	1	1	1	1	3	5	8

	53,5	1/0	0	1	1	3	4	7
	67,4	2/0	0	1	1	2	3	5
	85,0	3/0	0	1	1	1	3	4
	107	4/0	0	0	1	1	2	4
	127	250	0	0	1	1	1	3
	152	300	0	0	1	1	1	2
	177	350	0	0	0	1	1	2
	203	400	0	0	0	1	1	1

	253	500	0	0	0	1	1	1
	304	600	0	0	0	1	1	1
	355	700	0	0	0	0	1	1
	380	750	0	0	0	0	1	1
	405	800	0	0	0	0	1	1
	456	900	0	0	0	0	1	1
	507	1 000	0	0	0	0	0	1
FEP, FEPB	2,08	14	10	18	31	56	77	128
PFA, PFAH	3,31	12	7	13	23	41	56	93
TFE	5,26	10	5	9	16	29	40	67
	8,37	8	3	5	9	17	23	38
	13,3	6	1	4	6	12	16	27
	21,2	4	1	2	4	8	11	19
	26,7	3	1	1	4	7	9	16
PFA, PFAH	33,6	2	1	1	3	5	8	13
TFE	42,4	1	1	1	1	4	5	9
PFA, PFAH	53,5	1/0	0	1	1	3	4	7
TFE, Z	67,4	2/0	0	1	1	2	4	6
	85,0	3/0	0	1	1	1	3	5
	107	4/0	0	1	1	1	2	4
Z	2,08	14	12	22	38	68	93	154
	3,31	12	8	15	27	48	66	109
	5,26	10	5	9	16	29	40	67
	8,37	8	3	6	10	18	25	42
	13,3	6	1	4	7	13	18	30
	21,2	4	1	3	5	9	12	20
	26,7	3	1	1	3	6	9	15
	33,6	2	1	1	3	5	7	12
	42,4	1	1	1	2	4	6	10
XHH, XHHW	2,08	14	7	13	22	40	55	92
XHHW-2, ZW	3,31	12	5	10	17	31	42	71
	5,26	10	4	7	13	23	32	52
	8,37	8	1	4	7	13	17	29
	13,3	6	1	3	5	9	13	21
	21,2	4	1	1	4	7	9	15
	26,7	3	1	1	3	6	8	13
	33,6	2	1	1	2	5	6	11
XHH, XHHW	42,4	1	1	1	1	3	5	8
XHHW-2	53,5	1/0	0	1	1	3	4	7
	67,4	2/0	0	1	1	2	3	6
	85,0	3/0	0	1	1	1	3	5
	107	4/0	0	0	1	1	2	4
	127	250	0	0	1	1	1	3
	152	300	0	0	1	1	1	3
	177	350	0	0	1	1	1	2
	203	400	0	0	0	1	1	1
	253	500	0	0	0	1	1	1
	304	600	0	0	0	1	1	1
	355	700	0	0	0	0	1	1
	380	750	0	0	0	0	1	1
	405	800	0	0	0	0	1	1
	456	900	0	0	0	0	1	1
	507	1 000	0	0	0	0	0	1
	633	1250	0	0	0	0	0	1

	760	1500	0	0	0	0	0	1
	887	1750	0	0	0	0	0	0
	1 010	2 000	0	0	0	0	0	0
FFH-2, RFH-2	0,824	18	6	12	21	39	53	88
RFHH-3	1,31	16	5	10	18	32	45	74
SF-2, SFF-2	0,824	18	8	15	27	49	67	111
	1,31	16	7	13	22	40	55	92
	2,08	14	5	10	18	32	45	74
SF-1, SFF-1	0,824	18	15	28	48	86	119	197
AF, RFH-1	0,824	18	11	20	35	64	88	145
RFHH-2, TF, TFF								
XF, XFF								
AF, RFHH-2, TF	1,31	16	9	16	29	51	71	117
TFF, XF, XFF								
AF, XF, XFF	2,08	14	7	13	22	40	55	92
TFN, TFFN	0,824	18	18	33	57	102	141	233
	1,31	16	13	25	43	78	107	178
PF, PFF, PGF	0,824	18	17	31	54	97	133	221
PGFF, PAF, PTF	1,31	16	13	24	42	75	103	171
PTFF, PAFF	2,08	14	10	18	31	56	77	128
ZF, ZFF, ZHF, HF	0,824	18	22	40	70	125	172	285
HFF	1,31	16	16	29	51	92	127	210
	2,08	14	12	22	38	68	93	154
F-1, KFF-1	0,824	18	31	58	101	182	250	413
	1,31	16	22	41	71	128	176	291
	2,08	14	15	28	49	88	121	200
	3,31	12	10	19	33	60	83	138
	5,26	10	7	13	22	40	55	92
KF-1, KFF-1	0,824	18	38	69	121	217	298	493
	1,31	16	26	49	85	152	209	346
	2,08	14	18	33	57	102	141	233
	3,31	12	12	22	38	68	93	154
	5,26	10	7	14	24	44	61	101
AF, XF, XFF	3,31	12	3	8	12	21	29	49
	5,26	10	3	5	9	27	23	38

Nota: Esta tabla es sólo para conductores trenzados concéntricos. Para conductores compactos se debe aplicar la tabla C2A.

