



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN**

**“PROPUESTA PARA UN PROYECTO ELÉCTRICO
DE 300 KVA PARA UN RESTAURANTE”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICO

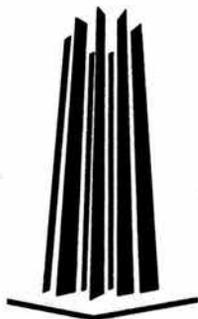
AREA : ELECTRICA - ELECTRÓNICA

P R E S E N T A N :

VARGAS GALAN DAVID

ZAMUDIO CHÁVEZ MIGUEL ANGEL

ASESOR: ING. RAUL BARRÓN VERA



MÉXICO,

2004



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.

AGRADECIMIENTOS.

Doy gracias a Dios:

Por darme la existencia y la vida.

A mis Padres:

Elvira Galan Quinto y Pedro Vargas de la Luz.

Quienes supieron tenerme paciencia que sacrificaron parte de su vida y a quienes no podre pagarles sus sacrificios.

A mis Hermanos:

Pedro, Susana, Mercedes, Carmen, En especial a **Federico†.**

Por el apoyo moral que siempre me han brindado.

A mi Hijo:

Ricardo.

Por que su presencia a sido y será el motivo mas grande que me impulsa a lograr mis metas.

A mi Esposa:

Rosa Maria Sandoval Campos.

Por la infinita paciencia y apoyo que me brindaste en todo momento para culminar una de mis grandes metas.

A mis Tíos:

Guadalupe Galan Quinto y Teófilo Trejo Trejo, así como a mis Primas **Rocío y Elizabeth.**

Que formaron parte fundamental en mi formación académica.

A mis Sobrinos:

Pedro, Armando, Juan Manuel, José Luis, Eduardo, Adriana, Ivonne, Joana, Dana.

Por darme esos momentos de reflexión y así mismo se sientan alentados.

A la UNAM:

En general a todo su personal académico que contribuyo a realizar mi formación.

En especial al:

Ing. Raúl Barrón Vera.

Quien como profesor y jefe de carrera es una pieza fundamental en mi formación académica.

“Muchas gracias por asesorar esta Tesis”

Vargas Galan David.

AGRADECIMIENTOS.

Doy gracias a Dios:

Por darme la vida, y los momentos que esto conlleva.

A mis Padres:

Francisca Chávez Rosiles y Miguel Zamudio Sanabria.

Por el apoyo incondicional y sacrificios que realizaron, y que nunca podré pagarles.

A mis Hermanos y Hermanas:

Por los momentos que convivieron conmigo, así como el apoyo moral que he tenido de ellos.

A mis Abuelos, Tíos y Primos:

Por el apoyo que me han brindado en mi vida y consejos.

A mis Sobrinos y Sobinas:

Por darme esos momentos de felicidad.

A mis compadres entre ellos a sus Padres y Hermanos:

Por brindarme el apoyo para la realización de esta tesis y su amistad incondicional.

A mis amigos:

Por que en los momentos difíciles estuvieron alentándome y apoyándome sin condiciones.

A la UNAM:

Por la formación académica que recibí en sus instalaciones, así como a todos los académicos que contribuyeron con su granito de arena en mi formación.

Especialmente al:

Ing. Raúl Barrón Vera.

Por el apoyo incondicional que siempre nos ha brindado como persona, profesor y jefe de carrera.

“Le agradezco por asesorar esta Tesis”

Zamudio Chávez Miguel Angel.

INDICE

	PAGINA
INTRODUCCIÓN	iv
CAPÍTULO PRIMERO	
I .- SISTEMA DE ILUMINACIÓN	
1.1 .- DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	1
1.2 .- LÁMPARAS INCANDESCENTES.	7
1.3 .- LÁMPARAS FLUORESCENTES	10
1.4 .- LÁMPARAS DE DESCARGA DE SODIO, MERCURIO Y ADITIVOS METÁLICOS	15
1.5 .- LUMINARIAS	17
1.6 .- METODOS PARA CALCULAR EL ALUMBRADO INTERIOR. . .	19
1.7 .- DISEÑO DEL ALUMBRADO INTERIOR (SON RESULTADOS QUE SE APLICARAN EN EL CAPÍTULO 4 PARA LA CARGA INSTALADA DE ALUMBRADO).	33
CAPÍTULO SEGUNDO	
II .- SISTEMA DE FUERZA Y CONTACTOS	
2.1.- DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	44
2.2.- APAGADORES Y CONTACTOS.	49
2.3.- MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA.	56
2.4.- TABLEROS ELÉCTRICOS	77
2.5.- TRANSFORMADORES	82
CAPÍTULO TERCERO	
III .- SUBESTACIÓN	
3.1.- DESCRIPCIÓN	89
3.2.- SISTEMA DE EMERGENCIA	94
3.3.- APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE EMERGENCIA	102
3.3.1.- ALUMBRADO EN LUGARES PÚBLICOS Y PLANTAS INDUSTRIALES.	102
3.3.2.- TRANSPORTACIÓN EN EDIFICIOS Y LUGARES PÚBLICOS . . .	103
3.3.3.- SISTEMAS DE SERVICIO VITALES EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES.	104
3.3.4.- AIRE ACONDICIONADO	105
3.3.5.- PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO	106
3.3.6.- SUMINISTRO DE ENERGÍA PARA SISTEMAS DE COMPUTO . . .	107
3.3.7.- SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.	109
3.3.8.- SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN	109
3.4.- PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.	110

CAPÍTULO CUARTO

IV .- PROYECTO ELÉCTRICO

4.1.-	DESCRIPCIÓN GENERAL PARA BAJA TENSIÓN	121
4.2.-	CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DEL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES.	121
4.3.-	ANÁLISIS DEL CIRCUITO DEL TABLERO PRINCIPAL	122
4.4.-	ANÁLISIS DE UN CIRCUITO DERIVADO TRIFÁSICO A CUATRO HILOS (UP 1)	126
4.5.-	ANÁLISIS DE UN CIRCUITO DERIVADO TRIFÁSICO A TRES HILOS MOTOR DE 5HP.	130
4.6.-	ANÁLISIS DE UN CIRCUITO DERIVADO TRIFÁSICO A TRES HILOS.	135
4.7.-	ANÁLISIS DE UN CIRCUITO DERIVADO MONOFÁSICO A DOS HILOS (Ó DOS FASES)	139
4.8.-	ANÁLISIS DE UN CIRCUITO DERIVADO MONOFÁSICO A DOS HILOS (Ó UNA FASE).	143
4.9.-	SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO	150
4.10.-	REQUISITOS PARA PRESENTAR PLANOS ELÉCTRICOS.	151
	SIMBOLOGIA	153
	PLANOS DEL PROYECTO.	154
	ANEXOS.	163
	CONCLUSIONES	197
	BIBLIOGRAFÍA	198

INTRODUCCIÓN

El motivo del tema planteado es proporcionar una solución viable a un Proyecto Eléctrico, proporcionando seguridad a las personas que laboren en este lugar de trabajo así como a las instalaciones y equipos instalados.

Tomando en cuenta las características de una instalación eléctrica como son: Alumbrado, Contactos, Fuerza, Subestación, Planta de Emergencia, Alimentadores generales y Alimentadores derivados.

Realizando un cálculo para establecer cuales son las características de los equipos que se utilizaran y accesorios para que la Obra pueda ser viable para los dueños de esta y que a su vez sea funcional aplicando las normas establecidas de instalaciones eléctricas vigentes en este momento.

DESCRIPCIÓN DE CADA CAPÍTULO.

Capítulo Primero.

En este capítulo se darán algunos conceptos utilizados en Iluminación, así como los diferentes tipos de lámparas comerciales que existen, y las diferentes formas de calcular el alumbrado Interior, y por último se realizaran los cálculos pertinentes para el alumbrado interior del Proyecto realizado.

Capítulo Segundo.

En este capítulo se darán algunos conceptos utilizados en Instalaciones eléctricas, así como una breve introducción de algunos accesorios eléctricos como son los apagadores y contactos eléctricos, y los diferentes motores eléctricos de corriente alterna, así como la descripción de los tableros eléctricos, así como el Sistema de electrodos de conexión a tierra como sede realizar la instalación de estos, y por ultimo se darán algunas características de los transformadores eléctricos.

Capítulo Tercero.

En este capítulo se verán algunas características y conceptos de una Subestación eléctrica, así como la descripción del Diagrama Unifilar y sus componentes elementales, así como los diferentes tipos de sistemas de emergencia y sus aplicaciones, y por ultimo se describirán algunas protecciones contra sobrecorriente.

Capítulo Cuarto.

En este capítulo se realizara una descripción general del proyecto eléctrico, así como las consideraciones que se utilizaron para realizar los cálculos eléctricos de la Instalación eléctrica aplicando la Norma que se encuentra vigente en el momento de realizar esta Instalación eléctrica, y por ultimo se colocaron los planos que se desarrollaron para realizar este proyecto eléctrico.

Anexos.

Para concluir se colocaron algunas tablas que se utilizaron para los cálculos eléctricos, así como algunas fórmulas eléctricas, y la transcripción de los artículos que se deben tomar en cuenta para la realización de una Instalación eléctrica basados en la Norma vigente en este momento, por último se colocaron algunas características de algunas lámparas utilizadas y características de equipo que puede ser consultado en los catálogos que sirvieron de apoyo para la realización de esta Tesis que se encuentran descritos en la bibliografía utilizada.

OBJETIVO.

El objetivo del presente trabajo, es proporcionar y distribuir energía eléctrica en baja tensión y garantizar la seguridad de las personas que se encuentren en esta, así como de las instalaciones, y equipo instalado.

JUSTIFICACIÓN.

Debido a las necesidades de la empresa en crear sucursales para tener un mayor alcance de servicio y expandirse hacia los diferentes estados del país y con esto crear nuevos lugares de empleo.

ALCANCE.

Por medio del siguiente proyecto se espera que el alcance de los Restaurantes sea más grande, proporcionando al usuario comodidad y seguridad.

CAPÍTULO PRIMERO.

I.- SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

1.1 .- DEFINICIÓN DE CONCEPTOS.

Alumbrado de realce: Disposición de lámparas incandescentes o lámparas de descarga 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.

Equipo: Término general que incluye dispositivos, aparatos electrodomésticos, luminarias, aparatos y productos similares utilizados como partes de, o en conexión con una instalación eléctrica.

Salida para alumbrado: Salida diseñada para la conexión directa de un portalámparas, una luminaria o un cordón colgante que termine en un portalámparas.¹

Candela, cd: (llamada antes bujía) Es la unidad de intensidad luminosa de una fuente de luz. Una candela se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite radiación monocromática con una frecuencia de 540×10^{12} Hz (más o menos 555 nm) y cuya intensidad radiante en esa dirección es de $1/683$ W por estereorradián.

Lumen, lm: Es la unidad de flujo luminoso Φ . Es igual al flujo sobre una superficie unitaria, en la cual todos los puntos están a una distancia unitaria de una fuente puntual uniforme, de una candela. Esa fuente puntual emite 4π lúmenes.

Iluminación, E: Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie. Si se utiliza el pie como unidad de longitud y el flujo está distribuido con uniformidad sobre la superficie, la densidad en **lúmenes por pie cuadrado** se denominan **pie-bujía, fc**; en unidades SI se utiliza los **lúmenes por metro cuadrado, lux (lx)**. (Un pie-bujía es igual a 10.76 lux.) Para hacer comparables las unidades, se utiliza con frecuencia el decalux (10 lux). El término iluminación se emplea con frecuencia en lugar de iluminancia. En el uso moderno se emplea iluminación para el proceso de alumbrado e iluminancia para el resultado.

Luminancia: (llamada antes brillantez fotométrica) Es la intensidad luminosa de cualquier superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la superficie según se ve desde esa dirección. La unidad de iluminancia es la candela/pulg²; en unidades SI se utiliza cd/m^2 ($1 \text{ cd}/\text{pulg}^2 = 1550 \text{ cd}/\text{m}^2$). En general, una superficie luminosa tendrá una

¹ Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Editada el 27 de Septiembre de 1999, Páginas de la 13 a la 22.

luminancia distinta cuando se ve desde diferentes ángulos. Una excepción importante es una superficie reflectora perfectamente difusa (lambertiana) cuya luminancia es constante, sin que importe el ángulo de observación. Si esa superficie tiene una luminancia de 1 cd/pulg², emite 452 lm/pulg². El lambert-pie, fL, en lúmenes por pie cuadrado, es la unidad de iluminancia aplicada a este caso. Aunque esta conversión sólo se aplica en el caso perfectamente difuso, a menudo se utiliza en todos los casos. Por tanto, se dice que una superficie perfectamente difusa con una luminancia de 1 cd/pulg² tiene una luminancia de 452 fL. En la práctica, los lúmenes promedio emitidos por pie cuadrado de superficie se toman como lamberts-pie. En la práctica se ha abandonado esta conversión.

Brillantez subjetiva: Es el atributo subjetivo de cualquier sensación de luz que da lugar a la escala completa de cualidades de ser reluciente, iluminado, brillante, mortecino u oscuro. Desafortunadamente, el término "brillantez" se utiliza a menudo para referirse a la "brillantez fotométrica" mensurable o luminancia.²

Ampere: Medición de la corriente eléctrica. En lámparas incandescentes, los amperes están relacionados al voltaje y a la corriente como sigue: Corriente (Amperes) = Energía (Watts)/Voltaje (Voltios).

Angulo del Haz: Igual que la dispersión del haz medida en 50% de la intensidad máxima, a menudo incluida en el código del orden de la lámpara.

ANSI: American National Standards Institute (Instituto de Estándares Nacionales Americanos); Coordina los estándares voluntarios para promover la intercambiabilidad de las lámparas, bases y reactores.

Arranque Rápido: Un circuito diseñado para encender lámparas mediante el calentado continuo o el precalentado de los electrodos. Distinto al precalentado, las balastras no requieren de un arrancador por separado. En un circuito de dos lámparas de encendido rápido una terminal de cada lámpara se conecta a una bobina de arranque por separado. La otra parte terminal de cada lámpara es conectada a un bobinado común.

Bujía: Una medición de la intensidad de la luz en una dirección determinada (ver candela).

Bujía de Haz Central (CBCP): La intensidad de luz en el centro del haz la cual es generalmente la intensidad máxima.

Bujía-Pie (FC): La unidad utilizada para medir el total de la luz que está alcanzando una superficie, tal como un muro o mesa. Un lumen que cae sobre un pie cuadrado de superficie produce iluminación de una bujía-pie.

Coefficiente de Utilización (CU): Un porcentaje de los lúmenes de lámpara iniciales que alcanza el plano de trabajo según lo determine la reflectancia de la superficie, forma del cuarto (RCR) y eficiencia del luminario.

² Eugene A. Avallone y Theodore Baumeister III. Manual del Ingeniero Mecánico, 9ª Edición, Ed. Mc Graw-Hill, 1995, Páginas de la 12-127 a la 12-128.

Curvas de Distribución de Energía Espectral (SPD): Un perfil visual de las características del color de una fuente de luz. Muestra la energía radiante emitida por una fuente de luz en cada longitud o longitudes de onda o banda sobre la región visible.

Dispersión del Haz: Medición de la dispersión angular de luz de lámparas con reflector tales como tipos R y PAR, incluyendo típicamente la parte central del haz dentro del 50% de la intensidad máxima (bujía de haz central CBCP).

Eficiencia Luminaria: La razón de los lumen emitidos por una luminaria o aquellos emitidos por la lámpara o lámparas usadas.

Encendido Instantáneo: Un circuito utilizado para encender lámparas fluorescentes especialmente diseñadas sin la ayuda de un encendedor. Para encender el arco instantáneamente, el circuito utiliza voltaje de circuito abierto más alto del que se requiere para la misma longitud de lámpara de cebado en caliente o de encendido rápido. Las lámparas de línea angosta operan sobre reactores de encendido instantáneo.

Espectro Electromagnético: Un arreglo metódico de la energía radiante por la longitud de onda o frecuencia. En el espectro visible, el ojo es sensible a la energía radiante entre 380 nanómetros (violeta) y 770 nanómetros (rojo) por la longitud de onda.

Factor de energía (PF): Una medida de qué tan eficientemente un dispositivo usa la energía. El factor de energía puede fluctuar de 0 a 1 siendo 1 el ideal. Un dispositivo que convierte toda la energía a watts, se conoce que tiene un factor de energía de 1. Dispositivos con un PF más grande de 0.90 son referidos como dispositivos de alto factor de energía (HPF), mientras que los que posean un PF inferior al 0.60 son llamados dispositivos de factor de energía bajo.

Fósforo: Una capa depositada sobre la superficie interior de la bombilla de algunos tipos de lámparas de halogenuros de metal y fluorescentes la cual convierte la energía ultravioleta típicamente en luz visible.

Iluminancia: La “densidad” de luz (lumen/área) incidente sobre una superficie. La iluminancia es medida en bujías-pie o lux.

Índice de Suministro de Color (CRI): Una medición del cambio de color que experimenta un objeto cuando es iluminado por la fuente luminosa, como se compara con una fuente de referencia a la misma temperatura de color. El suministro de color se mide en un índice de 0-100, con luz de día natural e iluminación incandescente ambos igual a 100. Los objetos y personas vistos bajo lámparas con índice de suministro de color alto (CRI) generalmente parecen más puros y reales.

Kilowatt (Kw.): Una unidad más grande de energía; mil watts ($\text{watts} \times 1000 = \text{Kilowatts}$).

Kilowatt Hora (Kwh.): La medición del uso eléctrico del cual se determina la facturación de electricidad. Por ejemplo, una lámpara de 100 watts operada por 1000 horas, consumiría 100 kilowatts hora ($100 \text{ watts} \times 1000 \text{ horas} = 100 \text{ Kwh.}$). A una tarifa de \$0.10/Kwh., el operar esta lámpara costaría \$10.00 ($100 \text{ Kwh.} \times \$0.10/\text{Kwh.}$).

Lámpara: Esta es realmente el significado de la palabra técnica foco o tubo de luz, la parte que emite la luz hasta que se funde. Sin embargo, "lámpara" se utiliza comúnmente para referirse a un tipo de luminario, tal como una lámpara de escritorio.

Longitud Central de Luz (L.C.L.): La distancia entre el centro del filamento y el plano de referencia de L.C.L.

Luminaria: Una unidad de alumbrado completa que consiste de una lámpara (o lámparas), juntas con las partes diseñadas para distribuir la luz, posicionar y proteger las lámparas y conectarlas al suministro de energía.

Lúmenes Por Watt (lpw): Una medida de la eficiencia de una fuente de luz en términos de la luz producida por la energía consumida. Por ejemplo, una lámpara de 100 watts produciendo 1750 lumens dados 17.5 lumens por watt. Ejemplos:

La Primera lámpara de Edison.	1.4 lpw.
Lámparas Incandescentes.	10 - 40 lpw.
Lámparas Fluorescentes.	35 - 100 lpw.
Lámparas de Halógeno.	20 - 45 lpw.
Lámparas de Mercurio.	50 - 60 lpw.
Lámparas de Halogenuros Metálicos.	80 - 125 lpw.
Lámparas de Sodio de Alta Presión.	90 - 140 lpw.

Lumens Promedio: La salida de luz promedio de una lámpara durante su vida útil, en lámparas fluorescentes y de halogenuros metálicos, los rangos de lumen principal son medidos al 40% de la vida de la lámpara registrada. Para lámparas de mercurio, incandescentes y de sodio de alta presión, las proporciones de lumen principal son medidas al 50% de la vida de la lámpara registrada.

Lux: La unidad SI (sistema internacional) de iluminación: Un lumen uniformemente distribuido sobre un área de un metro cuadrado.

Luz: El término generalmente aplicado a la energía visible de una fuente. La luz generalmente se mide en lumens o bujía. Cuando la luz golpea una superficie ya sea absorbida, reflejada o transmitida. Se dice que la luz viaja en líneas rectas.

Mantenimiento del Lumen: Se refiere a como mantiene una lámpara su emisión luminosa durante su vida, a menudo expresado como por ciento de lumens iniciales contra por ciento de vida clasificada.

Máxima Longitud Sobre Todo (M.O.L.): La máxima extensión de una fuente de luz medida de principio a fin, expresada en pulgadas o milímetros.

Nanómetro: Una unidad de longitud de onda igual a 10^{-9} metros.

Precalear: Un circuito usado en lámparas fluorescentes en donde los electrodos son calentados a una etapa de resplandor mediante un interruptor o arrancador auxiliar (puede ser un interruptor para brillantez, una tecla térmica o un dispositivo mecánico como un botón de presión) antes de que las lámparas sean encendidas.

Radiación Infrarroja: Para propósitos prácticos, cualquier energía radiante dentro del margen de 770 – 106 nanómetros. Esta energía se percibe como calor.

Radiación Ultravioleta: Energía radiada en un rango de 100 – 380 nanómetros (nm). Para aplicaciones prácticas, la franja ultravioleta sufre de una ruptura más allá del límite tal y como sigue:

Producción de ozono.	180 – 220 nm.
Bactericida (germicida).	220 – 300 nm.
Exritemol (ruborizante de la piel).	280 – 320 nm.
Luz "Negra".	320 – 400 nm.

La comisión interna de iluminación (CIE) defiende la franja UV como UV-A (315-400 nm); UV-B (280-315 nm) y UV-C (100-280 nm).