TABLA C2A.- Número máximo de conductores y cables de aparatos en tubo (conduit) no metálico tipo ligero (según la Tabla 1 del Capítulo 10)

Letras de tipo	Tamaño o Designación del cable:		Diámetro nominal en mm					
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53
THW, THW-2	8,37	8	2	4	8	14	19	32
THHW	13,3	6	1	2	4	8	11	19
	21,2	4	1	1	3	6	8	14
	33,6	2	1	1	2	4	6	10
	42,4	1	0	1	1	3	4	7
	53,5	1/0	0	1	1	3	4	6
	67,4	2/0	0	1	1	2	3	5
	85,0	3/0	0	1	1	1	3	4
	107	4/0	0	0	1	1	2	4

	127	250	0	0	1	1	1	3
	152	300	0	0	1	1	1	2
	177	350	0	0	0	1	1	2
	203	400	0	0	0	1	1	1
	253	500	0	0	0	1	1	1
	304	600	0	0	0	1	1	1
	355	700	0	0	0	0	1	1
	380	750	0	0	0	0	1	1
	507	1 000	0	0	0	0	0	1
THHN, THWN	8,37	8	---	---	---	---	---	---
THWN-2	13,3	6	1	4	7	12	17	28
	21,2	4	1	2	4	7	10	17
	33,6	2	1	1	3	5	7	12
	42,4	1	1	1	2	4	5	9
	53,5	1/0	0	1	1	3	5	8
	67,4	2/0	0	1	1	3	4	6
	85,0	3/0	0	1	1	2	3	5
	107	4/0	0	1	1	1	2	4
	127	250	0	0	1	1	1	3
	152	300	0	0	1	1	1	3
	177	350	0	0	1	1	1	2
	203	400	0	0	0	1	1	2
	253	500	0	0	0	1	1	1
	304	600	0	0	0	1	1	1
	355	700	0	0	0	1	1	1
	380	750	0	0	0	1	1	1
	507	1 000	0	0	0	0	1	1
XHHW, XHHW-2	8,37	8	2	4	8	14	19	32
	13,3	6	1	3	6	10	14	24
	21,2	4	1	2	4	7	10	17
	33,6	2	1	1	3	5	7	12
	42,4	1	1	1	2	4	5	9
	53,5	1/0	1	1	1	3	5	8
	67,4	2/0	0	1	1	3	4	7
	85,0	3/0	0	1	1	2	3	5
	107	4/0	0	1	1	1	3	4
	127	250	0	0	1	1	1	3
	152	300	0	0	1	1	1	3
	177	350	0	0	1	1	1	3
	203	400	0	0	1	1	1	2
	253	500	0	0	0	1	1	1
	304	600	0	0	0	1	1	1
	355	700	0	0	0	1	1	1
	380	750	0	0	0	1	1	1
	507	1 000	0	0	0	0	1	1

Nota: Se define el cableado compacto como un proceso de fabricación en el que un conductor normal se comprime hasta que prácticamente desaparecen los intersticios o huecos entre los hilos que forman el conductor.

TABLA C3.- Número máximo de conductores y cables de aparatos en tubo (conduit) metálico flexible (según la Tabla 1 del Capítulo 10)

Letras de tipo	Tamaño o Designación del cable:		Diámetro nominal en mm									
			16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
	mm ²	AWG kcmil										
RH	2,08	14	6	10	15	24	35	62	94	135	184	240
	3,31	12	5	8	12	19	28	50	75	108	148	193
RHH, RHW	2,08	14	4	7	11	17	25	44	67	96	131	171
RHW-2	3,31	12	3	6	9	14	21	37	55	80	109	142
RH, RHH	5,26	10	3	5	7	11	17	30	45	64	88	115

RHW, RHW-2	8,37	8	1	2	4	6	9	15	23	34	46	60
	13,3	6	1	1	3	5	7	12	19	27	37	48
	21,2	4	1	1	2	4	5	10	14	21	29	37
	26,7	3	1	1	1	3	5	8	13	18	25	33
	33,6	2	1	1	1	3	4	7	11	16	22	28
	42,4	1	0	1	1	1	2	5	7	10	14	19
	53,5	1/0	0	1	1	1	2	4	6	9	12	16
	67,4	2/0	0	1	1	1	1	3	5	8	11	14
	85,0	3/0	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12
	107	4/0	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	127	250	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	152	300	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	177	350	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	203	400	0	0	0	0	1	1	1	3	4	6
	253	500	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	304	600	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	355	700	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	380	750	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	405	800	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	456	900	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	507	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3
	633	1250	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	760	1500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	887	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1 010	2 000	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
TW	2,08	14	9	15	23	36	53	94	141	203	277	361
THW	3,31	12	7	11	18	28	41	72	108	156	212	277
THHW	5,26	10	5	8	13	21	30	54	81	116	158	207
THW-2	8,37	8	3	5	7	11	17	30	45	64	88	115
RHH*, RHW* RHW-2*	2,08	14	6	10	15	24	35	62	94	135	184	240
RHH*, RHW* RHW-2*	3,31	12	5	8	12	19	28	50	75	108	148	193
RHH*, RHW* RHW-2*	5,26	10	4	6	10	15	22	39	59	85	115	151
THHW, THW, THW-2	8,37	8	1	4	6	9	13	23	35	51	69	90
	13,3	6	1	3	4	7	10	18	27	39	53	69
	21,2	4	1	1	3	5	7	13	20	29	39	51
	26,7	3	1	1	3	4	6	11	17	25	34	44
	33,6	2	1	1	2	4	5	10	14	21	29	37
	42,4	1	1	1	1	2	4	7	10	15	20	26
	53,5	1/0	0	1	1	1	3	6	9	12	17	22
	67,4	2/0	0	1	1	1	3	5	7	10	14	19
	85,0	3/0	0	1	1	1	2	4	6	9	12	16
	107	4/0	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	127	250	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11
	152	300	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	177	350	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	203	400	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	253	500	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	304	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	355	700	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	380	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	405	800	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4
	456	900	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	507	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	633	1250	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	760	1500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	887	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