Reactor: Una pieza auxiliar de equipo requerida para encender y operar las fuentes de luz de descarga de gas como tipos (HID) de descarga de intensidad alta y fluorescentes.

Reflector Elíptico (ER): Una lámpara con un reflector de forma elíptica diseñado para enfocar la luz enfrente de la lámpara. Se utilizan en luces empotradas profundas con pantalla.

Temperatura del Color (Cromaticidad): Una medición científica del equilibrio de las longitudes de onda que produce cualquier luz "blanca". La unidad de medición es el Kelvin, abreviado K. Aunque parece no ser perceptible, una temperatura de color más alta significa una fuente de luz más azul, más fría. Las temperaturas de color típicas son 2800 K (incandescente), 3000 K (halógeno), 4100 K (Fluorescente blanco frío) y 5000 K (fluorescente simulando luz de día).

Tipo de Base: El punto de contacto de la lámpara que va dentro del casquillo de enchufe del luminario.

Vida Clasificada Promedio: Valor medio de la expectativa de vida, el tiempo de operación total al cual, bajo condiciones normales, 50% de cualquier grupo grande de lámparas instaladas inicialmente se espera que estén aun funcionando.

Voltaje: Una medición de la fuerza electromotora o la presión de la electricidad. El voltaje de un circuito es la presión eléctrica que suministra. En una lámpara incandescente, el voltaje designa al suministro de voltaje al cual la lámpara debiera ser conectada, y está relacionado a la corriente y la energía tal y como sigue: voltaje (volts) = energía (watts)/ corriente (amperes). En otros tipos de lámparas, ello podría referirse al voltaje de operación de una lámpara de descarga de arco encendido.

Watt: Unidad usada para medir el consumo de energía, para lámparas incandescentes, los watts son relacionados con el voltaje y los amperes tal y como sigue: la energía (watts) = voltaje (en volts) × corriente (en amperes).³

Incandescencia: Es la propiedad que tienen los cuerpos de emitir luz por elevación de su temperatura.

Luminiscencia: Es todo tipo de radiación visible sin incandescencia, característica propia de numerosas sustancias que producen luz bajo el efecto de una excitación. Cuando la excitación es eléctrica, se llama **electroluminiscencia**. Producción de luz por la acción de un campo eléctrico en un material sólido o en un gas. Cuando la luz se produce por la absorción de las radiaciones ultravioletas de un gas, recibe el nombre de **fotoluminiscencia** (principio de las lámparas de descarga). Existen dos tipos de fotoluminiscencia que son **fluorescencia** y **fosforescencia**.

Fluorescencia: Todos aquellos fenómenos fotoluminiscentes en los que la radiación luminosa permanece mientras actúa la corriente eléctrica.

Fosforescencia: Cuando en determinadas sustancias luminiscentes persiste la radiación aun después de cesar la excitación.⁴

³ GRAINGER S.A. de C.V. Catálogo No. 3. Año 2000, Páginas de la 761 a la 763.

⁴ Agustín Castejón y Germán Santamaría. Tecnología Eléctrica, Ed. Mc Graw-Hill, 1993. Páginas de la 280 a la 281.

1.2 .- LÁMPARAS INCANDESCENTES.

Una **lámpara de filamento incandescente** contiene un filamento que se calienta al pasar corriente por él; ese filamento está encerrado en una bombilla o bulbo de vidrio que tiene una base adecuada para conectar la lámpara en un portalámpara (socket) eléctrico. Para evitar la oxidación del filamento a la alta temperatura, se extrae el aire de la bombilla o se llena con un gas inerte. La bombilla también sirve para controlar la luz del filamento incandescente, pues se trata en esencia de una fuente puntual. La alta luminancia de la fuente se reduce típicamente mediante grabado con ácido para “escarchar” la superficie interior de la bombilla. El revestimiento con sílice también dará una difusión adicional y puede alterar el color de la luz emitida. Se pueden cubrir partes del interior de la bombilla con material reflector para dar una dirección predeterminada a la luz emitida. El coloreado químico de las bombillas de vidrio transparente, permite obtener una variedad de colores. Siempre que se cambia el color que normalmente es producido por un filamento incandescente, el proceso de filtrado elimina la energía de todas las longitudes de onda de la luz radiada, excepto las necesarias para producir el color deseado. Este método sustractivo de alteración del color es menos eficaz que la generación de la luz de diversos colores por descarga gaseosa.

Los **tamaños y formas** de las bombillas de las lámparas se designan con un código de letras seguida por un numeral; la letra indica la forma (Fig. 1.2.1) y el número indica el diámetro de la bombilla en octavos de pulgada. Por tanto, una lámpara T-12 es forma tubular con un diámetro de $1\frac{4}{8}$ o sea $1\frac{1}{2}$ pulgadas.

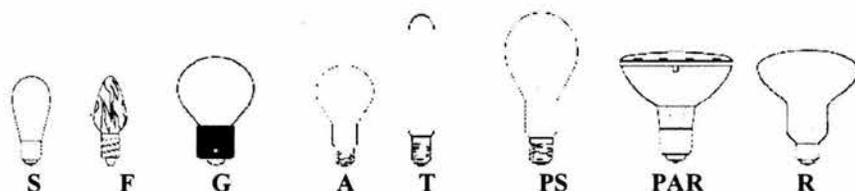


Fig. 1.2.1 Formas típicas de lámparas de filamento: S, recta; F, llama; G, globo; A, servicio general; T, tubular; PS, forma de pera; PAR, parabólica; R, reflector.

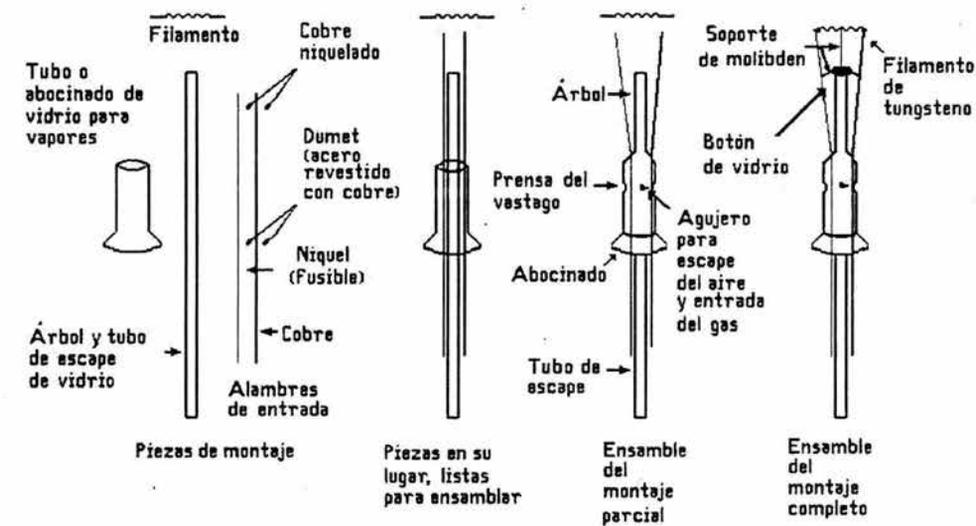
Las **lámparas incandescentes** se encuentran con varios **tipos de bases** (Fig. 1.2.2). La mayor parte de las lámparas para servicio general tienen bases de rosca mediana; se utilizan bases más grandes o más pequeñas según sea su wattaje de la lámpara. Las bases de dos contactos (biposte) y las de bombilla para proyector, ubican el filamento con precisión, como en los sistemas ópticos de proyección. Las lámparas de dos contactos también son útiles cuando se requiere más resistencia física y mayor disipación de calor.



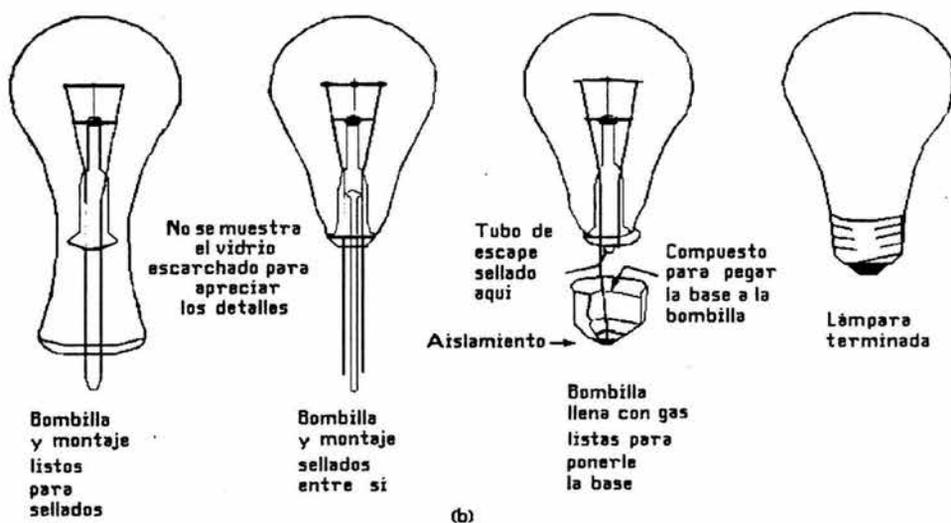
Fig. 1.2.2 Bases típicas de lámparas incandescentes.

Por lo general, los filamentos de las lámparas incandescentes se hacen con tungsteno. El tungsteno tiene un alto punto de fusión y baja presión de vapor, lo que permite altas temperaturas de operación sin evaporación; cuanto más alta sea la temperatura de operación mayor será la eficiencia (lúmenes por watt) y menor la duración. La evaporación del filamento durante toda la duración de la lámpara, hace que se ennegrezca la bombilla y se adelgace el filamento, con la consecuente, menor producción de luz. El llenado con argón-nitrógeno reduce la velocidad de la evaporación. En la figura 1.2.3 se ilustran los pasos de la fabricación de lámparas.

Los filamentos de tungsteno también se colocan en tubos compactos de cuarzo llenos con una atmósfera de halógeno en donde la fuente de luz de haluro de tungsteno vaporado. La pared interna no se ennegrece y la producción de la luz permanece bastante constante en toda la duración de la lámpara.



(a)



(b)

Fig. 1.2.3 Pasos en la fabricación de una lámpara típica de filamento incandescente, a) Ensamblaje de la estructura interior (montaje); b) ensamblaje final.

1.3 .- LÁMPARAS FLUORESCENTES.

Una **lámpara fluorescente** consta de un tubo de vidrio revestido en su interior con polvo de fósforo, el cual fluoresce al ser excitado por la luz ultravioleta; los electrodos de filamento están montados en los sellos extremos conectados con las clavijas de la base. El tubo se llena con gases raros (como argón, neón y criptón) y una gota de mercurio (Fig. 1.3.1) y trabaja a una presión más o menos baja. En operación, se emiten electrones de los electrodos calientes. Estos electrones se aceleran por el voltaje a través del tubo hasta que chocan contra los átomos de mercurio, lo cual hace que se ionicen y se exciten. Cuando el átomo de mercurio vuelve a su estado normal, se generan líneas espectrales del mercurio en la región visible y en la ultravioleta. La baja presión acrecienta la radiación ultravioleta, la cual excita el recubrimiento de fósforo para producir luminancia. La salida resultante de luz no sólo es mucho mayor que la obtenida sólo de las líneas del mercurio, sino que también produce un espectro continuo y con colores que dependen del fósforo utilizado.

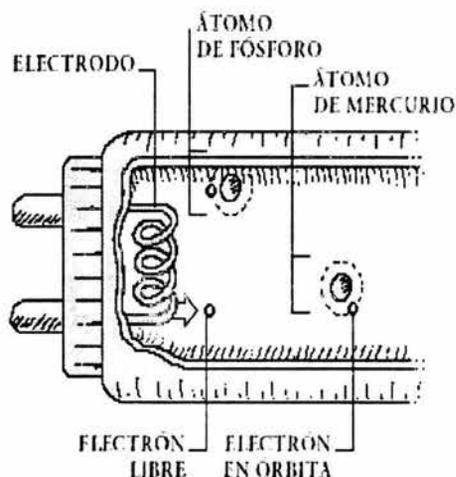


Fig. 1.3.1 Operación de la lámpara fluorescente.

Al igual que en todos los dispositivos de descarga de gas, estas lámparas tienen características de voltamperes negativos. Salvo que la diferencia entre el voltaje aplicado y el de operación de la lámpara se absorba en alguna forma, se producirán corrientes dañinas. Se utiliza un reactor en serie con la lámpara, que puede ser capacitivo o inductivo (muchas vueltas de alambre en torno a un núcleo de hierro). El voltaje de alimentación debe ser, cuando menos, el doble que el de operación de la lámpara. Cuando no ocurre así, el voltaje de alimentación (que puede ser hasta de 227 V) se eleva por medio de un autotransformador. La reactancia necesaria muchas veces es parte de la inductancia de dispersión del transformador.

Para fines de arranque se pueden utilizar voltajes mayores que el doble de los de operación. Para tener una corriente mínima de línea se utiliza un capacitor corrector del factor de potencia armado con el autotransformador. Se instala un capacitor a través de la lámpara disminuir la interferencia de radiofrecuencia con los receptores cercanos. Todos estos elementos se colocan dentro de una caja llena con un compuesto protector; este conjunto se llama balastra (reactor). La finalidad del compuesto es disminuir el ruido de las vibraciones de la laminación del núcleo y mejorar la disipación del calor. Los fabricantes de estos dispositivos clasifican sus balastras por los niveles de ruido. En algunos de ellos se usan generadores de estado sólido, de alta frecuencia.

Para arrancar una lámpara fluorescente, se debe inducir la emisión de electrones en los electrodos. Se suelen emplear dos métodos:

- 1).- Se calientan los filamentos de los electrodos al pasar corriente por ellos.
- 2).- Se aplica a través de la lámpara un alto voltaje, suficiente para iniciar en ella una descarga eléctrica.

Una vez que se inicia una descarga, el bombardeo con iones de mercurio mantiene los filamentos a una temperatura alta para emisión de electrones. Se diseñan lámparas para cualquiera de estos dos tipos de operación. El primer grupo se subdivide, además, en lámparas de precalentamiento y de encendido rápido. Algunas lámparas se pueden utilizar para ambos tipos de circuitos. La corriente de la lámpara es conducida principalmente por los electrones emitidos por los filamentos. La terminación o debilitamiento de la emisión de electrones es una causa importante para que concluya la duración de la lámpara.

Los **circuitos precalentadores** incluyen arrancadores (Fig. 1.3.2) que son interruptores, cerrados al aplicarse primero la energía, que permiten el paso de la corriente y precalentar los electrodos. Después de un tiempo predeterminado, se abre el interruptor arrancador y dispara un potencial a través de la lámpara que inicia la descarga. Las lámparas para circuitos precalentadores tienen bases de dos clavijas (Fig. 1.3.3)

Los **circuitos de arranque instantáneo** tienen balastras que aplican suficiente voltaje a través de la lámpara para inducir el flujo de corriente sin precalentar los electrodos. Las **lámparas Slimline** son el tipo principal de arranque instantáneo. Tienen bases de una sola clavija porque no se requiere precalentamiento, se encuentran en longitudes hasta de 8 pulgadas y pueden tener salidas variables en lúmenes, lo que depende de la corriente y wattaje nominales. Debido a su elevado voltaje de arranque, por lo general, se emplean en ellas portalámparas equilibrados bajo carga de resorte, que desconectan el circuito de la balastra si las lámparas no están bien asentadas en su lugar.

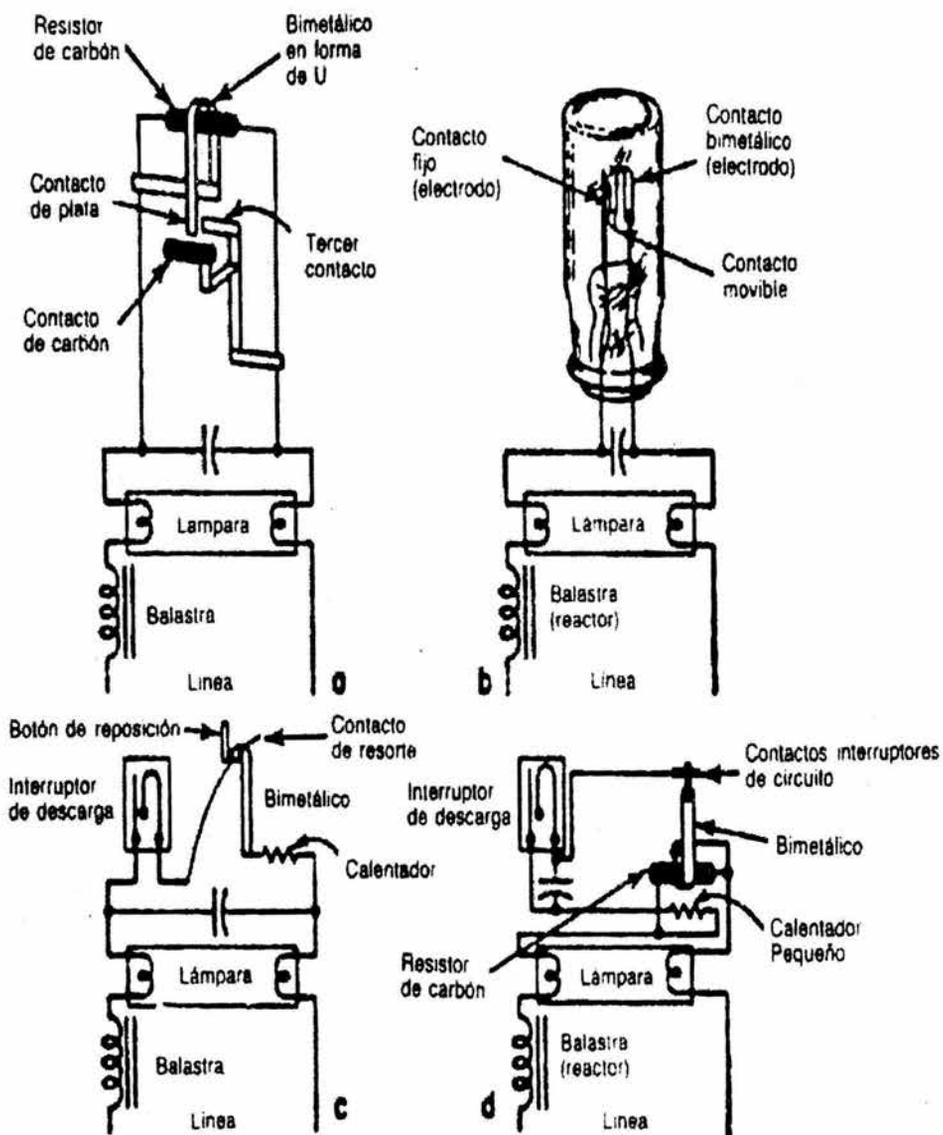


Fig. 1.3.2 Interruptores arrancadores para circuitos de cátodo precalentado (IES).

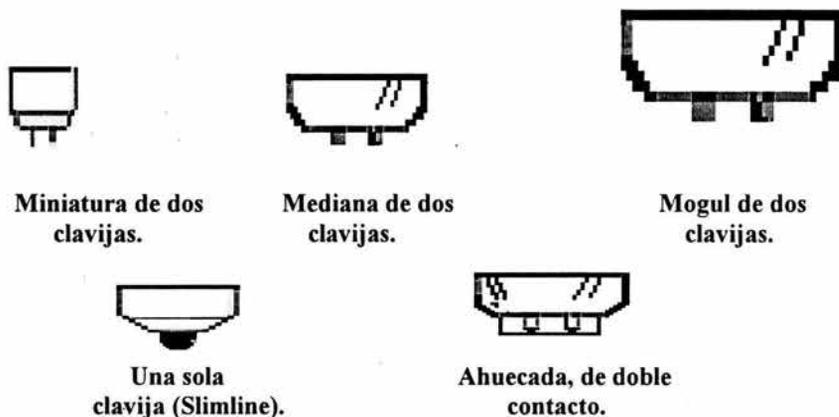


Fig. 1.3.3 Bases para lámpara fluorescente.

A veces, las lámparas de arranque instantáneo se encuentran con bases de clavija doble, semejan a las utilizadas en las lámparas con precalentamiento. En estos casos, los conductores de las clavijas están conectados entre sí dentro de la lámpara. Estas lámparas marcadas de "arranque instantáneo" no son intercambiables con el equipo de arranque rápido. En las lámparas de cátodo frío se emplea el principio del arranque instantáneo, tienen electrodos cilíndricos de hierro y tienden a ser menos eficaces en las longitudes más cortas por las altas pérdidas de wattaje en los electrodos. Su empleo se limita a bajas densidades de corriente porque los electrodos funcionan a temperaturas menores que la necesaria para la emisión termoiónica.

Las lámparas de cátodo frío, cuyo funcionamiento no es alterado por la reducción en la intensidad o por los destellos, duran más y se suelen utilizar en formas y patrones bajo diseño que requiere se doblen, como en los rótulos luminosos.

Las balastras de circuito para **arranque rápido** tienen devanados separados para los electrodos, los cuales se calientan en forma inmediata y continua, cuando se energiza el circuito. Este calentamiento rápido produce suficiente ionización en la lámpara para iniciar una descarga por el voltaje en los devanados de la balastro principal. Las balastras de arranque rápido para dos lámparas son del tipo secuencial en serie, en el que las lámparas arrancan en secuencia y cuando están encendidas por completo, operan en serie.

En la figura 1.3.4 se ilustran los circuitos típicos de las lámparas fluorescentes.