	1 010	2 000	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
--	-------	-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

* Los cables RHH, RHW y RHW-2, sin recubrimiento externo.

Letras de tipo	Tamaño o Designación del cable:		Diámetro nominal en mm									
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
THHN	2,08	14	13	22	33	52	76	134	202	291	396	518
THWN	3,31	12	9	16	24	38	56	98	147	212	289	378
THWN-2	5,26	10	6	10	15	24	35	62	93	134	182	238
	8,37	8	3	6	9	14	20	35	53	77	105	137
	13,3	6	2	4	6	10	14	25	38	55	76	99
	21,2	4	1	2	4	6	9	16	24	34	46	61
	26,7	3	1	1	3	5	7	13	20	29	39	51
	33,6	2	1	1	3	4	6	11	17	24	33	43
	42,4	1	1	1	1	3	4	8	12	18	24	32
	53,5	1/0	1	1	1	2	4	7	10	15	20	27
	67,4	2/0	0	1	1	1	3	6	9	12	17	22
	85,0	3/0	0	1	1	1	2	5	7	10	14	18
	107	4/0	0	1	1	1	1	4	6	8	12	15
	127	250	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12
	152	300	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11
	177	350	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	203	400	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	253	500	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	304	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	355	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	380	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	405	800	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	456	900	0	0	0	0	0	1	1	1	3	4
	507	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
FEP, FEPB	2,08	14	12	21	32	51	74	130	196	282	385	502
PFA, PFAH	3,31	12	9	15	24	37	54	95	1453	206	281	367
TFE	5,26	10	6	11	17	26	39	68	103	148	201	263
	8,37	8	4	6	10	15	22	39	59	85	115	151
	13,3	6	2	4	7	11	16	28	42	60	82	107
	21,2	4	1	3	5	7	11	19	29	42	57	75
	26,7	3	1	2	4	6	9	16	24	35	48	62
	33,6	2	1	1	3	5	7	13	20	29	39	51
PFA, PFAH	42,4	1	1	1	2	3	5	9	14	20	27	36
TFE												
PFA, PFAH	53,5	1/0	1	1	1	3	4	8	11	17	23	30
TFE, Z	67,4	2/0	1	1	1	2	3	6	9	14	19	24
	85,0	3/0	0	1	1	1	3	5	8	11	15	20
	107	4/0	0	1	1	1	2	4	6	9	13	16
Z	2,08	14	15	25	39	61	89	157	236	340	463	605
	3,31	12	11	18	28	43	63	111	168	241	329	429
	5,26	10	6	11	17	26	39	68	103	148	201	263
	8,37	8	4	7	11	17	24	43	65	93	127	166
	13,3	6	3	5	7	12	17	30	45	65	89	117
	21,2	4	1	3	5	8	12	21	31	45	61	80
	26,7	3	1	2	4	6	8	15	23	33	45	58
	33,6	2	1	1	3	5	7	12	19	27	37	49
	42,4	1	1	1	2	4	6	10	15	22	30	39
XHH	2,08	14	9	15	23	36	53	94	141	203	277	361

XHHW	3,31	12	7	11	18	28	41	72	108	156	212	277
XHHW-2	5,26	10	5	8	13	21	30	54	81	116	158	207
ZW	8,37	8	3	5	7	11	17	30	45	64	88	115
	13,3	6	1	3	5	8	12	22	33	48	65	85
	21,2	4	1	2	4	6	9	16	24	34	47	61
	26,7	3	1	1	3	5	7	13	20	29	40	52
	33,6	2	1	1	3	4	6	11	17	24	33	44
XHH	42,4	1	1	1	1	3	5	8	13	18	25	32
XHHW	53,5	1/0	1	1	1	2	4	7	10	15	21	27
XHHW-2	67,4	2/0	0	1	1	2	3	6	9	13	17	23
	85,0	3/0	0	1	1	1	3	5	7	10	14	19
	107	4/0	0	1	1	1	2	4	6	9	12	15
	127	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	152	300	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11
	177	350	0	0	1	1	1	2	4	5	7	9
	203	400	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	253	500	0	0	0	1	1	1	3	4	5	7
	304	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	355	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	380	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	405	800	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	456	900	0	0	0	0	0	1	1	1	3	4
	507	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	633	1250	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3
	760	1500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	887	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1 010	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Letras de tipo	Tamaño o Designación del cable:		Diámetro nominal en mm					
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53
FFH-2, RFH-2,	0,824	18	8	14	22	35	51	90
RFHH-3	1,31	16	7	12	19	29	43	76
SF-2, SFF-2	0,824	18	11	18	28	44	64	113
	1,31	16	9	15	23	36	53	94
	2,08	14	7	12	19	29	43	76
SF-1, SFF-1	0,824	18	19	32	50	78	114	201
AF, RFH-1, RFHH-2,	0,824	18	14	24	37	58	84	148
TF, TFF, XF, XFF								
AF, XF, XFF	1,31	16	11	19	30	47	68	120
TFN, TFFN	2,08	14	9	15	23	36	53	94
PF, PFF, PGF, PGFF	0,824	18	23	38	59	93	135	237
PAF, PTF, PTFF	1,31	16	17	29	45	71	103	181
PAFF								
ZF, ZFF, ZHF, HF, HFF	0,824	18	22	36	56	88	128	225
	1,31	16	17	28	43	68	99	174
	2,08	14	12	21	32	51	74	130
KF-2, KFF-2	0,824	18	28	47	72	113	165	290
	1,31	16	20	35	53	83	121	214
	2,08	14	15	25	39	61	89	157
KF-1, KFF-1	0,824	18	41	68	105	164	239	421
	1,31	16	28	48	74	116	168	297
	2,08	14	19	33	51	80	116	204
	3,31	12	13	23	35	55	80	140
	5,26	10	9	15	23	36	53	94

AF, XF, XFF	0,824	18	48	82	125	196	285	503
	1,31	16	34	57	88	138	200	353
	2,08	14	23	38	59	93	135	237
	3,31	12	15	25	39	61	89	157
	5,26	10	10	16	25	40	58	103
	3,31	12	5	8	12	19	28	50
	5,26	10	4	6	10	15	22	39

Nota: Esta tabla es sólo para conductores con cableado concéntrico. Para cables compactos se debe aplicar la tabla C3A.

TABLA C3A.- Número máximo de conductores compactos en tubo (conduit) flexibles (según la Tabla 1 del Capítulo 10)

Letras de tipo	Tamaño o Designación del cable:		Diámetro nominal en mm									
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
THW	8,37	8	3	5	8	13	19	33	50	71	97	127
THHW	13,3	6	1	3	5	7	11	20	29	43	58	76
THW-2	21,2	4	1	2	3	5	8	15	22	32	43	57
	33,6	2	1	1	2	4	6	11	16	23	32	42
	42,4	1	1	1	1	3	4	7	11	16	22	29
	53,5	1/0	1	1	1	2	3	6	10	14	19	25
	67,4	2/0	0	1	1	1	3	5	8	12	16	21
	85,0	3/0	0	1	1	1	2	4	7	10	14	18
	107	4/0	0	1	1	1	1	4	6	8	11	15
	127	250	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12
	152	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	177	350	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	203	400	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	253	500	0	0	0	1	1	1	3	4	5	7
	304	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	6
	355	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	380	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	5
	507	1 000	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4
	THHN	8,37	8	---	---	---	---	---	---	---	---	---
THWN	13,3	6	3	4	7	11	16	29	43	62	85	111
THWN-2	21,2	4	1	3	4	7	10	18	27	38	52	69
	33,6	2	1	1	3	5	7	13	19	28	38	49
	42,4	1	1	1	2	3	5	9	14	21	28	37
	53,5	1/0	1	1	1	3	4	8	12	17	24	31
	67,4	2/0	1	1	1	2	4	6	10	14	20	26
	85,0	3/0	0	1	1	1	3	5	8	12	17	22
	107	4/0	0	1	1	1	2	4	7	10	14	18
	127	250	0	1	1	1	1	3	5	8	11	14
	152	300	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12
	177	350	0	0	1	1	1	3	4	6	8	10
	203	400	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	253	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	304	600	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	355	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	6
	380	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	507	1 000	0	0	0	0	0	0	1	1	3	4
	XHHW	8,37	8	3	5	8	13	19	33	50	71	97	127
XHHW-2	13,3	6	2	4	6	9	14	24	37	53	72	95
	21,2	4	1	3	4	7	10	18	27	38	52	69

	33,6	2	1	1	3	5	7	13	19	28	38	49
	42,4	1	1	1	2	3	5	9	14	21	28	37
	53,5	1/0	1	1	1	3	4	8	12	17	24	31
	67,4	2/0	1	1	1	2	4	7	10	15	20	26
	85,0	3/0	0	1	1	1	3	5	8	12	17	22
	107	4/0	0	1	1	1	2	4	7	10	14	18
	127	250	0	1	1	1	1	4	5	8	11	14
	152	300	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12
	177	350	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11
	203	400	0	0	1	1	1	2	4	5	7	10
	253	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	304	600	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	355	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	6
	380	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	507	1 000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4

Nota: Se define el cableado compacto como un proceso de fabricación en el que un conductor normal se comprime hasta que prácticamente desaparecen los intersticios o huecos entre los hilos que forman el conductor.