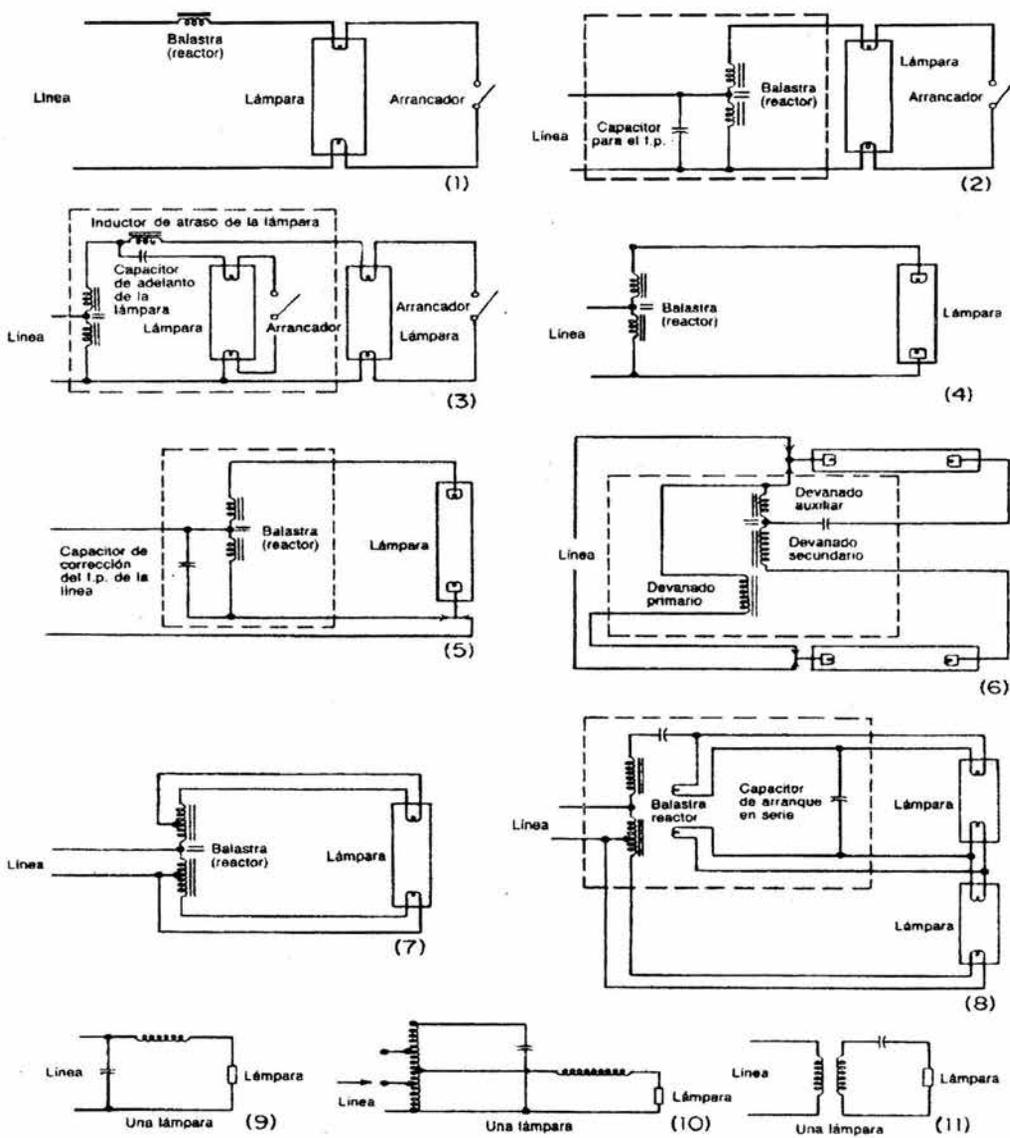


Fig. 1.3.4 Circuitos típicos para lámparas fluorescentes y de descarga de alta intensidad. 1) Circuito básico precalentador; 2) Circuito precalentador con autotransformador para elevar el voltaje y capacitor para corregir el factor de potencia; 3) Precalentador con retraso; 4) Circuito básico de arranque instantáneo; 5) Circuito de arranque instantáneo en el que se muestra el portalámpara desconector; 6) Circuito típico serie de arranque instantáneo; 7) Circuito básico de arranque rápido; 8) Circuito serie en avance de dos lámparas; 9) Circuito de balastro con reactor de mercurio; 10) Circuito de autotransformador de mercurio; 11) Circuito de balastro estabilizadora de mercurio (GE).

1.4 .- LÁMPARAS DE DESCARGA DE SODIO, MERCURIO Y ADITIVOS METALICOS.

Las **lámparas de descarga de alta intensidad** consisten en tubos en los cuales se producen arcos eléctricos en una gran variedad de materiales. Las camisas externas de vidrio proveen aislamiento térmico a fin de mantener la temperatura del tubo de arco. La temperatura y la cantidad de material se controlan de modo que la descarga ocurra en una presión de vapor de varias atmósferas. Con ello, se obtiene un aumento en la radiación en la región visible.

Las **lámparas de vapor de mercurio** constan de tubos de cuarzo llenos con mercurio y argón, rodeados por una camisa de vidrio llena con nitrógeno. Las lámparas transparentes radian las líneas visibles del mercurio (verde azuloso). La radiación ultravioleta es absorbida, hasta cierto punto, por las camisas externas. Para mejorar el color de la luz y la salida de lúmenes se reviste el interior de las camisas externas con fósforo. Cuando éste es excitado por la radiación ultravioleta del arco, aumenta la luz en la parte roja del espectro en la salida. A estas lámparas se les llama blancas, de color mejorado o blancas de lujo. Las lámparas arrancan por una descarga en el argón entre un electrodo y un electrodo de arranque (Fig. 1.4.1). A medida que el mercurio se vaporiza, se desarrolla presión y la descarga se transfiere a una descarga en mercurio, lo cual requiere varios minutos. Después de apagar estas lámparas, no se pueden volver a arrancar hasta que cae la presión en el tubo interior, a fin de que se pueda iniciar una descarga en el argón.

En las **lámparas de haluro metálico (de vapor múltiples)**, se utilizan pequeñas cantidades de yoduro de sodio, talio, escandio, disprosio e indio, además de la mezcla acostumbrada de mercurio y argón. El color y la salida se aumenta en forma considerable, en relación con las lámparas de descarga de alta intensidad en las que sólo se utiliza mercurio. Aunque la construcción es similar a la de las lámparas de mercurio, la lámpara tiene en su interior un interruptor bimetalico para poner en cortocircuito el resistor de arranque una vez que aquella enciende. Se utiliza una camisa al vacío alrededor del tubo de descarga de cuarzo (Fig. 1.4.1).

En las **lámparas de vapor de sodio de alta presión** se emplea sodio metálico sellado dentro de tubos de óxido de aluminio translúcidos. Se emplea este material para soportar el efecto corrosivo del vapor caliente de sodio. Para el arranque, se utiliza un relleno de gas xenón y una amalgama de sodio y mercurio. Las temperaturas del arco se mantienen con una camisa externa al vacío. Para arrancar la lámpara, se genera un pulso de alto voltaje con duración de alrededor de poco más o menos un microsegundo (Fig. 1.4.1).

En las lámparas de descarga de alta presión, como en las fluorescentes, se requieren balastras; las que suministran el voltaje, reactancias y capacitores para corrección del factor de potencia requeridos. En la figura 1.3.4 se ilustran los circuitos típicos.

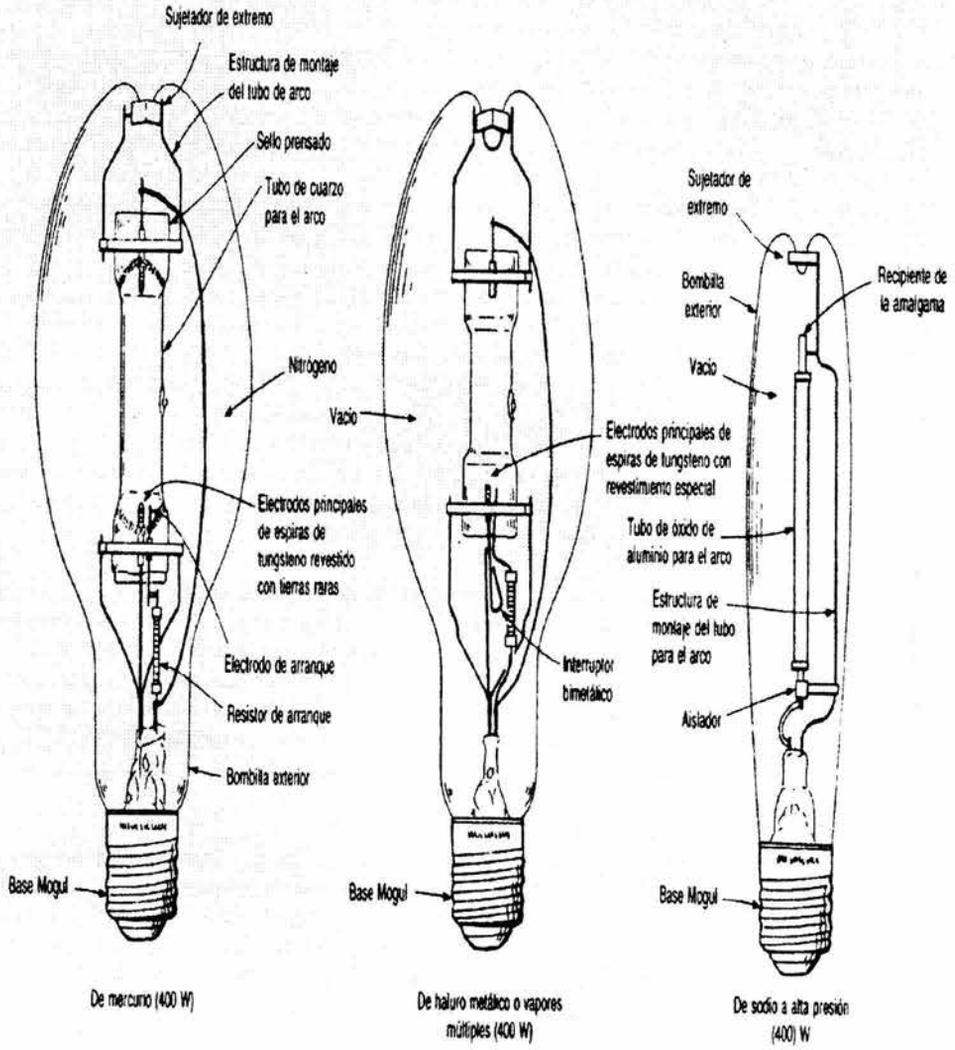


Fig. 1.4.1 Lámparas de alta salida (GE).

1.5 .- LUMINARIAS.

Las luminarias se suelen clasificar en industriales, comerciales o residenciales. El empleo de estas categorías, por lo general determina la calidad y robustez de los materiales de construcción. En general, para los artefactos residenciales, el estilo, la ornamentación y, en la mayor parte de los casos, el bajo costo, son las consideraciones primordiales. Para los artefactos industriales son poco mantenimiento, bajo costo de operación, eficiencia y durabilidad. En los artefactos comerciales se combinan los elementos de todos los anteriores y se da gran importancia a la comodidad visual.

La International Comisión on Illumination (ICI) clasifica las luminarias de acuerdo con los porcentajes de salida total de ellas, emitida por encima y debajo de la horizontal (Fig. 1.5.1). Los artefactos industriales, por lo general, son directos o semidirectos.

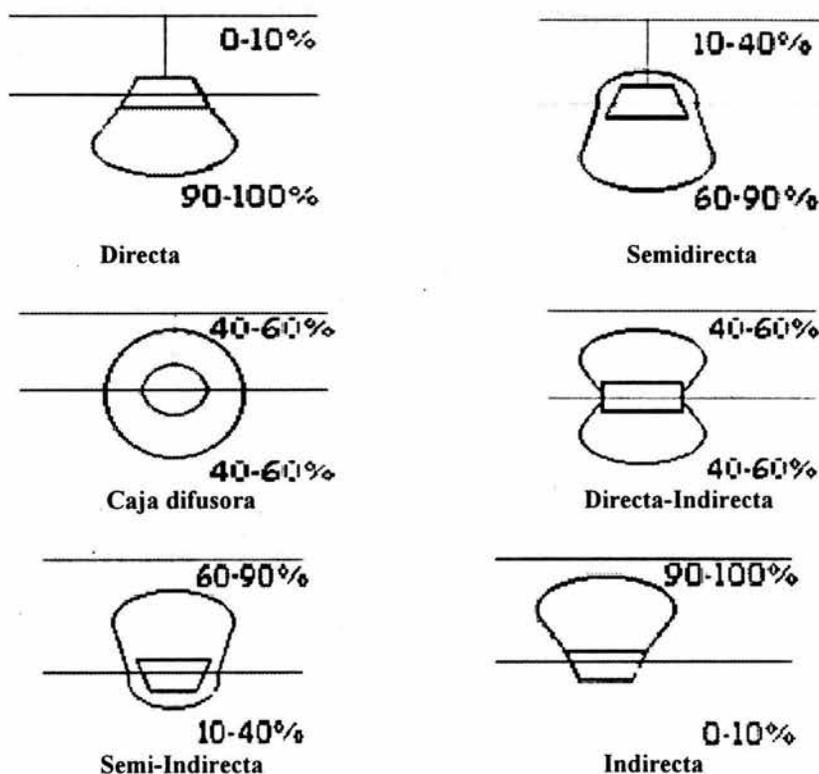


Fig. 1.5.1 Curvas de distribución de la luz según las clasificaciones de ICI para las luminarias. Los componentes hacia arriba y abajo están en rangos de porcentajes.

Las luminarias controlan la fuente de luz de modo que se pueda aprovechar mejor para una tarea dada de visión. Los materiales utilizados en ellas se diseñan para reflejar, refractar, difundir u oscurecer la luz.

Los reflectores se suelen fabricar con aluminio alzak especular, vidrio, acero con esmalte horneado y acero con esmalte porcelanizado.

Los lentes de configuración prismática refractan las fuentes de luz para dispersar los rayos o para dirigirlos con más eficacia. Los lentes son de vidrio, plástico acrílicos (Plexiglás) o poliestireno. En general es mejor el vidrio para los artefactos incandescentes, debido a su resistencia al calor. Las lámparas fluorescentes con lentes de acrílico tienen una duración de, cuando menos, el doble que las de poliestireno por su estabilidad del color. El vidrio y plástico translúcido se emplean en los lentes inferiores, rejillas y paneles laterales para difundir la luz y oscurecer las fuentes luminosas. Las rejillas de acero con esmalte horneado, en configuraciones jaula, de anillos concéntricos o celular se utilizan mucho para cubrir las fuentes luminosas desde los ángulos normales de visión.

Los cuerpos, guarniciones y marcos para lentes de los artefactos por lo general se construyen con acero electrogalvanizado o con un revestimiento inhibidor de la corriente, o ambas cosas, se pintan con dos o más capas de esmalte horneado. También se utiliza aluminio estampado, centrifugado, fundido y moldeado a presión.

1.6 .- METODOS PARA CALCULAR EL ALUMBRADO INTERIOR.

El alumbrado interior se diseña por el método de lúmenes, en el cual se tienen en cuenta las interreflexiones de la luz en el interior de un cuarto. La iluminancia promedio sobre el plano de trabajo es igual al flujo luminoso Φ incidente dividido entre el área, o sea, $E = \Phi/A$. El número de lúmenes que llegan al plano de trabajo es igual a los lúmenes de la lámpara multiplicados por el coeficiente de utilización CU. Este factor es función del tamaño, forma y acabados del cuarto, de la altura de montaje del artefacto y el tipo de luminaria utilizada.

Los lúmenes Φ_L inicialmente disponibles de la lámpara se pueden reducir por la temperatura ambiente, un voltaje más bajo y la balastra utilizada. Conforme pase el tiempo, las superficies del cuarto y de las luminarias se ensucian, lo que reduce todavía más la iluminancia. Además, cae la salida de la lámpara y algunas de ellas se queman. El efecto total de todos estos factores se expresa con el factor de pérdida de luz LLF (siglas en inglés).

La iluminancia mantenida E_m es la iluminación inicial multiplicada por el LLF o sea:

$$E_m = (\Phi_L \times CU \times LLF)/A \quad (1.6.1)$$

La iluminación mantenida requerida se selecciona en la Tabla 1.6.1 o con base en la información más extensa del IES Handbook. Se escogen un artefacto y una lámpara y se resuelve la ecuación (1.6.1) para el flujo Φ_L necesario de la lámpara. El número N de luminarias se encuentran al dividir los lúmenes totales de la lámpara Φ_L , entre los lúmenes por artefacto Φ_F .

Luego se hace una distribución de prueba. En una distribución sencilla se mantiene el espaciamiento entre las unidades igual al doble de la distancia entre los artefactos y el muro. El espaciamiento se verifica contra el espaciamiento máximo permisible de las luminarias especificado en los datos de los fabricantes, para asegurar una iluminación uniforme. No obstante, este criterio puede dar por resultado un alumbrado inadecuado cerca de los muros. Para iluminar escritorios y bancos de trabajo que estén a lo largo de los muros, se utiliza un espaciamiento de 2½ pie desde el centro de la luminaria hasta el muro. Los extremos de las hileras de luminarias fluorescentes deben estar entre 6 y 12 pulgadas de los muros, con una distancia máxima de 2 pie.

Tabla 1.6.1 Guía de nivel de iluminación para tareas seleccionadas.

	Bujía-pie (lm/pie ²)	Lux (lm/m ²)		Bujía-pie (lm/pie ²)	Lux (lm/m ²)
Dibujo comercial.			Tiendas (Cont.)		
Convencional	150*	1600*	Exhibiciones de modas, baja, mediana y alta actividad	150*, 300*, 500*	1600*, 3200*, 5400*
Con computadora con terminal de rayos catódicos	75†	800†	Industria		
Bibliotecas.			Zonas para automóviles		
Lectura de buenas impresiones u originales mecanografiados	30	320	Reparación	75	800
Lectura de tipo pequeño, manuscritos, fotocopias	75	800	Zonas de tráfico activo	15	160
Estanterías activas (verticales, iluminación)	30	320	Andenes de carga	20	220
Oficinas.			Talleres mecánicos y zonas de ens.		
Salas de conferencias, pláticas	30	320	Trabajo de banco y máquina burdo, ensamble sencillo	50	540
Salas de conferencias, Tareas visuales típicas	75 – 100	800 1080	Trabajo de banco y máquina med.; ensamble de mediana dif.	100*	1080*
Corredores, escaleras, elevadores	20	220	Trabajo de máquina y ensamble difícil	150*	1600*
Tareas gen. de dificultad variable	100	1080	Trabajo de banco y máquina y ensamble delicados	300*	3200*
Vestibulos, zonas de recepción	30	320	Recepción y embarque	30	320
Privados	75	880	Almacenes	15	160
Sanitarios	20	320	Artículos grandes, activos	30	320
Zonas de exhibiciones de video	75	800	Artículos pequeños, activos, etiquetado	5	54
Escuelas.			Zonas a la intemperie		
Aulas, laboratorios	75	800	Patios de almacenamiento		
Talleres	100	1080	Activos	20	220
Salones para protec. de la vista, clases para personas con sordera	150	1600	Inactivo	1	11
Tiendas.			Zonas de estacionamiento (aparcamiento)		
Comercio masivo, gran Actividad	100	1080	Abiertas, alta actividad	2	22
Autoservicio	200	2200	Abiertas, mediana actividad	1	11
Circulación, baja actividad	30	320	Estacionamiento bajo techo, zonas para peatones	5	54
			Entrada nocturna techada	50	540
			Entrada diurna techada	5	54

FUENTE: Adaptada de datos para diseño de General Electric Co.

* Requiere iluminación adicional, con cuidado de no introducir deslumbramiento directo y reflejado.

† Hay que cubrir el artefacto para que la lámpara no se refleje en la pantalla del tubo de rayos catódicos, o bien, utilizar rejillas no reflectoras o polarizadas sobre la cara de la pantalla.

Las luminancias de las cavidades entre muro y plafón se pueden obtener con el empleo de coeficientes de luminancia (LC) para los artefactos (véase el IES Handbook.) Para zonas interiores, las relaciones máximas de luminancia deben ser 3:1 o 1:3 entre las tareas y el espacio contiguo y de 10:1 o 1:10 entre las tareas y las superficies un tanto lejanas. Para tener la certeza de que se logra la comodidad del ojo, se investiga la probabilidad de comodidad visual (VCP).

El coeficiente de utilización se encuentra con la aplicación del método de la cavidad zonal. En este método se encuentran los efectos sobre el CU de los efectos sobre el CU de las proporciones del cuarto, longitudes de la suspensión de las luminarias y la altura del plano de trabajo, al dividir el cuarto en tres cavidades, como se ilustra en la figura 1.6.1.