TABLA C4.- Número máximo de conductores y cables de aparatos en tubo (conduit) metálico tipo semipesado (según la Tabla 1 del Capítulo 10)

Letras de tipo	Tamaño o Designación del cable:		Diámetro nominal en mm									
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
RH	2,08	14	6	11	18	31	42	69	98	151	202	261
	3,31	12	5	9	14	25	34	56	79	122	163	209
RHH, RHW THW-2	2,08	14	4	8	13	22	30	49	70	108	144	186
	3,31	12	4	6	11	18	25	41	58	89	120	154
RH, RHH RHW, RHW-2	5,26	10	3	5	8	15	20	33	47	72	97	124
	8,37	8	1	3	4	8	10	17	24	38	50	65
	13,3	6	1	1	3	6	8	14	19	30	40	52
	21,2	4	1	1	3	5	6	11	15	23	31	41
	26,7	3	1	1	2	4	6	9	13	21	28	36
	33,6	2	1	1	1	3	5	8	11	18	24	31
	42,4	1	0	1	1	2	3	5	7	12	16	20
	53,5	1/0	0	1	1	1	3	4	6	10	14	18
	67,4	2/0	0	1	1	1	2	4	6	9	12	15
	85,0	3/0	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	107	4/0	0	0	1	1	1	3	4	6	9	11
	127	250	0	0	1	1	1	1	3	5	6	8
	152	300	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	177	350	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	203	400	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	253	500	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	304	600	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	355	700	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	380	750	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4
	405	800	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	456	900	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	507	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	633	1 250	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	760	1 500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	887	1 750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1 010	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
TW	2,08	14	10	17	27	47	64	104	147	228	304	392

THW	3,31	12	7	13	21	36	49	80	113	175	234	301
THHW	5,26	10	5	9	15	27	36	59	84	130	174	224
THW-2	8,37	8	3	5	8	15	20	33	47	72	97	124
RHH*, RHW*	2,08	14	6	11	18	31	42	69	98	151	202	261
RHW-2*												
RHH*,RHW*	3,31	12	5	9	14	25	34	56	79	122	163	209
RHW-2	5,26	10	4	7	11	19	26	43	61	95	127	163
THW-2*	8,37	8	2	4	7	12	16	26	37	57	76	98
THHW, THW	13,3	6	1	3	5	9	12	20	28	43	58	75
	21,2	4	1	2	4	6	9	15	21	32	43	56
	26,7	3	1	1	3	6	8	13	18	28	37	48
	33,6	2	1	1	3	5	6	11	15	23	31	41
	42,4	1	1	1	1	3	4	7	11	16	22	28
	53,5	1/0	1	1	1	3	4	6	9	14	19	24
	67,4	2/0	0	1	1	2	3	5	8	12	16	20
	85,0	3/0	0	1	1	1	3	4	6	10	13	17
	107	4/0	0	1	1	1	2	4	5	8	11	14
	127	250	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12
	152	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	177	350	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	203	400	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	253	500	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	304	600	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	355	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	380	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	405	800	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	456	900	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	507	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	633	1 250	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3
	760	1 500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	887	1 750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1 010	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
THHN	2,08	14	14	24	39	68	91	149	211	326	436	562
THWN	3,31	12	10	17	29	49	67	109	154	238	318	410
THWN-2	5,26	10	6	11	18	31	42	68	97	150	200	258
	8,37	8	3	6	10	18	24	39	56	86	115	149
	13,3	6	2	4	7	13	17	28	40	62	83	107
	21,2	4	1	3	4	8	10	17	25	38	51	66
	26,7	3	1	2	4	6	9	15	21	32	43	56
	33,6	2	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47
	42,4	1	1	1	2	4	5	9	13	20	27	35
	53,5	1/0	1	1	1	3	4	8	11	17	23	29
	67,4	2/0	1	1	1	3	4	6	9	14	19	24
	85,0	3/0	0	1	1	2	3	5	7	12	16	20
	107	4/0	0	1	1	1	2	4	6	9	13	17
	127	250	0	0	1	1	1	3	5	8	10	13
	152	300	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12
	177	350	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	203	400	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	253	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	304	600	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	355	700	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	380	750	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	405	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	456	900	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	507	1 000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
FEP, FEPB	2,08	14	13	23	38	66	89	145	205	317	423	545