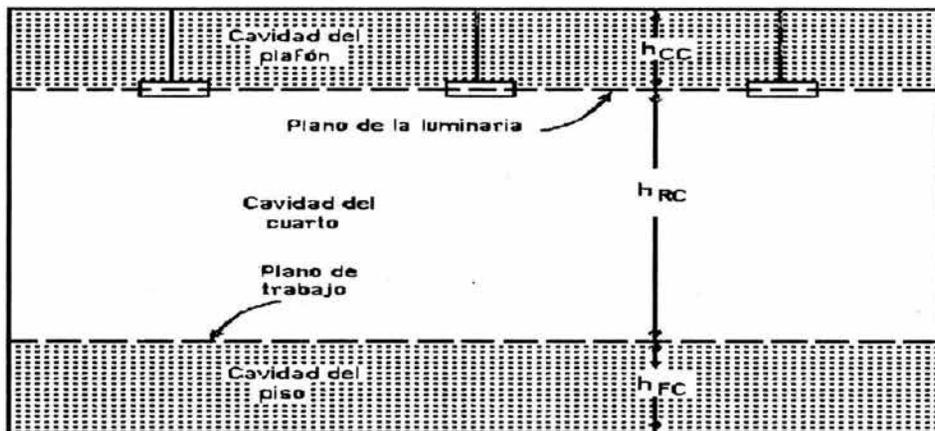


Fig. 1.6.1 Las tres cavidades utilizadas en el método de la cavidad zonal.

Para cada cavidad, se calcula una relación de cavidad:

$$\text{Relación de cavidad} = 5h \times \frac{(\text{longitud del cuarto} + \text{anchura del cuarto})}{(\text{longitud del cuarto}) \times (\text{anchura del cuarto})} \quad (1.6.2)$$

En donde $h = h_{RC}$ para la relación de la cavidad del cuarto RCR; h_{CC} para la relación de la cavidad del plafón CCR, y h_{FC} para la relación de la cavidad del piso FCR.

La Tabla 1.6.2 se utiliza para obtener una sola reflectancia ρ_{CC} efectiva de la cavidad del plafón y una sola reflectancia efectiva de la cavidad del piso ρ_{FC} . Para luminarias montadas en la superficie y empotradas, $CCR = 0$ y se usa la reflectancia del plafón como ρ_{CC} . En la figura 1.6.2 se da el CU para artefactos seleccionados; al usar esta figura puede ser necesario interpolar. En el IES Handbook se dan datos adicionales de los artefactos. Los fabricantes de éstos dan esos datos para sus unidades y se deben utilizar para obtener la mayor precisión. Si la referencia efectiva de la cavidad del piso ρ_{FC} difiere del 20%, se hace un ajuste con la aplicación de los datos de la Tabla 1.6.3.

Para sencillez en el cálculo del factor de pérdida de luz, no se tomarán en cuenta los efectos de la temperatura ambiente, variación del voltaje en la luminaria, las balastras o que maduras de aparatos. Los factores de depreciación por superficie sucia del cuarto se muestran en la figura 1.6.3; los factores de depreciación por luminaria sucia se muestran en la figura 1.6.4 es evidente la importancia de la limpieza frecuente. En la figura 1.6.2 se dan categorías para cada artefacto. La depreciación en lúmenes de la lámpara (LLD) depende del momento en que se cambie la lámpara antes de quemarse por completo. Si se las cambia al 30% de su duración nominal, la LLD para lámparas incandescentes varía entre 78 y 90%, con un promedio de alrededor del 87%. Para las lámparas fluorescentes, la LLD fluctúa entre 67 y 91%, con un promedio de alrededor del 82%. Para valores más precisos, consúltese el IES Handbook o los datos de los fabricantes. En la figura 1.6.5 se presenta una hoja de resumen del diseño.

Aunque el método de los lúmenes es el procedimiento aceptado para calcular los niveles de alumbrado interior, a menudo es necesario tener una aproximación rápida de la cantidad de equipo de iluminación necesario para satisfacer una especificación de nivel de iluminación. Para ello, existen varias reglas empíricas.

Método del espaciamiento: En la Tabla 1.6.4 se indica los niveles en bujías-pie mantenidos de acuerdo con el espaciamiento de los artefactos. Para niveles que no sean la cantidad base, el nivel se cambia inversa y proporcionalmente a un cambio en el espaciamiento, es decir, al duplicar el espaciamiento (en una dirección) el nivel se reduce a la mitad; Al reducir a la mitad el espaciamiento, se duplica el nivel. Cuando se duplica el espaciamiento en ambas direcciones, se reduce el nivel a un cuarto.

Método de los lúmenes por pie cuadrado (véase la nota al pie de la Tabla 1.6.5). Este método, aunque menos exacto que el anterior, permite un cálculo bastante razonable con el empleo de los lúmenes de la lámpara según se dan en el Catálogo de lámparas de la GE y al sustituir la fórmula:

$$\text{Bujías-pie} = \frac{\text{lúmenes totales de la lámpara por artefacto.}}{2 \times \text{área por artefacto}}$$

O para un nivel dado en bujías-pie, al transponer la fórmula para determinar el área por artefacto:

$$\text{Área por artefacto} = \frac{\text{lúmenes totales de la lámpara por artefacto.}}{2 \times \text{bujías-pie}}$$

(El 2 en el denominador supone la pérdida de la mitad de los lúmenes en la utilización del artefacto, depreciación de la lámpara y acumulación de suciedad.)(Fuente: General Electric Co.)

Tabla 1.6.2 Porcentaje de reflectancias efectivas de las cavidades del plafón o el piso para diversas combinaciones de reflectancia (IES).

% de reflectancia base*	90										80										70										60										50									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
0.2	89	88	88	87	86	85	85	84	84	82	79	78	78	77	76	76	75	74	72	70	69	68	68	67	67	66	66	65	64	60	59	59	58	57	56	56	55	53	50	50	49	49	48	48	47	46	46	44		
0.4	88	87	86	85	84	83	81	80	79	76	79	77	76	75	74	73	72	71	70	68	69	68	67	66	65	64	63	62	61	58	60	59	58	57	55	54	53	52	50	50	49	48	48	47	46	45	45	44	42	
0.6	87	86	84	82	80	79	77	76	74	73	78	76	75	73	71	70	68	66	65	63	69	67	65	64	63	61	59	58	57	54	60	58	57	56	55	53	51	51	50	46	50	48	47	46	45	44	43	42	41	38
0.8	87	85	82	80	77	75	73	71	69	67	78	75	73	71	69	67	65	63	61	57	68	66	64	62	60	58	56	55	53	50	59	57	56	55	54	51	48	47	46	43	50	48	47	45	44	42	40	39	38	36
1.0	86	83	80	77	75	72	69	66	64	62	77	74	72	69	67	65	62	60	57	55	68	65	62	60	58	55	53	52	50	47	59	57	55	53	51	48	45	44	43	41	50	48	46	44	43	41	38	37	36	34
1.2	85	82	78	75	72	69	66	63	60	57	76	73	70	67	64	61	58	55	53	51	67	64	61	59	57	54	50	48	46	44	59	56	54	51	49	46	44	42	40	38	50	47	45	43	41	39	36	35	34	29
1.4	85	80	77	73	69	65	62	59	57	52	76	72	68	65	62	59	55	53	50	48	67	63	60	58	55	51	47	45	44	41	59	56	53	49	47	44	41	39	38	36	50	47	45	42	40	38	35	34	32	27
1.6	84	79	75	71	67	63	59	56	53	50	75	71	67	63	60	57	53	50	47	44	67	62	59	56	53	47	45	43	41	38	59	55	52	48	45	42	39	37	35	33	50	47	44	41	39	36	33	32	30	26
1.8	83	78	73	69	64	60	56	53	50	48	75	70	66	62	58	54	50	47	44	41	66	61	58	54	51	46	42	40	38	35	58	55	51	47	44	40	37	35	33	31	50	46	43	40	38	35	31	30	28	25
2.0	83	77	72	67	62	56	53	50	47	43	74	69	64	60	56	52	48	45	41	38	66	60	56	52	49	45	40	38	36	33	58	54	50	46	43	39	35	33	31	29	50	46	43	40	37	34	30	28	26	24
2.2	82	76	70	65	59	54	50	47	44	40	74	68	63	58	54	49	45	42	38	35	66	60	55	51	48	43	38	36	34	32	58	53	49	45	42	37	34	31	29	28	50	46	42	38	36	33	29	27	24	22
2.4	82	75	69	64	58	53	48	45	41	37	73	67	61	56	52	47	43	40	36	33	65	60	54	50	46	41	37	35	32	30	58	53	48	44	41	36	32	30	27	26	50	46	42	37	35	31	27	25	23	21
2.6	81	74	67	62	56	51	46	42	38	35	73	66	60	55	50	45	41	38	34	31	65	59	54	49	45	40	35	33	30	28	58	53	48	43	39	35	31	28	26	24	50	46	41	37	34	30	26	23	21	20
2.8	81	73	66	60	54	49	44	40	36	34	73	65	59	53	48	43	39	36	32	29	65	59	53	48	43	38	33	30	28	26	58	53	47	43	38	34	29	27	24	22	50	46	41	36	33	29	25	22	20	19
3.0	80	72	64	58	52	47	42	38	34	30	72	65	58	52	47	42	37	34	30	27	64	58	52	47	42	37	32	29	27	24	57	52	46	42	37	32	28	25	23	20	50	45	40	36	32	28	24	21	19	17
3.2	79	71	63	56	50	45	40	36	32	28	72	65	57	51	45	40	35	33	28	25	64	57	51	46	40	36	31	28	25	23	57	51	45	41	36	31	27	23	22	18	50	44	39	35	31	27	23	20	18	16
3.4	79	70	62	54	48	43	38	34	30	27	71	64	56	49	44	39	34	32	27	24	64	58	50	45	39	35	29	27	24	22	57	51	45	40	35	30	26	23	20	17	50	44	39	35	30	26	22	19	17	15
3.6	78	69	61	53	47	42	36	32	28	25	71	63	54	48	43	38	32	30	25	23	63	56	49	44	38	33	28	25	22	20	57	50	44	39	34	29	25	22	19	16	50	44	39	34	29	25	21	18	16	14
3.8	78	69	60	51	45	40	35	31	27	23	70	62	53	47	41	36	31	28	24	22	63	56	49	43	37	32	27	24	21	19	57	50	43	38	33	29	24	21	19	15	50	44	38	34	29	25	21	17	15	13
4.0	77	69	58	51	44	39	33	29	25	22	70	61	53	46	40	35	30	26	22	20	63	55	48	42	36	31	26	23	20	17	57	49	42	37	32	28	23	20	18	14	50	44	38	33	28	24	20	17	15	12
4.2	77	62	57	50	43	37	32	28	24	21	69	60	52	45	39	34	29	25	21	18	62	55	47	41	35	30	25	22	19	16	56	49	42	37	32	27	22	19	17	14	50	43	37	32	28	24	20	17	14	12
4.4	76	61	56	49	42	36	31	27	23	20	69	60	51	44	38	33	28	24	20	17	62	54	46	40	34	29	24	21	18	15	56	49	42	36	31	27	22	19	16	13	50	43	37	32	27	23	19	16	13	11
4.6	76	60	55	47	40	35	30	26	22	19	69	59	50	43	37	32	27	23	19	15	62	53	45	39	33	28	24	21	17	14	56	49	41	35	30	26	21	18	16	13	50	43	36	31	26	22	18	15	13	10
4.8	75	59	54	46	39	34	28	25	21	18	68	58	49	42	36	31	26	22	18	14	62	53	45	38	32	27	23	20	16	13	56	48	41	34	29	25	21	18	15	12	50	43	36	31	26	22	18	15	12	09
5.0	75	59	53	45	38	33	28	24	20	16	68	58	48	41	35	30	25	21	18	14	61	52	44	36	31	26	22	19	16	12	56	48	40	34	28	24	20	17	14	11	50	42	35	30	25	21	17	14	12	09
6.0	73	61	49	41	34	29	24	20	16	11	66	55	44	38	31	27	22	19	15	10	60	51	41	35	28	24	19	16	13	09	55	45	37	31	25	21	17	14	11	07	50	42	34	29	23	19	15	13	10	06
7.0	70	58	45	38	30	27	21	18	14	08	64	53	41	35	28	24	19	16	12	07	58	48	38	32	26	22	17	14	11	06	54	43	35	30	24	20	15	12	09	05	49	41	32	27	21	18	14	11	08	05
8.0	68	55	42	35	27	23	18	15	12	06	62	50	38	32	25	21	17	14	11	05	57	46	35	29	23	19	15	13	10	05	53	42	33	28	22	18	14	11	08	04	49	40	30	25	19	16	12	10	07	03
9.0	66	52	38	31	25	21	16	14	11	05	61	49	36	30	23	19	15	13	10	04	56	45	33	27	21	18	14	12	09	04	52	40	31	26	20	16	12	10	07	03	48	39	29	24	18	15	11	09	07	03
10.0	65	51	36	29	22	19	15	11	09	04	59	46	33	27	21	18	14	11	08	03	55	43	31	25	19	16	12	10	08	03	51	39	29	24	18	15	11	09	07	02	47	37	27	22	17	14	10	08	06	02

* Plafón, piso a piso de la cavidad.

Tabla 1.6.2 Porcentaje de reflectancias efectivas de las cavidades del plafón o el piso para diversas combinaciones de reflectancia (IES) (Continúa).

% de reflectancia base*	40									30									20									10									0														
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	
0.2	40	40	39	39	39	38	38	37	36	36	31	31	30	30	29	29	28	28	27	21	20	20	20	20	19	19	19	17	11	11	11	10	10	10	10	09	09	09	02	02	02	01	01	01	01	00	00	0			
0.4	41	40	39	39	38	37	36	35	34	34	31	31	30	30	29	28	28	27	26	25	22	21	20	20	19	19	18	18	16	12	11	11	11	10	10	09	09	08	04	03	02	02	02	01	01	00	0				
0.6	41	40	39	38	37	36	34	33	32	31	32	31	30	29	28	27	26	26	25	23	23	21	21	20	19	19	18	17	15	13	13	12	11	11	10	10	09	08	08	05	05	04	03	02	02	01	01	0			
0.8	41	40	38	37	36	35	33	32	31	29	32	31	30	29	28	26	25	25	23	23	24	22	21	20	19	19	18	17	16	14	15	14	13	12	11	10	10	09	08	07	07	06	05	04	03	02	02	01	0		
1.0	42	40	38	37	35	33	32	31	29	27	33	32	30	29	27	25	24	23	22	20	25	23	22	20	19	18	17	16	15	13	16	14	13	12	11	10	09	08	07	08	07	06	05	04	03	02	02	01	0		
1.2	42	40	38	36	34	32	30	29	27	25	33	32	30	28	27	25	23	22	21	19	25	23	22	20	19	17	16	14	12	17	15	14	13	12	11	10	09	07	06	10	08	07	06	05	04	03	02	01	0		
1.4	42	39	37	35	33	31	29	27	25	23	34	32	30	28	26	24	22	21	19	18	26	24	22	20	18	17	16	15	13	18	16	14	13	12	11	10	09	07	06	11	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0	
1.6	42	39	37	35	32	30	27	25	23	22	34	33	29	27	25	23	22	20	18	17	26	24	22	20	18	17	16	15	13	11	19	17	15	14	12	11	09	08	07	06	12	10	09	07	06	05	04	03	02	01	0
1.8	42	39	36	34	31	29	26	24	22	21	35	33	29	27	25	23	21	19	17	16	27	25	23	20	18	17	15	14	12	10	19	17	15	14	13	11	09	08	06	05	13	11	09	08	07	05	04	03	01	0	
2.0	42	39	36	34	31	28	25	23	21	19	35	33	29	26	24	22	20	18	16	14	28	25	23	20	18	16	15	13	11	09	20	18	16	14	13	11	09	08	06	05	14	12	10	09	07	05	04	03	01	0	
2.2	42	39	36	33	30	27	24	22	19	18	36	32	29	26	24	22	19	17	15	13	28	25	23	20	18	16	14	12	10	09	21	19	16	14	13	11	09	07	06	05	15	13	11	09	07	06	04	03	02	0	
2.4	43	39	35	33	29	27	24	21	18	17	36	32	29	26	24	22	19	16	14	12	29	26	23	20	18	16	14	12	10	08	22	19	17	15	13	11	09	07	06	05	16	13	11	09	08	06	04	03	01	0	
2.6	43	39	35	32	29	26	23	20	17	15	36	32	29	25	23	21	18	16	14	12	29	26	23	20	18	16	14	11	09	08	23	20	17	15	13	11	09	07	06	04	17	14	12	10	08	06	05	03	02	0	
2.8	43	39	35	32	28	25	22	19	16	14	37	33	29	25	23	21	17	15	13	11	30	27	23	20	18	15	13	11	09	07	23	20	18	16	13	11	09	07	05	03	17	15	13	10	08	07	05	03	02	0	
3.0	43	39	35	31	27	24	21	18	16	13	37	33	29	25	22	20	17	15	12	10	30	27	23	20	17	15	13	11	09	07	24	21	18	16	13	11	09	07	05	03	18	16	13	11	09	07	05	03	02	0	
3.2	43	39	35	31	27	23	20	17	15	13	37	33	29	25	22	19	16	14	12	10	31	27	23	20	17	15	12	11	09	06	25	21	18	16	13	11	09	07	05	03	19	16	14	11	09	07	05	03	02	0	
3.4	43	39	34	30	26	23	20	17	14	12	37	33	29	25	22	19	16	14	11	09	31	27	23	20	17	15	12	10	08	06	26	22	18	16	13	11	09	07	05	03	20	17	14	12	09	07	05	03	02	0	
3.6	44	39	34	30	26	22	19	16	14	11	38	33	29	24	21	18	15	13	10	09	32	27	23	20	17	15	12	10	08	05	26	22	19	16	13	11	09	06	04	03	20	17	15	12	10	08	05	04	02	0	
3.8	44	38	33	29	25	22	18	16	13	10	38	33	28	24	21	18	15	13	10	08	32	28	23	20	17	15	12	10	07	05	27	23	19	17	14	11	09	06	04	02	21	18	15	12	10	08	05	04	02	0	
4.0	44	38	33	29	25	21	18	15	12	10	38	33	28	24	21	18	14	12	09	07	33	28	23	20	17	14	11	09	07	05	27	23	20	17	14	11	09	06	04	02	22	18	15	13	10	08	05	04	02	0	
4.2	44	38	33	29	24	21	17	15	12	10	38	33	28	24	20	17	14	12	09	07	33	28	23	20	17	14	11	09	07	04	28	24	20	17	14	11	09	06	04	02	22	19	16	13	10	08	06	04	02	0	
4.4	44	38	33	28	24	20	17	14	11	09	39	33	28	24	20	17	14	11	09	06	34	28	24	20	17	14	11	09	07	04	28	24	20	17	14	11	08	06	04	02	23	19	16	13	10	08	06	04	02	0	
4.6	44	38	32	28	23	19	16	14	11	08	39	33	28	24	20	17	13	10	08	06	34	29	24	20	17	14	11	09	07	04	29	25	20	17	14	11	08	06	04	02	23	20	17	13	11	08	06	04	02	0	
4.8	44	38	32	27	22	19	16	13	10	08	39	33	28	24	20	17	13	10	08	05	35	29	24	20	17	13	10	08	06	04	29	25	20	17	14	11	08	06	04	02	24	20	17	14	11	08	06	04	02	0	
5.0	45	38	31	27	22	19	15	13	10	07	39	33	28	24	19	16	13	10	08	05	35	29	24	20	16	13	10	08	06	04	30	25	20	17	14	11	08	06	04	02	25	21	17	14	11	08	06	04	02	0	
6.0	44	37	30	25	20	17	13	11	08	05	39	33	27	23	18	15	11	09	06	04	36	30	24	20	16	13	10	08	05	02	31	26	21	17	14	11	08	06	03	01	27	23	18	15	12	09	06	04	02	0	
7.0	44	36	29	24	19	16	12	10	07	04	40	33	26	22	17	14	10	08	05	03	36	30	24	20	15	12	09	07	04	02	32	27	21	17	13	11	08	06	03	01	28	24	19	15	12	09	06	04	02	0	
8.0	44	35	28	23	18	15	11	09	06	03	40	33	26	21	16	13	09	07	04	02	37	30	23	19	15	12	08	06	03	01	33	27	21	17	13	10	07	05	03	01	30	25	20	15	12	09	06	04	02	0	
9.0	44	35	26	21	16	13	10	08	05	02	40	33	25	20	15	12	09	07	04	02	37	29	23	19	14	11	08	06	03	01	34	28	21	17	13	10	07	05	02	01	31	25	20	15	12	09	06	04	02	0	
10.0	43	34	25	20	15	12	08	07	05	02	40	32	24	19	14	11	08	06	03	01	37	29	22	18	13	10	07	05	03	01	34	28	21	17	12	10	07	05	02	01	31	25	20	15	12	09	06	04	02	0	

Tabla 1.6.3 Factores de multiplicación para reflectancia efectiva de la cavidad del piso que no sea del 20% (IES).