PFA, PFAH	3,31	12	10	17	28	48	65	106	150	231	309	398
TFE	5,26	10	7	12	20	34	46	76	107	166	221	285
	8,37	8	4	7	11	19	26	43	61	95	127	163
	13,3	6	3	5	8	14	19	31	44	67	90	116
	21,2	4	1	3	5	10	13	21	30	47	63	81
	26,7	3	1	3	4	8	11	18	25	39	52	68
	33,6	2	1	2	4	6	9	15	21	32	43	56
PFA, PFAH	42,4	1	1	1	2	4	6	10	14	22	30	39
TFE												
PFA, PFAH	53,5	1/0	1	1	1	4	5	8	12	19	25	32
TFE, Z	67,4	2/0	1	1	1	3	4	7	10	15	21	27
	85,0	3/0	0	1	1	2	3	6	8	13	17	22
	107	4/0	0	1	1	1	3	5	7	10	14	18
Z	2,08	14	16	28	46	79	107	175	247	381	510	657
	3,31	12	11	20	32	56	76	124	175	271	262	466
	5,26	10	7	12	20	34	46	76	107	166	221	285
	8,37	8	4	7	12	21	29	48	68	105	140	180
	13,3	6	3	5	9	15	20	33	47	73	98	127
	21,2	4	1	3	6	10	14	23	33	50	67	87
	26,7	3	1	2	4	7	10	17	24	37	49	63
	33,6	2	1	1	3	6	8	14	20	30	41	53
	42,4	1	1	1	3	5	7	11	16	25	33	43
XHH,	2,08	14	10	17	27	47	64	104	147	228	304	392
XHHW	3,31	12	7	13	21	36	49	80	113	175	234	301
XHHW-2	5,26	10	5	9	15	27	36	59	84	130	174	224
ZW	8,37	8	3	5	8	15	20	33	47	72	97	124
	13,3	6	1	4	6	11	15	24	35	53	71	92
	21,2	4	1	3	4	8	11	18	25	39	52	67
	26,7	3	1	2	4	7	9	15	21	33	44	56
	33,6	2	1	1	3	5	7	12	18	27	37	47
XHH	42,4	1	1	1	2	4	5	9	13	20	27	35
XHHW,	53,5	1/0	1	1	1	3	5	8	11	17	23	30
XHHW-2	67,4	2/0	1	1	1	3	4	6	9	14	19	25
	85,0	3/0	0	1	1	2	3	5	7	12	16	20
	107	4/0	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17
	127	250	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14
	152	300	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12
	177	350	0	0	1	1	1	3	4	6	8	10
	203	400	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	253	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	304	600	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	355	700	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	380	750	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	405	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	456	900	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	507	1 000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	633	1250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	760	1500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	887	1750	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	1 010	2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

FFH-2, RFH-2	0,824	18	9	16	26	45	61	100
RFHH-3	1,31	16	8	13	22	38	51	84
SF-2, SFF-2	0,824	18	12	20	33	57	77	126
	1,31	16	10	17	27	47	64	104
	2,08	14	8	13	22	38	51	84
SF-1, SFF-1	0,824	18	21	36	59	101	137	223
AF, RFH-1, RFHH-2,	0,824	18	15	26	43	75	101	165

TF, TFF, XF, XFF	1,31	16	12	21	35	60	81	133
AF, RFH-2, TF, TFF, XF, XFF	2,08	14	10	17	27	47	64	104
AF, XF, XFF	0,824	18	25	42	69	119	161	264
TFN, TFFN	1,31	16	19	32	53	91	123	201
PF, PFF, PGF, PGFF, PAF, PTF, PTFF, PAFF	0,824	18	23	40	66	113	153	250
	1,31	16	18	31	51	87	118	193
	2,08	14	13	23	38	66	89	145
ZF, ZFF, ZHF, HF, HFF	0,824	18	30	52	85	146	197	322
	1,31	16	22	38	63	108	145	238
	2,08	14	16	28	46	79	107	175
KF-2, KFF-2	0,824	18	44	75	123	212	287	468
	1,31	16	31	53	87	149	202	330
	2,08	14	21	36	60	103	139	227
	3,31	12	14	25	41	70	95	156
	5,26	10	10	17	27	47	64	104
	0,824	18	52	90	147	253	342	558
	1,31	16	37	63	103	178	240	392
KF-1, KFF-1	2,08	14	25	42	69	119	161	264
	3,31	12	16	28	46	79	107	175
	5,26	10	10	18	30	52	70	114
	3,31	12	5	9	14	25	34	56
AF, XF, XFF	5,26	10	4	7	11	19	26	43

TABLA C4A.- Número máximo de conductores compactos en tubo (conduit) metálico tipo semipesado (según la Tabla 1 del Capítulo 10)

Letras de tipo	Tamaño o Designación del cable:		Diámetro nominal en mm									
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
THW, THW-2	8,37	8	3	6	9	16	22	37	52	80	107	138
	13,3	6	1	3	6	10	13	22	31	48	64	82
	21,2	4	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62
	33,6	2	1	1	3	5	7	12	17	26	35	45
	42,4	1	1	1	1	4	5	8	12	18	25	32
	53,5	1/0	1	1	1	3	4	7	10	16	21	27
	67,4	2/0	0	1	1	3	4	6	9	13	18	23
	85,0	3/0	0	1	1	2	3	5	7	11	15	20
	107	4/0	0	1	1	1	2	4	6	9	13	16
	127	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	152	300	0	0	1	1	1	3	4	6	9	11
	177	350	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	203	400	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	253	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	304	600	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	355	700	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	380	750	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
507	1 000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	
8,37	8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
THHW	13,3	6	3	5	8	14	19	32	45	70	93	120
THHN,	21,2	4	1	3	5	9	12	20	28	43	58	74
THWN,	33,6	2	1	1	3	6	8	14	20	31	41	53
THWN-2	42,4	1	1	1	3	5	6	10	15	23	31	40
	53,5	1/0	1	1	2	4	5	9	13	20	26	34
	67,4	2/0	1	1	1	3	4	7	10	16	22	28
	85,0	3/0	0	1	1	3	4	6	9	14	18	24