% de reflectancia efectiva de la cavidad del plafón pcc.	80				70				50			30			10		
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Relación de cav. del cuarto.																	
Para 30% de reflectancia efectiva de la cavidad del piso (20% = 1.00)																	
1	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
10	1.017	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002
Para 10% de reflectancia efectiva de la cavidad del piso (20% = 1.00)																	
1	0.923	0.929	0.935	0.940	0.933	0.939	0.943	0.948	0.956	0.960	0.963	0.973	0.976	0.979	0.989	0.991	0.991
2	0.931	0.942	0.950	0.958	0.940	0.949	0.957	0.963	0.962	0.968	0.974	0.976	0.980	0.985	0.988	0.991	0.995
3	0.939	0.951	0.961	0.969	0.945	0.957	0.966	0.973	0.967	0.975	0.981	0.978	0.983	0.988	0.988	0.992	0.996
4	0.944	0.958	0.969	0.978	0.950	0.963	0.973	0.980	0.972	0.980	0.986	0.980	0.986	0.991	0.987	0.992	0.996
5	0.949	0.964	0.976	0.983	0.954	0.968	0.978	0.985	0.975	0.983	0.989	0.981	0.988	0.993	0.987	0.992	0.997
6	0.953	0.969	0.980	0.986	0.958	0.972	0.982	0.989	0.977	0.985	0.992	0.982	0.989	0.995	0.987	0.993	0.997
7	0.957	0.973	0.983	0.991	0.961	0.975	0.985	0.991	0.979	0.987	0.994	0.983	0.990	0.996	0.987	0.993	0.998
8	0.960	0.976	0.986	0.993	0.963	0.977	0.987	0.993	0.981	0.988	0.995	0.984	0.991	0.997	0.987	0.994	0.998
9	0.963	0.978	0.987	0.994	0.965	0.979	0.989	0.994	0.983	0.990	0.996	0.985	0.992	0.998	0.988	0.994	0.999
10	0.965	0.980	0.989	0.995	0.967	0.981	0.990	0.995	0.984	0.991	0.997	0.986	0.993	0.998	0.988	0.994	0.999
Para 10% de reflectancia efectiva de la cavidad del piso (20% = 1.00)																	
1	0.859	0.870	0.879	0.886	0.873	0.884	0.893	0.901	0.916	0.923	0.929	0.948	0.954	0.960	0.979	0.983	0.987
2	0.871	0.887	0.903	0.919	0.886	0.902	0.916	0.928	0.926	0.938	0.949	0.954	0.963	0.971	0.978	0.983	0.991
3	0.882	0.904	0.915	0.942	0.898	0.918	0.934	0.947	0.936	0.950	0.964	0.958	0.969	0.979	0.976	0.984	0.993
4	0.893	0.919	0.941	0.958	0.908	0.930	0.948	0.961	0.945	0.961	0.974	0.961	0.974	0.984	0.975	0.985	0.994
5	0.903	0.931	0.953	0.969	0.914	0.939	0.958	0.970	0.951	0.967	0.980	0.964	0.977	0.988	0.975	0.985	0.995
6	0.911	0.940	0.961	0.976	0.920	0.945	0.965	0.977	0.955	0.972	0.985	0.966	0.979	0.991	0.975	0.986	0.996
7	0.917	0.947	0.967	0.981	0.924	0.950	0.970	0.982	0.959	0.975	0.988	0.968	0.981	0.993	0.975	0.987	0.997
8	0.922	0.953	0.971	0.985	0.929	0.955	0.975	0.986	0.963	0.978	0.991	0.970	0.983	0.995	0.976	0.988	0.998
9	0.928	0.958	0.975	0.988	0.933	0.959	0.980	0.989	0.966	0.980	0.993	0.971	0.985	0.996	0.976	0.988	0.998
10	0.933	0.962	0.979	0.991	0.937	0.963	0.983	0.992	0.969	0.982	0.995	0.973	0.987	0.997	0.977	0.989	0.999

Tabla 1.6.4 Niveles aproximados en bujías-pie* de acuerdo con el espaciamiento entre artefactos.

Sistema de alumbrado		Espaciamiento †				
Lámpara	Watts	10 x 10 pie	15 x 15 pie	20 x 20 pie	25 x 25 pie	30 x 30 pie
Lucalox	70	35	15	10	----	----
	100	55	25	15	10	----
	150	95	45	25	15	10
	250	180	80	45	30	20
	400	300	135	75	50	35
	1000	----	----	210	135	95
Multivapor	175	85	35	20	15	10
	400	200	90	50	35	25
	1000	----	300	165	105	75
Hileras continuas de artefactos de 2 lámparas en espaciamiento † de:						
Fluorescente (blanca fría)		6 pie	8 pie	10 pie	12 pie	15 pie
Arranque rápido, 40 W		120	90	70	60	50
Slimline 75 W		120	90	70	60	50
Alta Salida 110 W		185	140	110	90	75
Power Grove 215 W		300	225	180	150	120

Fuente: General Electric Co.

* Véase nota al pie de la tabla 1.6.5.

† Espaciamiento dentro de los máximos establecidos por el fabricante del artefacto.

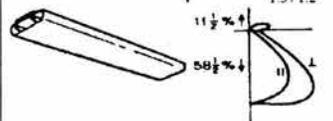
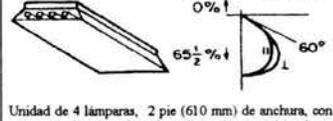
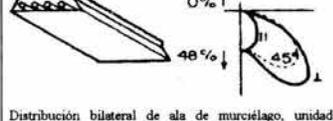
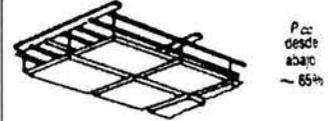
Tabla 1.6.5 Método de los watts por pie cuadrado*.

Una aproximación rápida, conveniente y muy usual.

Lámpara	Por 100 pie – bujía
Lucalox	1.6 W / pie ² .
Multivapor	2.5 W / pie ² .
Fluorescente	3.0 W / pie ² .
Vapor de mercurio	3.5 W / pie ² .
Incandescente (Lámpara con reflector)	8.5 W / pie ² .

Fuente: General Electric Co.

* Tanto el método de la tabla 1.6.4 como el de lúmenes por pie cuadrado que están basados en áreas industriales grandes, en donde la anchura del cuarto (W) es seis veces mayor que la altura del montaje del artefacto (MH). Para zonas de tamaño mediano (donde W = 3MH), redúzcase las bujías – pie y aumentese el wattaje en 15%. Para zonas pequeñas (donde W = MH) redúzcase las bujías – pie y aumente el wattaje en 50%. Los artefactos Lucalox y las lámparas incandescentes con reflector suelen ser más eficientes y tienen mejores características de mantenimiento de los lúmenes, por tanto, para estas fuentes aumentese el valor en bujías – pie alrededor de 25%.

Luminarias típicas	Distrib. típica y porcen. de lúmenes de la lámpara	pcc* →	80			70			50			30			10			0
			pw† →	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
 <p>V 1.5/1.2 11 1/2° †</p> <p>Cubierta envolvente prismática de 2 lámparas, multiplique por 0.95 para 4 lámparas.</p>	0	81	81	81	78	78	78	72	72	72	66	66	66	61	61	61	58	
	1	71	69	66	69	66	64	62	60	59	58	56	55	54	53	53	53	50
	2	64	59	56	61	58	54	51	48	45	45	42	45	42	40	40	40	38
	3	57	52	48	55	50	47	45	42	40	39	37	37	35	33	33	31	29
	4	51	46	41	49	44	41	38	35	33	32	30	31	28	27	27	26	26
	5	46	40	36	44	39	35	33	31	30	29	28	27	25	25	24	23	23
	6	41	35	31	40	35	31	28	26	25	24	23	22	21	20	20	19	19
	7	37	31	27	36	31	27	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15
	8	33	28	24	32	27	23	20	18	17	16	15	14	13	13	12	12	11
	9	30	24	20	29	24	20	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	8
10	27	22	18	26	21	18	15	13	12	11	10	9	8	8	7	7	6	
 <p>V 1.4/1.3 65 1/2° †</p> <p>Unidad de 4 lámparas, 2 pie (610 mm) de anchura, con corte agudo (ángulo alto, baja luminancia), lente prismático plano.</p> <p>x 1.05 para 3 lámparas x .09 para 2 lámparas</p>	0	78	78	78	76	76	76	73	73	73	70	70	70	67	67	67	66	
	1	71	69	67	70	68	66	67	65	64	63	62	62	61	60	60	60	59
	2	64	61	58	63	60	58	61	59	56	59	57	55	57	55	54	53	53
	3	58	54	51	58	54	51	56	52	50	54	51	49	52	50	48	47	47
	4	53	48	45	52	48	44	51	47	44	49	46	43	48	45	43	42	42
	5	48	43	39	47	42	39	46	42	39	45	41	38	43	40	38	37	37
	6	43	38	35	43	38	34	42	37	34	40	37	34	40	36	34	32	32
	7	39	34	30	38	34	30	38	33	30	37	33	30	36	32	30	28	28
	8	35	30	26	35	30	26	34	29	26	33	29	26	32	29	26	25	25
	9	31	26	23	31	26	23	30	26	23	30	26	23	29	25	23	21	21
10	28	24	20	28	23	20	28	23	20	27	23	20	26	23	20	19	19	
 <p>IV 0.9 46° †</p> <p>Unidad encastrada de 4 lámparas, de 2 pie (610 mm) de anchura, con rejillas de metal blanco a 45°.</p> <p>x 1.05 para 3 lámparas x .09 para 2 lámparas</p>	0	55	55	55	54	54	54	51	51	51	49	49	49	47	47	47	46	
	1	50	48	47	49	47	46	47	46	45	45	44	43	43	43	42	41	41
	2	45	43	41	44	42	40	43	41	39	41	40	38	40	39	37	37	37
	3	41	38	36	40	38	35	39	37	35	38	36	34	37	35	34	33	33
	4	37	34	32	37	34	31	36	33	31	35	32	31	34	32	30	29	29
	5	34	30	28	33	30	28	32	30	27	32	29	27	31	29	27	26	26
	6	31	28	25	31	27	25	30	27	25	29	27	25	29	26	24	24	24
	7	29	25	23	28	25	23	28	25	22	27	24	22	26	24	22	21	21
	8	26	23	20	26	23	20	25	22	20	25	22	20	24	22	20	19	19
	9	24	20	18	24	20	18	23	20	18	23	20	18	22	20	18	17	17
10	22	19	16	22	19	16	21	18	16	21	18	16	20	18	16	15	15	
 <p>V N.A. 48° †</p> <p>Distribución bilateral de ala de murciélago, unidad fluorescente, de 2 pie (610 mm) de anchura, 4 lámparas, con lente prismático plano y capa superpuesta.</p> <p>x 1.05 para 3 lámparas x .09 para 2 lámparas</p>	0	57	57	57	56	56	56	53	53	53	51	51	51	49	49	49	48	
	1	50	48	47	49	47	46	47	46	45	45	44	43	44	43	42	41	41
	2	44	41	38	43	40	38	41	39	37	40	38	36	38	37	35	34	34
	3	39	35	32	38	34	31	37	33	31	35	33	30	34	32	30	29	29
	4	34	30	27	33	29	26	32	29	26	31	28	26	30	27	25	24	24
	5	30	25	22	29	25	22	28	24	22	27	24	21	26	23	21	20	20
	6	26	22	19	26	22	18	25	21	18	24	21	18	23	20	18	17	17
	7	23	19	16	23	19	16	22	18	16	21	18	15	21	18	15	14	14
	8	21	16	13	20	16	13	19	16	13	19	15	13	18	15	13	12	12
	9	18	14	11	18	14	11	17	14	11	17	13	11	16	13	11	10	10
10	16	12	09	16	12	09	16	12	09	15	12	09	15	12	09	08	08	
 <p>Pcc desde 65%</p> <p>Plástico o vidrio difusor</p> <p>1.-Eficiencia de plafón ~60%; transmitancia del difusor = 50%; reflectancia del difusor ~40%. Cavidad con mínimas obstrucciones y pintada con pintura de 80% de reflectancia; usese pcc= 70</p> <p>2.- Para pintura con menor reflectancia o si hay obstrucciones, usese pcc= 50</p>	1				60	58	56	58	56	54								
	2				53	49	45	51	47	43								
	3				47	42	37	45	41	36								
	4				41	36	32	39	35	31								
	5				37	31	27	35	30	26								
	6				33	27	23	31	26	23								
	7				29	24	20	28	23	20								
	8				26	21	18	25	20	17								
	9				23	19	15	23	18	15								
	10				21	17	13	21	16	13								

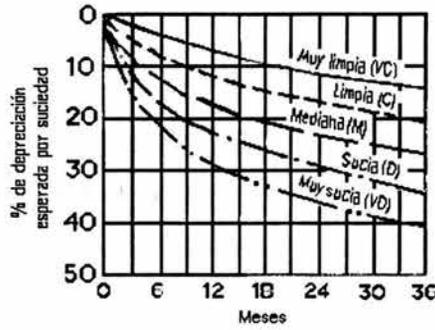
* pcc = porcentaje de reflectancia efectiva de la cavidad del plafón.

† pw = porcentaje de reflectancia de los muros.

‡ RCR = relación de cavidad del cuarto.

§ Guía S/MH máxima = relación del espaciamiento entre luminancias al montaje o altura del plafón encima del plano de trabajo.

Fig. 1.6.2 Coeficiente de utilización de luminarias típicas. (Compendiada de IES Lighting Handbook) (Continúa.)



% de depreciación esperada por suciedad	Tipo de distribución de la luminaria																			
	Directa				Semidirecta				Directa-indirecta				Semindirecta				Indirecta			
	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
1	.98	.96	.94	.92	.97	.92	.89	.84	.94	.87	.80	.76	.94	.87	.80	.73	.90	.80	.70	.60
2	.98	.96	.94	.92	.96	.92	.88	.83	.94	.87	.80	.75	.94	.87	.79	.72	.90	.80	.69	.59
3	.98	.95	.93	.90	.96	.91	.87	.82	.94	.86	.79	.74	.94	.86	.78	.71	.90	.79	.68	.58
4	.97	.95	.92	.90	.95	.90	.85	.80	.94	.86	.79	.73	.94	.86	.78	.70	.89	.78	.67	.56
5	.97	.94	.91	.89	.94	.90	.84	.79	.93	.86	.78	.72	.93	.86	.77	.69	.89	.78	.66	.55
6	.97	.94	.91	.88	.94	.89	.83	.78	.93	.85	.78	.71	.93	.85	.76	.68	.89	.77	.66	.54
7	.97	.94	.90	.87	.93	.88	.82	.77	.93	.84	.77	.70	.93	.84	.76	.68	.89	.76	.65	.53
8	.96	.93	.89	.86	.93	.87	.81	.75	.93	.84	.76	.69	.93	.84	.76	.68	.88	.76	.64	.52
9	.96	.92	.88	.85	.93	.87	.80	.74	.93	.84	.76	.68	.93	.84	.75	.67	.88	.75	.63	.51
10	.96	.92	.87	.83	.93	.86	.79	.72	.93	.84	.75	.67	.92	.83	.75	.67	.88	.75	.62	.50

Fig. 1.6.3 Factores de depreciación por suciedad en la superficie del cuarto (IES).

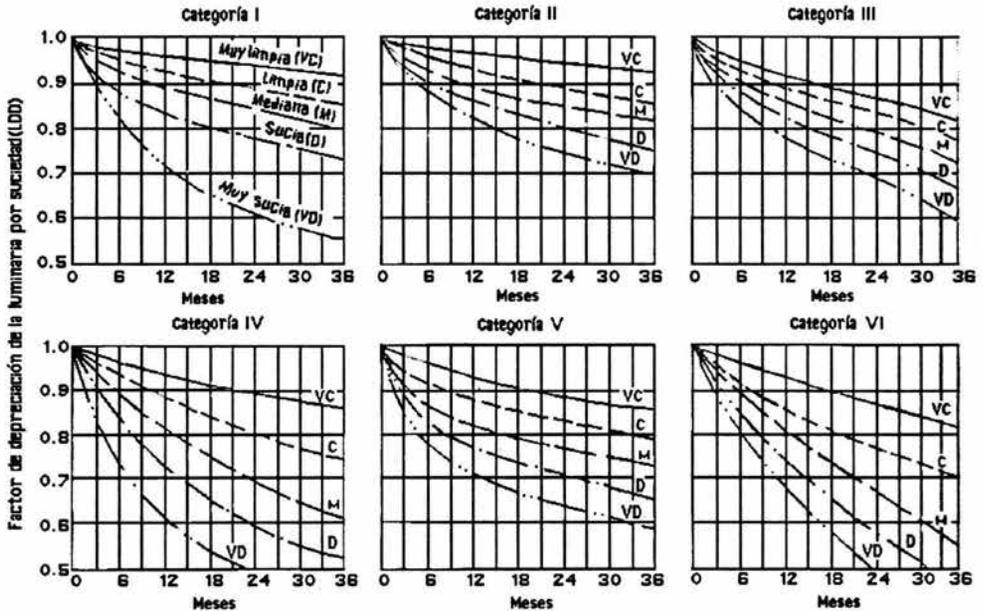


Fig. 1.6.4 Factores de depreciación de la luminaria por suciedad (LLD) para seis categorías de luminarias (I a VI) y para cinco grados de suciedad (IES).

INFORMACIÓN GENERAL

Identificación del proyecto: _____
 (Dar nombre del lugar o el edificio o de ambos, y el número de cuarto)

Iluminación promedio mantenida para el diseño: _____ bujías-pie o Datos de la lámpara.

Datos de la luminaria: _____ lux. Tipo y color: _____.

Fabricante: _____ Número por luminaria: _____.

Número de catálogo: _____ Total de lúmenes por luminaria: _____.

SELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

Paso 1. Liénesse el boceto a la derecha.

Paso 2. Determinese las relaciones de cavidades [Ec. (1.6.2)]

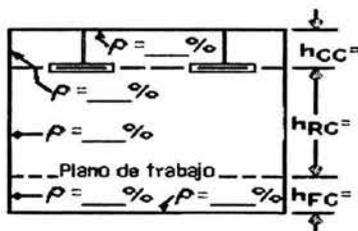
Relación de cavidad del cuarto RCR = _____.

Relación de cavidad del plafón CCR = _____.

Relación de cavidad del piso FCR = _____.

Longitud del cuarto: _____.

Anchura del cuarto: _____.



Paso 3. Obtégase la referencia efectiva de la cavidad del plafón pcc en la tabla 1.6.2 pcc = _____.

Paso 4. Obtégase la referencia efectiva de la cavidad del piso ppc en la tabla 1.6.2 ppc = _____.

Paso 5. Obtégase el coeficiente de utilización CU con los datos del fabricante (o con la Fig. 1.6.2 y la Tabla 1.6.3) CU = _____.

SELECCIÓN DE LOS FACTORES DE PÉRDIDAS DE LUZ

Depreciación por suciedad en la sup. Del cuarto, RSDD (véase Fig. 1.6.3) _____.

Depreciación en lúmenes de la Lámpara LLD _____.

Valores promedio:
 Incandescente = 0.87
 Fluorescente = 0.82

Depreciación de la luminaria por suciedad, LDD (Fig. 1.6.4) _____.

Factor total de pérdida de luz LLF (producto de los factores individuales precedentes): _____.

CALCULOS (Nivel promedio mantenido de iluminación)

Número de luminarias = $\frac{(\text{bujías - pie}) \times (\text{área}^*, \text{pie}^2)}{\text{Lúmenes por luminancia} \times (\text{CU}) \times (\text{LLF})}$ = _____.

Bujías - pie = $\frac{(\text{número de luminarias}) \times (\text{lúmenes por luminaria}) \times (\text{CU}) \times (\text{LLF})}{(\text{área}^*, \text{pie}^2)}$ = _____.

Calculado por: _____ Fecha: _____.

* Si se utilizan lux, el área es en m².

Fig. 1.6.5 Hoja de cálculo de iluminación promedio. (Adaptada de IES Lighting Handbook.)

Método de los watts por pie cuadrado: En la tabla 1.6.5 se describe otro método para llegar a una aproximación rápida.

Método puntual de diseño: Si se va a investigar la uniformidad del alumbrado o si se va a diseñar alumbrado para el exterior, se emplea el método por puntos. Los fabricantes suministran curvas de distribución del número de bujías para sus artefactos. Se presenta una curva promedio para artefactos simétricos y se dan curvas en diversos planos para los asimétricos. La ecuación básica para calcular la iluminación con esas curvas es

$$E_h = (I_\theta \cos \theta) / D^2 = I_\theta H / D^3 \quad (1.6.3)$$

En donde E_h es la iluminación en el plano horizontal, I_θ es el número de bujías en la dirección dada y D es la distancia desde la luminaria hasta el punto P (Fig. 1.6.6).

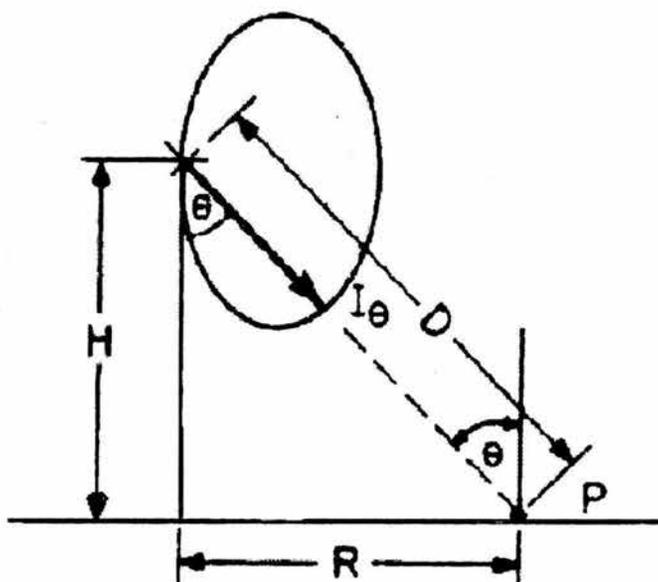


Fig. 1.6.6 Diagrama para calcular de bujías-pie.

Para superficies verticales:

$$E_v = (I_\theta \sen \theta) / D^2 = I_\theta R / D^3 \quad (1.6.4)$$

Existen nomogramas y soluciones gráficas para las ecuaciones (1.6.3) y (1.6.4).

Aspectos económicos de las instalaciones de alumbrado.

Para calcular el costo del alumbrado, se suman el costo anual de la energía, el cambio de lámparas, costo de la mano de obra para limpieza, cambio de lámparas y reparaciones, intereses y depreciación.

Se pueden evaluar diferentes sistemas de alumbrado al comparar los costos por millón de lúmenes-hora por luminaria; como se expresa en la ecuación (1.6.5).

$$U = \frac{10}{Q \times D} \left[\frac{(P+h)}{L} + W \times R + \frac{(F+M)}{H} \right] \quad (1.6.5)$$

En donde U = Costo unitario en la unidad monetaria de la luz por millón de lúmenes-hora, Q = Lúmenes medios de la lámpara, D = Depreciación de la luminaria (promedio entre limpiezas), P = Precio de la lámpara en centésimos de unidad monetaria; h = Costo en centésimos de unidad monetaria para cambiar una lámpara; L = Duración nominal promedio de la lámpara en miles de horas; W = Entrada media de watts de las luminarias (lámparas de balastará), R = Costo de la energía en centésimas de unidad monetaria por kilowatt-hora; f = Costos fijos en centésimos de unidad monetaria por luminaria-año; M = Costo de limpieza en centésimos de unidad monetaria por luminaria-año; H = Horas anuales de operación en miles de horas.

En las ecuaciones anteriores, el área se puede expresar en metros cuadrados. Estas ecuaciones son generales y básicas. Con las campañas para ahorro de energía, el uso eficaz y eficiente de la energía eléctrica se ha vuelto más importante. El IES, en su Handbook 1981, estableció un número de watts por pie (metro) cuadrado para diversas ocupaciones del edificio, llamada densidad unitaria básica de potencia (UPD). Estos valores se emplean para establecer un límite de consumo para una instalación. Para ello, se utilizan valores aproximados para el CU, lámpara más balastra, lúmenes por watt y el LLF; para éste se utiliza 0.7. En la actualidad, todavía hay fuertes debates acerca de los valores básicos UPD. (Adaptado del IES Handbook.)

Otra forma de comparar las instalaciones es calcular los watts por pie cuadrado para cada instalación propuesta, lo cual se calcula con alguno de los métodos siguientes:

$$\text{watts/pie}^2 = \frac{\text{lúmenes totales de la lámpara}}{\text{área, pie}^2} \times \frac{1}{\text{lúmenes/watt de lámpara y balastra}} \quad (1.6.6)$$

$$\text{watts/pie}^2 = \frac{\text{iluminancia designada}}{\text{CU} \times \text{LLF}} \times \frac{1}{\text{lúmenes/watt de lámpara y balastra}} \quad (1.6.7)$$

Los valores típicos se muestran en la tabla 1.6.5.²

² Eugene A. Avallone y Theodore Baumeister III Manual del Ingeniero Mecánico, 9ª Edición, Ed. Mc Graw Hill, 1995, Páginas de la 12-129 a la 12-148.

1.7 .- DISEÑO DEL ALUMBRADO INTERIOR (SON RESULTADOS QUE SE APLICARÁN EN EL CAPÍTULO 4 PARA LA CARGA INSTALADA DE ALUMBRADO).

Para el cálculo de Iluminación se utilizará el Método por Cavity Zonal.

Por medio de la Ecuación 1.6.2 obtendremos la Relación de Cavity del Cuarto (Rcc).

$$R_{cc} = 5h \times \frac{(L + A)}{(L) \times (A)}$$

Donde: L = Longitud del cuarto.

A = Anchura del cuarto.

h = Altura de la cavity del cuarto (la distancia desde el plano de trabajo a los luminarios).

Rcc = Relación de Cavity del Cuarto.

Para obtener los siguientes datos: Longitud del cuarto, Anchura del cuarto y Altura de la cavity del cuarto ver plano de la página 162.

Datos: Área seleccionada "Baño Clientes Caballeros".

L = 4.62 mts.

A = 2.45 mts.

Altura del Plafón = 2.30 mts.

Altura del plano de trabajo = 0.70 mts.

h = 1.60 mts.

Sustituyendo valores en la Ec 1.6.2. se tiene lo siguiente:

$$R_{cc} = 5 \times 1.60 \times \frac{(4.62 + 2.45)}{(4.62) \times (2.45)} = 4.99$$

Tabla 1.7.1. De CU. (El valor de la reflectancia del piso usualmente es 20%).

Rcc	p _{cc} = 0.80			p _{cc} = 0.70		
	p _w = 0.50	p _w = 0.30	p _w = 0.10	p _w = 0.50	p _w = 0.30	p _w = 0.10
0	0.78	0.78	0.78	0.76	0.76	0.76
1	0.71	0.69	0.68	0.70	0.66	0.66
2	0.65	0.62	0.59	0.64	0.61	0.58
3	0.59	0.55	0.52	0.58	0.55	0.52
4	0.54	0.50	0.47	0.54	0.50	0.46
5	0.50	0.45	0.42	0.49	0.45	0.41
6	0.46	0.41	0.37	0.45	0.40	0.37
7	0.41	0.37	0.33	0.41	0.36	0.33
8	0.38	0.33	0.30	0.38	0.33	0.30
9	0.35	0.30	0.27	0.34	0.30	0.27
10	0.32	0.27	0.24	0.31	0.27	0.24

Si la reflectancia del techo es 80% y la reflectancia de las paredes 50%, entonces el CU correspondiente a 4.99 se encuentra entre 0.54 y 0.50 en la tabla de CU. Interpolando se obtiene el valor de 0.50.

Método de Interpolación.

$$X_1 = 4 \longrightarrow Y_1 = 0.54$$

$$X = 4.99 \longrightarrow Y = ?$$

$$X_2 = 5 \longrightarrow Y_2 = 0.50$$

$$Y = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} (X - X_1) + Y_1 \quad (1.7.1)$$

Sustituyendo valores en la Ecuación 1.7.1 se tiene lo siguiente:

$$Y = \frac{0.50 - 0.54}{5 - 4} (4.99 - 4) + 0.54 = 0.50$$

El C.U. = 0.50

$$\text{Iluminancia Promedio} = \frac{\text{No. de luminarios} \times \text{lúmenes por luminario} \times \text{C.U.} \times \text{F.P.L.}}{\text{Área}} \quad (1.7.2)$$

Donde: FPL = Factor de pérdidas de luz.

CU = Coeficiente de utilización.

El factor de pérdidas de luz (FPL) abarca el factor de balastro, el factor de envejecimiento de la lámpara, limpieza en los luminarios y otros factores que reducirán la emisión de la lámpara. Este FPL se multiplica por los lúmenes iniciales de la lámpara para esos factores. Los siguientes valores de FPL son típicos: 0.75 - 0.80 para luminarios abiertos con rejilla y 0.70 - 0.75 para luminarios con difusor.

En este caso se utilizara el factor de pérdidas de luz (FPL) de 0.75 por que las lámparas son abiertas. La iluminancia según tabla 1.6.1 es de = 300 lum/pie².

Tabla 1.7.2 Lámparas de Halógeno de Bajo Voltaje Reflector Dicroico.

Tipo	V	W	Apertura de haz	Base	Intensidad Luminosa cd.	Vida Média h	Código de pedido
14618	12V	50W	10°	GU5.3	13000	4000	*
14619	12V	50W	24°	GU5.3	4400	4000	*
14620	12V	50W	36°	GU5.3	2200	4000	*
14621	12V	50W	60°	GU5.3	1100	4000	*

*Consulte a Philips de su país para informaciones sobre disponibilidad de producto y código de pedido.

Los lúmenes por lámpara son de 1100 lum. (Ver Tabla 1.7.2.)

Nota: Para los diferentes tipos de lámparas utilizadas ver Tablas 1, 2 y 3 que se muestran en las páginas 41, 42 y 43 respectivamente.

Si el espacio tiene 9 luminarios de una lámpara cada uno (1100 lum x luminario), un CU de 0.50 y FPL de 0.70

Sustituyendo valores en la ecuación 1.7.2 de Iluminación promedio se obtiene:

$$\text{Iluminancia Promedio} = \frac{9 \times 1100 \times 0.50 \times 0.75}{11.32} = 327.96 \text{ lx.}$$

Si se conoce la iluminancia y el tipo de luminario, la ecuación puede ser usada para calcular la cantidad de luminarios requeridos para alcanzar el nivel de alumbrado especificado. La forma de esta ecuación es:

$$\text{Número de luminarios} = \frac{\text{Iluminancia} \times \text{Área}}{\text{Lúmenes por luminaria} \times \text{CU} \times \text{FPL}} \quad (1.7.3)$$

Sustituyendo valores en la ecuación anterior tenemos lo siguiente:

$$\text{Número de luminarios} = \frac{300 \times 11.32}{1100 \times 0.50 \times 0.75} = 8.23 \approx 9.00 \text{ Luminarios.}$$

En este caso se colocaran 9 luminarios de empotrar, bajo voltaje de 50 W. Tipo MA-50BV. Marca LJ Iluminación, color blanco, con foco MR-16 de 50 W.⁵

Nota: Toda la Iluminación del Restaurante se calculara haciendo la misma consideración que el ejemplo anterior, pero solamente se colocara una tabla con los datos y resultados.

⁵ NOM-007-ENERO-1995 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. Editada el 1 de Septiembre de 1995. Páginas de la 15 a la 19.

Tabla 1.7.1 Resultados de Iluminación utilizando el Método por cavidad zonal.

PARTICIÓN No.	1	2	3	4	5	6	7
Descripción:	Restaurante de Comida.						
Tipo de Luminario:	A).-Luminarios de empotrar, bajo voltaje de 50 W. Tipo MA-50BV. Marca LJ Iluminación, color blanco, con foco MR-16 de 50 W.						
Lámparas utilizadas en esta Área:	A	A	A	A	A	A	A
	Baños Clientes	Lavabo Clientes	Pasillo Baños Clientes.	Pasillo Teléfonos	Pasillos Bufet	Pasillos Bufet	Pasillos Bufet
No. de locales idénticos.	2	2	1	1	6	1	1
Nivel de iluminación requerido (lx)	300	300	300	300	300	300	300
Largo del local (m).	4.62	2.45	4.90	3.25	2.70	13.60	13.60
Ancho del local (m).	2.45	1.73	1.05	1.65	1.34	0.92	0.83
Altura del local (m).	2.30	2.60	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
Área del local (m ²).	11.32	4.24	5.15	5.36	3.62	12.51	11.29
Altura de montaje de las fuentes de luz (m).	2.30	2.60	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
Altura del plano (m).	0.70	0.70	0.70	1.20	0.70	0.70	0.70
Número de lámparas por luminario.	1	1	1	1	1	1	1
Flujo luminoso inicial por lámpara (lm).	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Potencia conjunto lámp-balastro-ctrl (w)	50	50	50	50	50	50	50
Categoría de mtto. (Clasif. Tabla IES).	V	V	V	V	V	V	V
Reflectancia de techo (%).	80	80	80	80	80	80	80
Reflectancia de muros (%).	50	50	50	50	50	50	50
Reflectancia de piso (%).	20	20	20	20	20	20	20
Altura de la cavidad de techo (m).	0	0	0	0	0	0	0
Altura de la cavidad de cuarto (m).	1.60	1.90	1.60	1.10	1.60	1.60	1.60
Altura de la cavidad de piso (m).	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Relación de cavidad de cuarto (Rcc)	4.99	9.37	9.25	5.03	8.93	9.28	10.22
F. de deprción por suciedad en el lumin.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
F. de deprción. de emisión de la lámpara.	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
F. de lámparas fundidas	1	1	1	1	1	1	1
Factor de pérdidas totales de luz.	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Coefficiente de utilización (CU).	0.50	0.34	0.34	0.50	0.35	0.34	0.32
Número de luminarios requeridos:	9	5	6	4	4	13	13
Número de luminarios instalados:	9	2	3	2	3	11	11

Tabla 1.7.1 Resultados de Iluminación utilizando el Método por cavidad zonal. (Continúa)

PARTICIÓN No.	8	9	10	11	12	13	14
Descripción:	Restaurante de Comida.						
Tipo de Luminario:	A).-Luminarios de empotrar, bajo voltaje de 50 W. Tipo MA-50BV. Marca LJ Iluminación, color blanco, con foco MR-16 de 50 W.						
	B).-Lámpara arbotante para interior de 50 W. Tipo BETA. Marca Construlita color blanco, con foco MR-16 de 50 W.						
	C).-Lámpara bajo voltaje de 50 W. Tipo Orión. Marca Construlita para costilla de pescado con foco MR-16 de 50 W.						
	D).-Equipo fluorescente de 1x32 W. T-8 Tipo canaleta. Marca New Light color blanco, con balastro electrónico.						
	E).-Equipo fluorescente de 4x32 W. T-8 Tipo Industrial. Marca New Light color blanco, con balastro electrónico.						
Lámparas utilizadas en esta Área:	A, B	C	D	E	E	E	E
	Entra. Clien.	Costilla de Pescados	Alrededor de Bufet	Baño Sr. Emplea.	Baño Sra. Emplea	Comed. Empl.	Pasillo Come.
No. de locales idénticos.	1	1	1	1	1	1	1
Nivel de iluminación requerido (lx)	300	300	300	300	300	300	300
Largo del local (m).	5.80	16.60	13.60	5.05	3.85	4.26	4.15
Ancho del local (m).	5.80	4.07	4.45	1.67	1.65	2.41	1.65
Altura del local (m).	7.00	5.47	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
Área del local (m ²).	33.64	67.56	60.52	8.43	6.35	10.26	6.85
Altura de montaje de las fuentes de luz (m).	7.00	5.47	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
Altura del plano (m).	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Número de lámparas por luminario.	1	1	1	4	4	4	4
Flujo luminoso inicial por lámpara (lm).	1100	1100	3050	3050	3050	3050	3050
Potencia conjunto lámp-balastro-ctrl (w)	50	50	32	124	124	124	124
Categoría de mtto. (Clasif. Tabla IES).	V	V	III	III	III	III	III
Reflectancia de techo (%).	80	80	80	80	80	80	80
Reflectancia de muros (%).	50	50	50	50	50	50	50
Reflectancia de piso (%).	20	20	30	30	30	30	30
Altura de la cavidad de techo (m).	0	0	0	0	0	0	0
Altura de la cavidad de cuarto (m).	6.30	4.77	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Altura de la cavidad de piso (m).	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Relación de cavidad de cuarto (Rcc)	10.86	7.29	2.39	6.37	6.93	5.20	6.78
F. de depreción por suciedad en el lumin.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
F. de depreción. de emisión de la lámpara.	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
F. de lámparas fundidas	1	1	1	1	1	1	1
Factor de pérdidas totales de luz.	0.75	0.75	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Coefficiente de utilización (CU).	0.32	0.32	0.50	0.46	0.43	0.53	0.44
Número de luminarios requeridos:	38	77	17	1	1	1	1
Número de luminarios instalados:	23	20	34	1	1	1	1

Tabla 1.7.1 Resultados de Iluminación utilizando el Método por cavidad zonal. (Continúa)

PARTICIÓN No.	15	16	17	18	19	20	21
Descripción:	Restaurante de Comida.						
Tipo de Luminario:	E).-Equipo fluorescente de 4x32 W. T-8 Tipo Industrial. Marca New Light color blanco, con balastro electrónico. F).-Equipo fluorescente de 2x32 W. T-8 Tipo Industrial. Marca New Light color blanco, con balastro electrónico. G).-Lámpara aprueba de vapor de 100 W. Tipo R-20. Para colocación en techo, Marca Ilinsa, Fundición de aluminio.						
Lámparas utilizadas en esta Area:	E	F	E	E, F	G	G	G
	Cuarto de Maq.	Oficina	Bodega	Cocina	Cuarto de Basura	Cámara de Refri.	Cámara de Cong.
No. de locales idénticos.	1	1	1	1	1	1	1
Nivel de iluminación requerido (lx)	300	300	300	300	300	300	300
Largo del local (m).	4.15	4.10	9.30	15.15	3.55	3.04	2.70
Ancho del local (m).	3.40	2.65	3.05	8.90	1.70	2.70	2.45
Altura del local (m).	5.85	2.30	5.85	5.85	2.30	2.30	2.30
Área del local (m ²).	14.11	10.86	28.36	134.84	6.03	8.21	6.62
Altura de montaje de las fuentes de luz (m).	5.70	2.30	5.70	5.70	2.30	2.30	2.30
Altura del plano (m).	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Número de lámparas por luminario.	4	2	4	4 y 2	1	1	1
Flujo luminoso inicial por lámpara (lm).	3050	3050	3050	3050	1560	1560	1560
Potencia conjunto lámp-balastro-ctrl (w)	124	62	124	124 y 62	100	100	100
Categoría de mnto. (Clasif. Tabla IES).	III	III	III	III	III	III	III
Reflectancia de techo (%).	80	80	80	80	70	70	70
Reflectancia de muros (%).	50	50	50	50	50	50	50
Reflectancia de piso (%).	30	30	30	30	20	20	20
Altura de la cavidad de techo (m).	0	0	0	0	0	0	0
Altura de la cavidad de cuarto (m).	5.00	1.60	5.00	5.00	1.60	1.60	1.60
Altura de la cavidad de piso (m).	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Relación de cavidad de cuarto (Rcc)	13.37	4.97	10.88	4.46	6.95	5.59	6.22
F. de deprción por suciedad en el lumin.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
F. de deprción. de emisión de la lámpara.	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
F. de lámparas fundidas	1	1	1	1	1	1	1
Factor de pérdidas totales de luz.	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Coefficiente de utilización (CU).	0.32	0.54	0.32	0.58	0.78	0.78	0.78
Número de luminarios requeridos:	1	2	3	9	2	3	2
Número de luminarios instalados:	1	2	3	14(E), 3(F)	1	2	2

Tabla 1.7.1 Resultados de Iluminación utilizando el Método por cavidad zonal. (Continúa)

PARTICIÓN No.	22	23	24	25	26	27	28
Descripción:	Restaurante de Comida.						
Tipo de Luminario:	A).-Luminarios de empotrar, bajo voltaje de 50 W. Tipo MA-50BV. Marca LJ Iluminación, color blanco, con foco MR-16 de 50 W.						
	B).-Lámpara arbotante para interior de 50 W. Tipo BETA. Marca Construlita color blanco, con foco MR-16 de 50 W.						
	H).- Lámpara tipo sombrilla a base de cuatro focos incandescentes de 40 W. Cada una.						
	G).-Lámpara aprueba de vapor de 100 W. Tipo R-20. Para colocación en techo, Marca Ilinsa. Fundición de aluminio.						
	I).-Reflector de 60 W.						
	J).- Lámpara arbotante para exteriores de 75 W. Tipo AE-756. Marca LJ Iluminación, color blanco, con foco A-19 de 75 W.						
Lámparas utilizadas en esta Area:	H	B	A	G	I	J	
	Area de Sombri.	Area de Sombri.	Area de Sombri.	Estufa	Cuarto Aseo.	Area de Juegos	Entrada Gene.
No. de locales idénticos.	19	2	1	1	1	1	1
Nivel de iluminación requerido (lx)	300	300	300	300	300	300	300
Largo del local (m).	2.41	2.41	3.34	6.44	1.65	6.40	6.58
Ancho del local (m).	2.41	2.41	2.30	2.55	1.65	6.15	2.10
Altura del local (m).	5.47	5.47	3.50	2.30	2.30	3.00	2.30
Area del local (m ²).	5.81	5.81	7.68	16.42	2.72	39.36	13.82
Altura de montaje de las fuentes de luz (m).	5.47	5.47	3.50	2.30	2.30	3.00	2.30
Altura del plano (m).	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Número de lámparas por luminario.	4	1	1	1	1	1	1
Flujo luminoso inicial por lámpara (lm).	490	1250	1100	1560	1560	3500	1070
Potencia conjunto lámp-balastro-ctrl (w)	40	50	50	100	100	60	75
Categoría de mtto. (Clasif. Tabla IES).	III	V	V	III	III	V	V
Reflectancia de techo (%).	70	80	80	70	70	70	70
Reflectancia de muros (%).	50	50	50	50	50	50	50
Reflectancia de piso (%).	20	20	20	20	20	20	20
Altura de la cavidad de techo (m).	0	0	0	0	0	0	0
Altura de la cavidad de cuarto (m).	4.77	4.77	2.80	1.60	1.60	2.30	1.60
Altura de la cavidad de piso (m).	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Relación de cavidad de cuarto (Rcc)	19.79	19.79	10.27	4.38	9.69	3.67	5.02
F. de deprción por suciedad en el lumin.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
F. de deprción. de emisión de la lámpara.	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
F. de lámparas fundidas	1	1	1	1	1	1	1
Factor de pérdidas totales de luz.	0.70	0.75	0.75	0.70	0.70	0.70	0.70
Coefficiente de utilización (CU).	0.78	0.32	0.32	0.77	0.78	0.62	0.54
Número de luminarios requeridos:	7	7	9	6	1	8	10
Número de luminarios instalados:	4	4	4	12	1	4	4

Tabla 1.7.1 Resultados de Iluminación utilizando el Método por cavidad zonal. (Continúa)

PARTICIÓN No.	29	30	31	32	34	35	36	37
Descripción:	Restaurante de Comida.							
Tipo de Luminario:	K).-Luminarios de empotrar, Tipo K8. Marca Ilinsa, color blanco, con foco PAR38 de 60 W. L).-Equipo fluorescente de 1x40 W. T-8 Tipo TD-40 Marca LJ Iluminación, color blanco, con balastro electrónico. M).-Lámpara reflector infrarrojo de 250 W. Tipo CIA-250. Marca LJ Iluminación, chapeada en bronce, con foco infrarrojo de 250 W.							
Lámparas utilizadas en esta Área:	K	K	K	K	K	K	L	M
	Área de Come.	Área de Come.	Área de Come.	Pasillo	Pasillo	Entrada Pasillo Cocina	Mostr. de Comi.	Mostr. de Comi.
No. de locales idénticos.	1	1	1	1	1	1	2	2
Nivel de iluminación requerido (lx)	300	300	300	300	300	300	300	300
Largo del local (m).	17.80	17.34	5.60	11.10	20.90	3.40	2.78	1.88
Ancho del local (m).	1.48	1.20	1.20	1.50	0.80	1.50	1.08	0.98
Altura del local (m).	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
Área del local (m ²).	26.35	20.81	6.72	16.65	16.72	5.10	3.00	1.84
Altura de montaje de las fuentes de luz (m).	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
Altura del plano (m).	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Número de lámparas por luminario.	1	1	1	1	1	1	1	1
Flujo luminoso inicial por lámpara (lm).	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3300	3500
Potencia conjunto lámp-balastro-ctrl (w)	60	60	60	60	60	60	40	275
Categoría de mtto. (Clasif. Tabla IES).	III	III	III	III	III	III	III	III
Reflectancia de techo (%).	80	80	80	80	80	80	80	80
Reflectancia de muros (%).	50	50	50	50	50	50	50	50
Reflectancia de piso (%).	20	20	20	20	20	20	30	20
Altura de la cavidad de techo (m).	0	0	0	0	0	0	0	0
Altura de la cavidad de cuarto (m).	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Altura de la cavidad de piso (m).	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Relación de cavidad de cuarto (Rcc)	5.85	7.13	8.09	6.05	10.38	7.68	10.28	12.41
F. de deprción por suciedad en el lumin.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
F. de deprción. de emisión de la lámpara.	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
F. de lámparas fundidas	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor de pérdidas totales de luz.	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Coefficiente de utilización (CU).	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.59	0.36
Número de luminarios requeridos:	9	7	2	6	6	2	1	1
Número de luminarios instalados:	9	9	3	6	11	3	1	5

Tabla 1. Características de lámparas incandescentes.