	107	4/0	0	1	1	2	3	5	7	11	15	19
	127	250	0	1	1	1	2	4	6	9	12	15
	152	300	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	177	350	0	0	1	1	1	3	4	7	9	11
	203	400	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	253	500	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	304	600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	355	700	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	380	750	0	0	0	1	1	1	1	3	4	6
	507	1 000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
XHHW	8,37	8	3	6	9	16	22	37	52	80	107	138
XHHW-2	13,3	6	2	4	7	12	16	27	38	59	80	103
	21,2	4	1	3	5	9	8	20	28	43	58	74
	33,6	2	1	1	3	6	6	14	20	31	41	53
	42,4	1	1	1	3	5	5	10	15	23	31	40
	53,5	1/0	1	1	2	4	4	9	13	20	26	34
	67,4	2/0	1	1	1	3	4	7	11	17	22	29
	85,0	3/0	0	1	1	3	3	6	9	14	18	24
	107	4/0	0	1	1	2	2	5	7	11	15	20
	127	250	0	1	1	1	1	4	6	9	12	16
	152	300	0	0	1	1	1	3	5	8	10	13
	177	350	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12
	203	400	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11
	253	500	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	304	600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	355	700	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	380	750	0	0	0	1	1	1	1	3	4	6
	507	1 000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4

APENDICE D (Informativo)

GRADOS DE PROTECCION PROPORCIONADOS POR LOS ENVOLVENTES

D.1 Clasificación Norteamericana

tipo 1: envolventes (gabinetes) construidos para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado y para proporcionar un grado de protección contra la suciedad.

tipo 2: envolventes (gabinetes) construidos para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, para proporcionar un grado de protección contra la suciedad, y para proporcionar un grado de protección contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos.

tipo 3: envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve y tolvanera; y que no se dañe por la formación de hielo en el exterior del envoltente (gabinete).

tipo 3R: envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve y que no se dañe por la formación de hielo en el exterior del envoltente (gabinete).

tipo 3S: envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve y tolvaneras; y en el cual el mecanismo externo sigue operable cuando se forman capas de hielo.

tipo 4: envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve, tolvaneras, salpicaduras de agua y chorro directo de agua y que no se dañe por la formación de hielo en el exterior del envoltente (gabinete).

tipo 4X: envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve, tolvaneras, salpicaduras de agua, chorro directo de agua y corrosión y que no se dañe por la formación de hielo en el exterior del envoltente (gabinete).

tipo 5: envolventes (gabinetes) construidos para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, acumulación de polvo del ambiente, pelusa, fibras y partículas flotantes y contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos.

tipo 6: envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve, chorro directo de agua y la entrada de agua durante inmersión temporal ocasional a una profundidad limitada y que no se dañe por la formación de hielo en el exterior del envoltente (gabinete).

tipo 6P: envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve, chorro directo de agua, corrosión y la entrada de agua durante inmersión prolongada a una profundidad limitada y que no se dañe por la formación de hielo en el exterior del envoltente (gabinete).

tipo 12: envolventes (gabinetes) construidos (sin discos desprendibles) para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, el polvo del ambiente, pelusa, fibras, partículas flotantes, contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos; y contra salpicaduras ligeras y escurrimientos de aceite y refrigerantes no corrosivos.

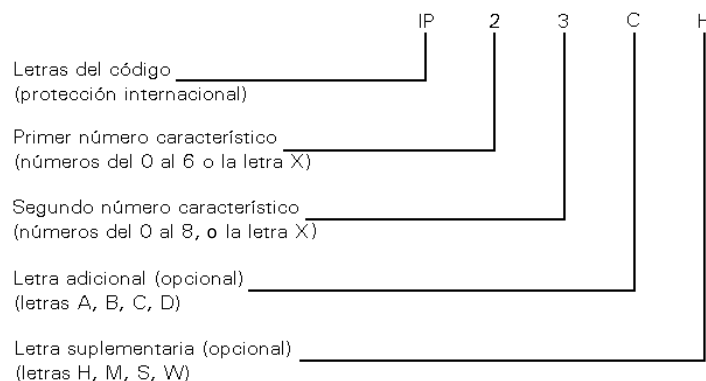
tipo 12K: envolventes (gabinetes) construidos (con discos desprendibles) para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, el polvo del ambiente, pelusa, fibras, partículas flotantes, contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos; y contra salpicaduras ligeras y escurrimientos de aceite y refrigerantes no corrosivos.

tipo 13: envolventes (gabinetes) construidos para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, el polvo del ambiente, pelusa, fibras, partículas flotantes; y contra el rociado, salpicaduras y escurrimientos de agua, aceite y refrigerantes no corrosivos.

D.2 Clasificación IEC

código IP: un sistema codificado para indicar los grados de protección proporcionados por un envoltente contra el acceso a partes peligrosas, ingreso de objetos extraños sólidos, ingreso de agua y para proporcionar información adicional en relación con dicha protección.

Distribución del código IP



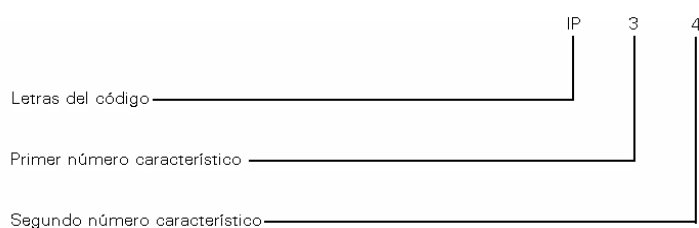
D.2.1 Ejemplos del uso de letras en el código IP

Los ejemplos siguientes sirven para explicar el uso y arreglo de letras en el código IP.

IP44 - Sin letras, sin opciones;

IPX5	- Omitir el primer número característico;
IP2X	- Omitir el segundo número característico;
IP20C	- Usar letra adicional;
IPXXC	- Omitir ambos números característicos, utilizar letra adicional;
IPX1C	- Omitir el primer número característico, utilizar letra adicional;
IP3XD	- Omitir el segundo número característico, utilizar letra adicional;
IP23S	- Utilizar letra suplementaria;
IP21CM	- Utilizar letra adicional y letra suplementaria;
IPX5/IPX7	- Dando dos diferentes grados de protección por un envoltorio contra chorros de agua e inmersión temporal para aplicación "dual".

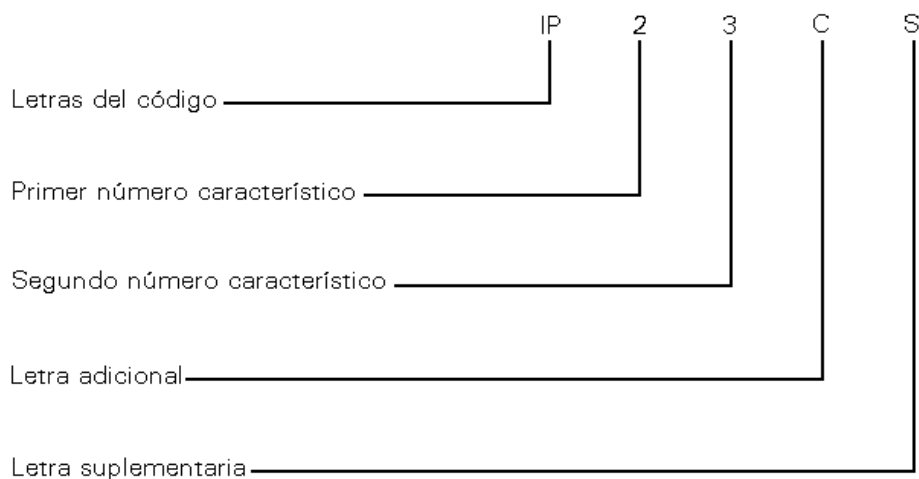
D.2.2 Código IP que no utiliza letras opcionales



Un envoltorio con esta designación (código IP)

- (3) - protege a personas que manejan herramientas con un diámetro de 2,5 mm y mayor, contra el acceso a partes peligrosas;
- protege al equipo dentro del envoltorio contra el ingreso de objetos extraños sólidos que tienen un diámetro de 2,5 mm y mayor;
- (4) - protege al equipo dentro del envoltorio contra efectos perjudiciales debidos a las salpicaduras de agua contra el envoltorio desde cualquier dirección.

D.2.3 Código IP que utiliza letras opcionales



Un envoltorio con esta designación (código IP)

- (2) - protege a las personas contra el acceso a partes peligrosas con los dedos;
- protege el equipo dentro del envoltorio contra el ingreso de objetos extraños sólidos que tienen un diámetro mayor o igual que 12,5 mm;

- (3) - protege el equipo dentro del envoltente contra efectos perjudiciales ocasionados por el rocío de agua contra el envoltente;
- (C) - protege contra el acceso a partes peligrosas a personas que manejan herramientas, con un diámetro mayor o igual que 2,5 mm y una longitud que no excede de 100 mm (la herramienta puede penetrar en el envoltente a toda su longitud);
- (S) - se prueba para la protección contra efectos perjudiciales ocasionados por el ingreso de agua cuando todas las partes del equipo están estacionarias.

10. TRANSITORIOS

PRIMERO.- La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los seis meses siguientes a su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.- La presente Norma Oficial Mexicana sólo será aplicable a instalaciones eléctricas que se inicien en fecha posterior a su entrada en vigor, incluyendo ampliaciones o modificaciones a instalaciones existentes.

TERCERO.- La presente Norma Oficial Mexicana cancela y sustituye a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 Instalaciones Eléctricas (utilización).

México, D.F., a 8 de noviembre de 2005.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas y Director General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares, **Rubén Filemón Flores García**.- Rúbrica.