Lámparas utilizadas en esta Área:	Potencia (W)	Flujo lum. (lum)	Eficacia (lm/W)	Bulbo	Base	Tensión (V)	Vida (h)	Longitud (mm)
	25	260	10.40	A19	E26	125	1000	108
	25	220	8.80	F15	E26	125	1000	111
	25	240	9.60	B11	E26	125	1000	97
H	40	490	12.25	A19	E26	125	1000	108
	40	-	-	R20	E26	125	1000	100
	40	460	11.50	B11	E26	125	1000	97
	40	420	10.50	F15	E26	125	1000	111
	40	-	-	G40	E26	125	4000	176
	52	730	14.04	A19	E26	120	1000	112
	60	820	13.67	A19	E26	125	1000	105
	60	750	12.50	G30	E26	125	1000	151
	60	750	12.50	G40	E26	125	1000	176
	67	1030	15.37	A19	E26	120	1000	112
J	75	1070	14.27	A19	E26	125	1000	108
	75	-	-	R30	E26	125	2000	136
	90	1285	14.28	A19	E26	120	2500	112
G	100	1560	15.60	A19	E26	125	1000	108
	100	-	-	PAR38	E26	125	2000	142
	100	-	-	R20	E26	125	2000	100
	150	2440	16.27	A21	E26	125	1000	117
	150	-	-	PAR38	E26	125	2000	149
	150	-	-	R40	E26	125	2000	161
	200	3400	17.00	PS25	E26	125	1000	164
	200	3710	18.55	PS30	E26	125	750	205
	200	3150	15.75	PS25	E26	220	1000	164
	300	6100	20.33	PS30	E26	130	750	205
	500	10100	20.20	PS40	E40	130	1000	248

Nota: La longitud y emisión luminosa puede variar entre fabricante.

Tabla 2. Características de lámparas incandescentes.

Lámparas utilizadas en esta Área:	Potencia (W)	Bulbo	Base	Intensidad luminosa (cd)	Grados de apertura	Eficacia (l/W)	Tensión (V)	Vida (h)	Long. (mm)
	20	MR11	GZ4	5500	10		12	2000	34
	20	MR11	GZ4	1750	20		12	2000	34
	20	MR11	GZ4	700	30		12	2000	34
	20	MR16	GX5.3	800	38		12	2000	44
	40	MR16	E26	1300	27		130	2000	44.5
	50	MR16	GX5.3	11000	12		12	4000	44.5
	50	MR16	GX5.3	3200	24		12	4000	44.5
	50	MR16	GX5.3	1800	38		12	4000	44.5
	45	PAR38	E26c/f	5800	12		130	2500	135
	50	PAR20	E26	3200	16		130	2000	85
	50	PAR30	E26	1900	30		130	2000	114
	60	PAR38	E26c/f	13500	12		130	2000	135
K, I	60	PAR38	E26c/f	3500	28		130	2000	135
	75	PAR30	E26	6700	16		130	2000	114
	75	PAR30	E26	2400	30		130	2000	114
	90	PAR38	E26c/f	14500	12		130	2500	135
	90	PAR38	E26c/f	4500	28		130	2500	135
	100	T3	R7s	1600 lm		16	120	2000	78
	300	T3	R7s	6000 lm		20	120	3000	119
	500	T3	R7s	10500 lm		21	120	3000	119
	1000	T3	R7s	21500 lm		21.50	220	2000	254
	1500	T3	R7s	36300 lm		22.20	220	2000	254

Nota: La intensidad luminosa y los grados de apertura pueden variar entre fabricantes.

Tabla 3. Características de las lámparas fluorescentes.

Lámparas utilizadas en esta Área:	Potencia (W)	Tipo	Descripción	Flujo lumin. (lm)	Eficacia lumin. (lm/W)	Bulbo	Base	Vida (h)	Long. (mm)
	14	A. R. prec	Luz de día	600	42.86	T12	G13	9000	381
	15	A. R. prec	Luz de día	750	50.00	T12	G13	9000	457
	17	A. Rápido	4100 K	1400	82.35	T8	G13	20000	610
	20	A. R. prec	Luz de día	1075	53.75	T12	G13	9000	610
	20	A. R. prec	Blanco frío	1200	60.00	T12	G13	9000	610
	22	A. R. circ	Luz de día	925	42.05	T9	G10q	12000	210
	30	A. Rápido	Luz de día	1900	63.33	T12	G13	18000	914
	31	A. Inst.	Luz de día	2600	83.87	T12	Fa8	9000	1220
	32	A. Inst.	Blanco ligero	2700	84.38	T12	Fa8	9000	1220
D, E, F	32	A. Rápido	4100 K	3050	95.31	T8	G13	20000	1220
	32	A. Rápido	Blanco ligero	2750	80.88	T12	Fa8	9000	1220
	34	A. Rápido	Luz de día	2350	69.12	T12	G13	20000	1220
	34	A. Rápido	3000 K	2900	85.29	T12	G13	20000	1220
	34	A. Rápido	4100 K	2900	85.29	T12	G13	20000	1220
	34	A. Rápido	5000 K	2880	84.71	T12	G13	20000	1220
	34	A. R. U	Blanco frío	2400	70.59	T12	G13	12000	570
	34	A. R. U	4100 K	2650	85.48	T12	G13	20000	570
	39	A. Inst.	Blanco frío	3000	76.92	T12	Fa8	9000	1220
	39	A. Inst.	Luz de día	2500	64.10	T12	Fa8	9000	1220
	39	A. Rápido	Blanco cálido	2710	69.49	T12	Fa8	9000	1220
	40	A. Rápido	Blanco frío	3050	76.25	T12	G13	20000	1220
	40	A. Rápido	Luz de día	2600	65.00	T12	G13	20000	1220
	40	A. Rápido	3000 K	3300	82.50	T12	G13	20000	1220
L	40	A. Rápido	4100 K	3300	82.50	T12	G13	20000	1220
	40	A. R. U	5000 K	3280	82.00	T12	G13	20000	1220
	40	A. R. U	Blanco frío	2900	72.50	T12	G13	12000	570
	40	A. Inst.	3000 K	2850	71.25	T12	G13	18000	570
	55	A. Inst.	Blanco frío	4600	83.64	T12	Fa8	12000	1778
	55	A. Inst.	Luz de día	3850	70.00	T12	Fa8	12000	1778
	59	A. Inst.	4100 K	5800	98.30	T8	Fa8	15000	2440
	60	A. Inst.	Blanco frío	5400	90.00	T12	Fa8	12000	2402
	60	A. Inst.	Luz de día	4850	80.83	T12	Fa8	12000	440
	60	A. Inst.	3000 K	5900	98.33	T12	Fa8	12000	2440
	60	A. Inst.	4100 K	5900	98.33	T12	Fa8	12000	2440
	60	A. Inst.	5000 K	5850	97.50	T12	Fa8	12000	2440
	75	A. Inst.	Blanco frío	6100	81.33	T12	Fa8	12000	2440
	75	A. Inst.	Luz de día	5200	69.33	T12	Fa8	12000	2440
	75	A. I. HO	Blanco frío	5150	68.67	T12	Rd17	12000	1524
	85	A. R. HO	Blanco frío	6350	74.71	T12	Rd17	12000	1829
	95	A. R. HO	Blanco frío	8000	84.21	T12	Rd17	12000	2440
	110	A. R. HO	Blanco frío	9200	83.64	T12	Rd17	12000	2440
	160	A. R. VHO	Blanco frío	10900	68.13	T12	Rd17	10000	2440
	215	A. R. VHO	Blanco frío	14500	67.44	T12	Rd17	10000	2440

Nota: El flujo luminoso puede variar entre fabricantes.⁵

⁵ NOM-007-ENERO-1995 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales, Editada el 1 de Septiembre de 1995. Páginas de la 7 a la 9.

CAPÍTULO SEGUNDO.

II. - SISTEMA DE FUERZA Y CONTACTOS.

2.1.- DEFINICIÓN DE CONCEPTOS.

Acometida: Derivación que conecta la red del suministrador a las instalaciones del usuario.

Alimentador: Todos los conductores de un circuito formado entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

Aparato eléctrico: Equipo de utilización, generalmente no industrial, que 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.

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.

Bajada de acometida aérea: Conductores de una acometida aérea que van desde el último poste u otro soporte aéreo hasta conectar, incluyendo los empalmes, si existen, a los conductores de entrada de la acometida en un edificio u otra estructura.

Cable de acometida: Conductores de acometida con configuración de cable.

Caja de paso: Parte independiente, unida a un sistema de tubo (*conduit*) que permite acceso al interior del sistema, al retirar una tapa o tapas removibles, en un punto de unión de dos o más secciones del sistema o en un punto terminal del sistema.

NOTA: Las cajas tipo FS y FD o más grandes de metal fundido o de lámina metálica no se clasifican como cajas de paso.

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 NOM.

Capacidad de conducción de corriente: Corriente eléctrica expresada en amperes (A), que un conductor eléctrico puede conducir continuamente, bajo condiciones de uso, sin exceder su temperatura nominal.

Carga continua: Aquella con la que se espera que la corriente eléctrica máxima continúe circulando durante tres horas o más.

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 señalización: Cualquier circuito eléctrico que suministre energía a equipos de señalización.

Circuito derivado: Conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a ese circuito hasta la(s) salida(s).

Circuito derivado de uso general: Circuito derivado que alimenta a diversas salidas para alumbrado y aparatos eléctricos.

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 eléctricos: Circuito derivado que suministra energía eléctrica a una o más salidas a las que se conectan aparatos eléctricos; tales circuitos no deben contener elementos de alumbrado conectados permanentemente que no formen parte del aparato eléctrico.

Clavija: Dispositivo que por medio de inserción en un receptáculo, establece conexión eléctrica entre los conductores de su cordón flexible adjunto y los conductores conectados permanentemente al receptáculo.

Conductor aislado: Conductor rodeado de un material de composición y espesor reconocidos por 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: (lateral) Conductores de acometida comprendidos entre las terminales del equipo de la acometida y el punto de conexión con la acometida lateral.

Conductor del electrodo de puesta a tierra: Conductor utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra del equipo, al conductor puesto a tierra o a ambos, del circuito en el equipo de acometida o en la fuente de un sistema derivado separado.

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 separado.

Conductor puesto a tierra: Conductor de un sistema o circuito intencionadamente puesto a tierra.

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 de corto circuito, a la cual un dispositivo a su tensión eléctrica nominal, es capaz de interrumpir bajo condiciones de prueba normalizadas. Otros dispositivos diseñados para interrumpir corriente eléctrica a otros niveles distintos de los de cortocircuito, pueden tener su corriente de interrupción expresada en función de otras unidades, como kW o corriente eléctrica a rotor bloqueado del motor.

Desconectadores:

Desconector aislador: 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 NOM.

Desconectador para circuito de motor: Dispositivo con valor nominal de capacidad en kW capaz de interrumpir la máxima corriente eléctrica de operación de sobrecarga de un motor de los mismos kW (o CP) nominales al interruptor a su tensión eléctrica nominal.

Energizado(a): Conectado(a) eléctricamente a una fuente de diferencia de potencial.

Factor de demanda: Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte de un sistema y la carga total conectada de un sistema o la parte del sistema bajo consideración.

Interruptor automático: Dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito ya sea por medios no-automáticos y para abrir el circuito automáticamente a una sobrecorriente en condiciones predeterminadas, sin dañarse a sí mismo, cuando se aplica apropiadamente 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 corriente eléctrica a la cual dispara o el tiempo requerido para hacerlo, dentro de límites definidos.

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.

Receptáculo: Dispositivo de contacto 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 aquél que contiene dos o más dispositivos de contacto en el mismo chasis.

Salida: Punto en un sistema de alambrado en donde se toma corriente eléctrica para alimentar al equipo de utilización.

Salida de fuerza: Conjunto con envoltente 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.

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.

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 la mayor diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos cualesquiera de la instalación. Es el mayor valor eficaz (raíz cuadrática media) de la diferencia de potencial entre dos conductores determinados.

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 desde el 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 para formar una trayectoria eléctricamente conductora que asegure la continuidad y capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica a la que puedan estar sometidas.¹

¹ Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Editada el 27 de Septiembre de 1999, Páginas de la 13 a la 22.

2.2 .- APAGADORES Y CONTACTOS.

Los apagadores suministran el control de la energía eléctrica. Los contactos proporcionan un medio para conectar lámparas y aparatos a las líneas de potencia. Los artefactos dan la iluminación general a las áreas y, a menudo, también son decorativos. Docenas de tipos de apagadores y contactos se fabrican para ser usados en hogares e industria. La elección del dispositivo correcto para cada ubicación y su instalación apropiada es esencial para tener una buena instalación eléctrica.

La conmutación requiere una combinación de acciones eléctricas y acción mecánica en un solo aparato. En primer lugar, se considerará la acción eléctrica.

Los apagadores se describen eléctricamente por el número de conductores que se conmutan y el número de posiciones que puede tomar el apagador. Las palabras que se usan para describir estas características del apagador son polo y tiro. Estas palabras provienen del tipo más sencillo de apagador, el interruptor de cuchilla. El número de terminales que se pueden conmutar es el número de polos; el número de posiciones hacia las que se puede llevar el apagador es el número de tiros.

Un solo polo, un solo tiro (SPST). El apagador más sencillo y que más se utiliza es de un solo polo, un solo tiro (Fig. 2.2.1). Esto se abrevia SPST. El apagador está marcado con claridad con las posiciones ON (ENC) y OFF (APAG)

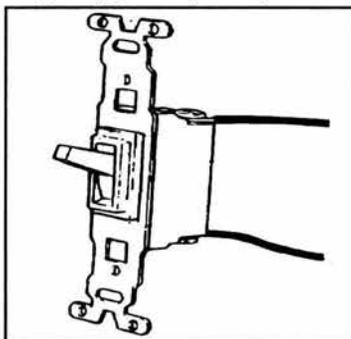


Fig. 2.2.1 Apagador sencillo.

Los apagadores se deben diseñar para que la formación de arcos sea mínima. Esto se puede hacer de dos maneras: primero, haciendo que la acción del apagador sea positiva y, segundo, utilizando aleaciones metálicas especiales para los contactos que sean buenas conductoras y que no se quemen con facilidad. Sin embargo, incluso con contactos de aleaciones especiales, existe tendencia a formarse una capa aisladora sobre ellos, después de cierto tiempo. Esta capa ofrece resistencia al paso de la corriente y hace que los contactos se calienten, lo cual incrementa aún más la resistencia y acorta la vida útil del apagador. Se puede evitar la formación de esta capa aisladora, recubriendo los contactos del apagador con una capa microscópicamente delgada de oro. Se hace con frecuencia esto en algunos apagadores de alta calidad.

Apagadores de volquete. El tipo de apagador que se usa con mayor frecuencia es el de volquete. El sencillo mecanismo con movimiento manual hacia arriba y hacia abajo proporciona una buena conmutación mecánica, por lo general casi sin mantenimiento.

En un tiempo, los apagadores se diseñaron para operar tanto con potencia de c.a., como de c.c. Para hacer que la formación de arcos fuera mínima con potencia de c.c., se requería una acción del apagador con una velocidad extremadamente alta. Estos apagadores hacían contacto por medio del movimiento de una armadura con forma de L, de modo que se obtuviera el contacto con ambas terminales en la posición de encendido, y moviéndola hacia la posición central, cuando el apagador se encontraba en la posición de apagado (Fig. 2.2.2).

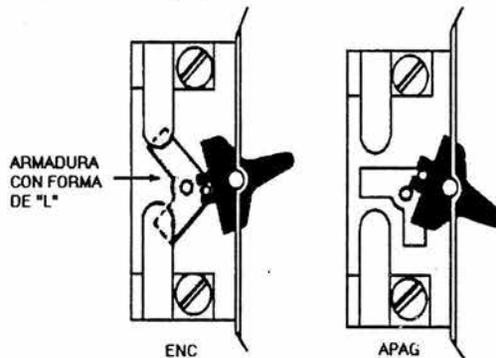


Fig. 2.2.2 Apagador de volquete C.A.-C.C.

El frotamiento que se producía al moverse la armadura a través de las terminales ayudaba a mantener limpia el área de contacto y, como consecuencia, eléctricamente eficiente. Para resultar apropiada en los circuitos de c.c., la acción de ruptura se producía con el auxilio de un resorte. Cuando el disparador se encontraba cerca de la posición central, se liberaba el resorte, el cual impulsaba al apagador hacia su posición de encendido o de apagado, con un ruido característico que mucha gente encontraba molesto. Esto condujo al desarrollo del apagador "silencioso".

Apagadores silenciosos. Debido a que en la actualidad casi todo el servicio eléctrico residencial es de c.a., se han introducido apagadores diseñados para usarse sólo con c.a. Estos se conocen como apagadores para c.a., únicamente y, con mucho, constituyen el tipo más común actualmente en uso. La naturaleza de la corriente alterna hace que la formación de arcos sea menor problema cuando los apagadores se usan únicamente para c.a. No es necesario que los contactos del apagador se abran o se cierren con tanta rapidez como en los circuitos de c.c. En los apagadores de c.a., únicamente, tan sólo se empujan los contactos para separarlos o para cerrarlos (Fig. 2.2.3). Esta acción es mucho más silenciosa que la del resorte en los apagadores de c.a., y c.c.

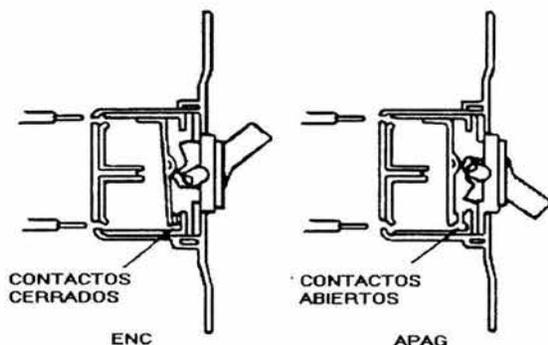


Fig. 2.2.3 Apagador silencioso para C.A., únicamente.

Contactos.

En el ramo eléctrico con frecuencia se usan los términos toma de corriente y contacto indiferentemente. Sin embargo, para el NEC y la mayor parte de los fabricantes los términos tienen significados diferentes. Una toma de corriente eléctrica es un punto en un circuito en donde se pueden conectar otros dispositivos, es decir, cualquier lugar en el que se conecta un cable o conduit a una caja. Un contacto es el dispositivo que se instala en una caja, en una toma de corriente, para poder conectar líneas de potencia de cordón y clavija (enchufe) (Fig. 2.2.4).

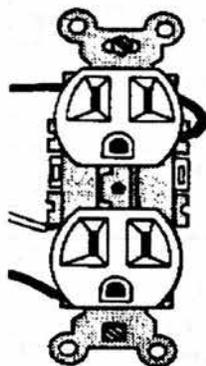


Fig. 2.2.4 Contacto, 15 a 20 amperes, para tres patas.

Los contactos eléctricos son dispositivos pasivos, es decir, no consumen potencia. Proporcionan un lugar conveniente para conectar dispositivos activos, como lámparas y aparatos. Los contactos deben formar un buen contacto eléctrico con las clavijas correspondientes y se deben diseñar con el fin de evitar el contacto accidental con superficies vivas. La mayor parte de los contactos tienen también considerada una conexión para puesta a tierra del equipo. Para evitar la conexión accidental de un aparato de baja tensión a un receptáculo de voltaje más alto, se han acuñado los contactos y las clavijas de modo que sólo sean posibles determinadas combinaciones clasificadas según su capacidad.

El buen contacto eléctrico con la clavija correspondiente se logra al hacer las superficies opresoras del contacto tan grandes como sea posible y dándoles forma a las partes metálicas de modo que se opriman contra las patas de la clavija. Los contactos metálicos se fabrican de aleaciones que conserven su forma y su efecto de muelle durante mucho tiempo. El contacto accidental con las partes que llevan corriente se evita al hacer que esas partes queden incrustadas en material no conductor. Por supuesto, si se empuja cualquier objeto hecho de material conductor en las ranuras de un receptáculo, puede sobrevenir un choque o un incendio. Existen diversos tipos de tapas y cerraduras para las ranuras con el fin de evitar que suceda esto (Fig. 2.2.5)

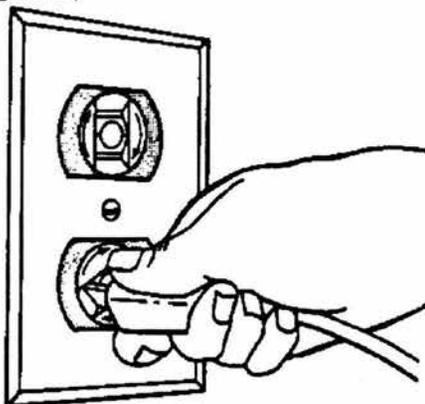


Fig. 2.2.5 Contacto cubierto.

Una ranura con forma de U proporciona una conexión para poner a tierra el equipo (Fig. 2.2.6), la cual conecta una de las patas de la clavija que se introduce con un tornillo de color verde que se localiza en la parte inferior del contacto. Cuando el contacto se instala en una caja, el conductor de conexión a tierra, desnudo o con aislamiento verde, se conecta por medio de un puente al tornillo de color verde. Si el circuito de puesta a tierra se instaló apropiadamente en todo el sistema eléctrico, todas las ranuras con forma de U suministrarán una firme conexión a tierra para cualquier dispositivo que se enchufe en ellas. Como una característica adicional de seguridad, la pata de conexión a tierra de las clavijas es ligeramente más larga que las de conexión a la energía eléctrica (Fig. 2.2.7). Esto significa que, al introducir la clavija, se hace primero la conexión a tierra. También al sacar la clavija, se mantiene la conexión a tierra hasta que se desconecta la energía.

La capacidad nominal del contacto no sólo cubre el voltaje y el amperaje, sino también lista los polos y alambres. El número de polos es el número de conductores normalmente con corriente que se conectan al contacto. El número de alambres es la suma de los polos más un alambre de puesta a tierra. Si el número de polos y de alambres es el mismo, no se considera ranura para puesta a tierra.

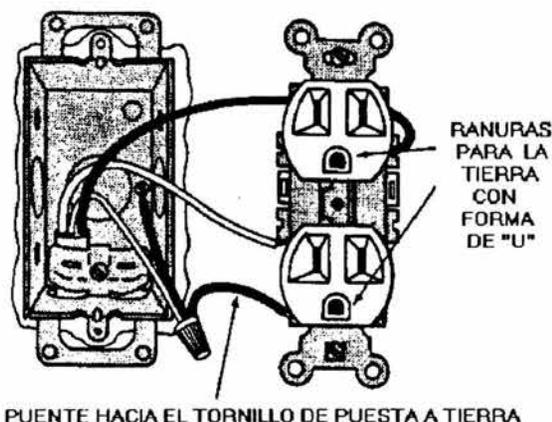


Fig. 2.2.6 Alambrado de un contacto dúplex estándar.

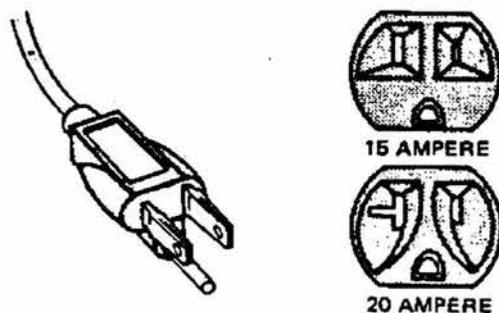


Fig. 2.2.7 Clavija de tres patas.

Los apagadores y contactos vienen marcados por los fabricantes respecto a la corriente y voltaje máximos a los que se deben usar.⁶

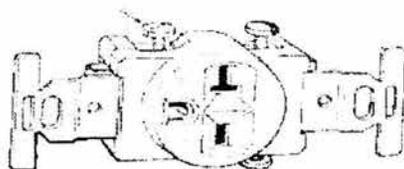
Los contactos se usan para enchufar (conectar) por medio de clavijas dispositivos portátiles, tales como: lámparas, taladros portátiles, radios, televisores, tostadores, licuadoras, lavadoras, batidoras, secadoras de pelo, rasuradoras eléctricas, etc.

Estos contactos deben ser para una capacidad nominal no menor de 15 amperes para 125 volts y no menor de 10 amperes para 250 volts. Los contactos deben ser de tal tipo que no se puedan usar como portalámparas.

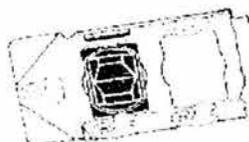
Los contactos pueden ser sencillos o dobles, del tipo polarizado (para conexión a tierra) y a prueba de agua. En los casos más comunes vienen sencillos pero se pueden instalar en cajas combinadas con apagadores.

⁶ Joseph H. Foley. Fundamentos de Instalaciones Eléctricas. Editorial Mc Graw-Hill, Septiembre de 1995. Páginas de la 155 a la 161.

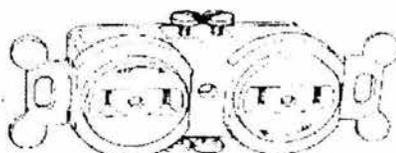
Los contactos se localizan aproximadamente de 70 a 80 cm con respecto al nivel del piso (considerando como piso terminado). En casos de cocinas de casas habitación, así como en baños, es común instalar los contactos en la misma caja que los apagadores, por lo que la altura de instalación queda determinada por los apagadores, es decir, entre 1.20 y 1.35 m sobre el nivel del piso.



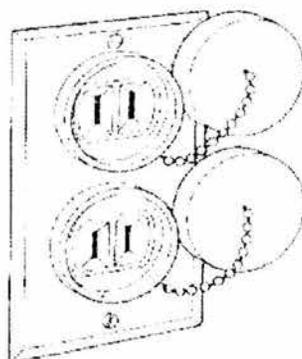
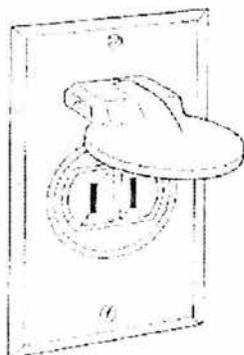
CONTACTO SENCILLO CON TORNILLO DE CONEXIÓN A TIERRA



CONTACTO MONTADO EN TAPA DOBLE



CONTACTO DOBLE CON TIERRA CON CONEXIÓN A TIERRA



CONTACTOS A PRUBA DE AGUA

Fig. 2.2.8 Accesorios para instalaciones eléctricas.

Contactos en piso. Los contactos que se instalen en pisos, deben estar contenidos en cajas espacialmente construidas para cumplir con el propósito, a excepción de los contactos que estén localizados en pisos elevados de apagadores o sitios similares que no estén expuestos a daño mecánico, humedad o polvo, en cuyo caso se pueden usar contactos con caja de instalación normal.

Contactos en lugares húmedos o mojados.

- a).- Los contactos que se instalan en lugares húmedos, deben ser del tipo adecuado, dependiendo de las condiciones de cada caso.
- b).- Lugares mojados. Estos contactos se denominan a prueba de intemperie.

Uso de dispositivos intercambiables. Los dispositivos intercambiables permiten flexibilidad en las instalaciones eléctricas. Se pueden instalar dos o tres dispositivos en una caja de salida estándar y montados en la placa de pared. El dispositivo puede contener un contacto, apagador y una lámpara piloto, pero en realidad se puede tener cualquier combinación u orden de estos dispositivos.

Contactos, clavijas y adaptadores del tipo de puesta a tierra. En los contactos o clavijas, así como los adaptadores denominados de puesta a tierra, se recomienda que la terminal de conexión a tierra se identifique por medio de color verde y que en ningún caso se use para otro propósito que no sea el de conexión a tierra.

Probablemente el tipo más común de portalámpara usada en las instalaciones eléctricas de casa habitación sea el conocido como "socket", construido de casquillo de lámina delgada de bronce en forma roscada para alojar al casquillo de los focos o lámparas.

La forma roscada se encuentra contenida en un elemento aislante de baquelita o porcelana y el conjunto es lo que constituye el portalámpara.

Existen diferentes tipos de portalámparas, dependiendo de las aplicaciones que se tengan, incluyendo a los denominados portalámparas ornamentales usados en casa habitación, oficinas o centros comerciales con propósitos de adorno.⁷

A continuación se mencionara algunas características que se deben tomarse en cuenta para elegir los receptáculos.

Aplicaciones: Instalaciones industriales, instituciones, servicios públicos, laboratorios, oficinas, hospitales, instalaciones de emergencia, instalaciones normales, prisiones y comercios.

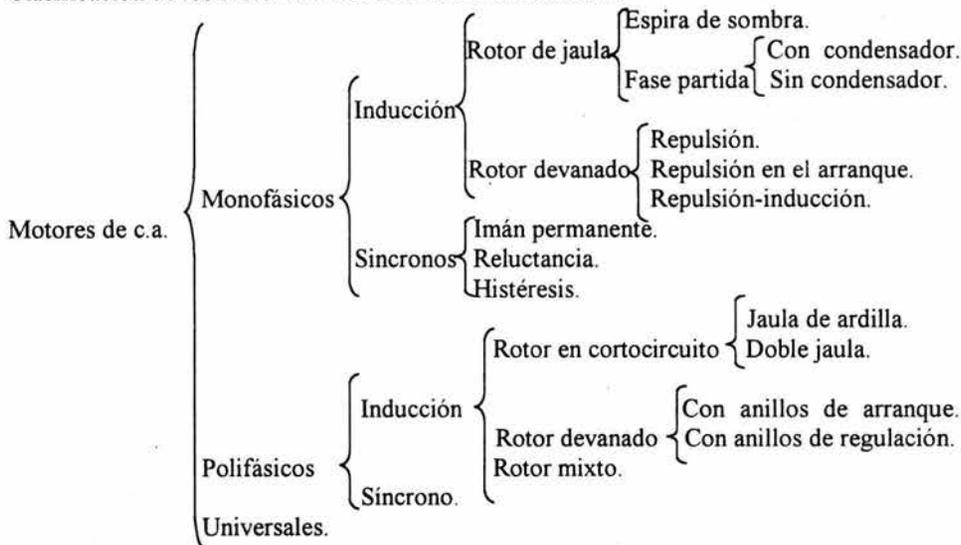
Características de los receptáculos: Como son corriente, voltaje, y sus beneficios que estos tienen al instalarse en algún lugar específico como puede ser ala intemperie, en lugares húmedos, etc.

Aprobación y clasificación de los receptáculos. En cargados de la certificación en nuestro país. Como es la Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico (NEMA).

⁷ Gilberto Enriquez Harper. El ABC del Alumbrado y las Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión, 2ª Edición. Editorial LIMUSA (Noriega Editores) 2001, Páginas de la 75 a la 89.

2.3 .- MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA.

Clasificación de los motores eléctricos de corriente alterna:



Los motores eléctricos son máquinas utilizadas en transformar energía eléctrica en mecánica. Son los motores utilizados en la industria, pues combinan las ventajas del uso de la energía eléctrica (bajo, costo, facilidad de transporte, limpieza y simplicidad de la puesta en marcha, etc.) con una construcción relativamente simple, costo reducido y buena adaptación a los más diversos tipos de carga.

De acuerdo a la fuente de tensión que alimente al motor, podemos realizar la siguiente clasificación:

- Motores de corriente directa (CD).
- Motores de corriente alterna (CA).
- Otros motores.⁸

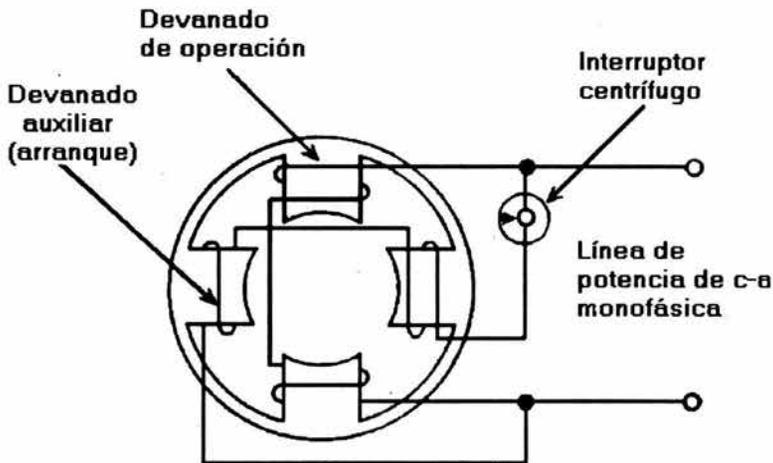
Motores eléctricos de corriente alterna.

División de fase. Como la potencia comercial que ordinariamente llega a los hogares es c-a monofásica, debe contarse con algún medio, ya sea en el circuito eléctrico del hogar o en el motor, para obtener dos fases provenientes de la potencia monofásica original, si se desea usar para poner en marcha y hacer que funcione un motor de c-a. El proceso de obtener dos fases en una se conoce como división de fase. Generalmente el medio para dividir c-a monofásica en dos fases se encuentra dentro del circuito del estator del motor de c-a. Una vez que se ha dividido apropiadamente la fase, se pueden usar las dos fases obtenidas para originar el campo magnético rotatorio.

⁸ www.alek.pucp.edu.pe/cursos/pregrado/iee215/introduccion/introduccion.htm

Un medio para dividir la fase es un devanado auxiliar especial montado en el estator que se llama devanado de arranque, para diferenciarlo del devanado de funcionamiento real del estator. En la mayor parte de los motores de c-a de fase dividida, el devanado de arranque sirve sólo para poner en marcha el motor. Tiene una alta resistencia y una baja reactancia inductiva, en tanto que el devanado de operación tiene baja resistencia inductiva, en tanto que el devanado de operación tiene baja resistencia y alta reactancia; Los dos devanados tienen características eléctricas diferentes. Cuando se empieza a aplicar potencia, ambos devanados se energizan. Debido a sus diferentes reactancias inductivas, el devanado de operación tiene una corriente que está atrasada con respecto a la corriente del devanado de arranque, dando origen a una diferencia de fase entre una y otra. Idealmente, la diferencia de fase debiera ser de 90° pero en los motores prácticos, es mucho menor. Sin embargo, los devanados producen campos desfasados.

Esto origina un campo magnético o rotatorio en el estator, que aplica par al rotor, poniendo en marcha al motor. Una vez que el motor ha alcanzado aproximadamente el 80% de su velocidad normal de funcionamiento, el rotor sigue las alternaciones del campo magnético originadas por el devanado de funcionamiento. Para reducir al mínimo las pérdidas de energía, el devanado de arranque se desconecta del circuito por medio de un mecanismo llamado interruptor centrífugo, debido a que funciona por la fuerza centrífuga originada por las revoluciones del rotor. La dirección de un campo rotatorio de fase dividida puede cambiarse, invirtiendo las conexiones al devanado de arranque, lo cual invierte la dirección inicial del desplazamiento de fase; esto significa que el campo magnético general gira en la dirección opuesta.



Puede crearse un campo magnético rotatorio en el estator con potencia c-a monofásica, por división de fase

Fig. 2.3.1 La división de fases se puede lograr por medio de un devanado auxiliar de arranque construido en el estator. El devanado de arranque tiene una inductancia mucho menor que el devanado de operación por lo que da menos desplazamiento de fase a la corriente de c-a aplicada a él de manera que esta fuera de fase con respecto a la corriente principal que se aplica al devanado de operación. Sus campos magnéticos pues, también están fuera de fase de manera que crean virtualmente un campo rotatorio.

Arranque activado por capacitor. Se puede obtener un desplazamiento de fase más cercano a los 90 grados ideales si se utiliza un sistema de arranque por capacitor para originar un campo rotatorio en el estator. Este sistema es una modificación del sistema de fase dividida; un capacitor de arranque de alto valor se conecta en serie con el devanado de arranque del estator para obtener un desplazamiento de fase de aproximadamente 90 grados para la corriente de arranque. Como resultado, el par de arranque que resulta, aumenta considerablemente en relación con el sistema común de fase dividida.

El devanado de arranque del estator con arranque por capacitor suele tener una resistencia más baja y un número de vueltas mayores que el tipo común de fase dividida, de manera que es más eficiente. En algunos motores de capacitor, el devanado de arranque con capacitor queda conectado en el circuito aun después del arranque, para obtener un mejor funcionamiento del motor. Sin embargo, en la mayor parte de los motores comunes, el capacitor y el devanado de arranque se desconectan del circuito por medio de un interruptor centrífugo, como en el caso de un motor común de fase dividida. Un método sencillo para invertir la dirección de la rotación de un motor de capacitor es el mismo que se aplicó en el caso del motor de fase dividida; es decir, invertir las conexiones a las puntas del devanado de arranque.

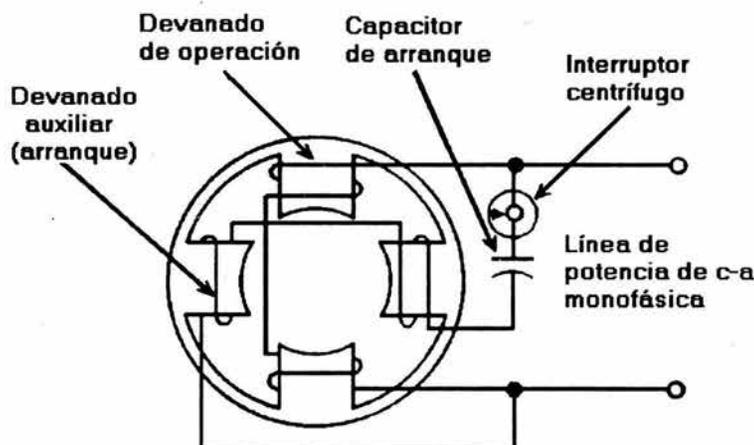


Fig. 2.3.2 En el motor de arranque por capacitor, el desplazamiento de fase entre los devanados de funcionamiento y de arranque se aproxima al ideal de 90° debido a la acción del desplazamiento de fase del capacitor.

Aunque se usan muchas variedades de interruptores centrífugos para controlar la conexión del devanado de arranque y capacitor de arranque, todos constan de dos partes básicas; un brazo de interruptor y un contacto de interruptor. Parte del interruptor centrífugo está montado sobre el rotor del motor, o el eje del rotor. La disposición y el tipo de brazo y contactos específicos usados dependen de la aplicación de que se trate.

Al brazo del interruptor generalmente se le aplica una carga o peso de alguna manera y está dispuesto de modo que normalmente los contactos del interruptor se mantienen cerrados debido a la tensión de un resorte. Esto significa que, antes del arranque, el devanado de arranque y el capacitor de arranque siempre están conectados.

Al adquirir velocidad el motor, después del arranque, la fuerza centrífuga empuja el brazo contrapesado que a su vez vence la tensión del resorte y abre los contactos del interruptor para desconectar al devanado de arranque y el capacitor. Mientras el motor funciona, el interruptor permanece en la posición abierta; cuando se para el motor, los resortes hacen que el interruptor centrífugo vuelva a su posición original de arranque, reconectando al devanado de arranque y al capacitor.

La siguiente figura representa dos tipos de interruptores de arranque centrífugo. De los dos, el cónico es el más común en el motor de los aparatos domésticos. En cambio, el esférico se usa más en motores industriales grandes.

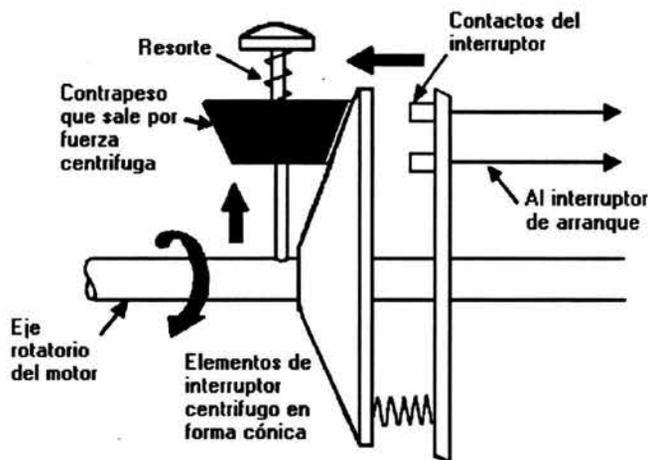
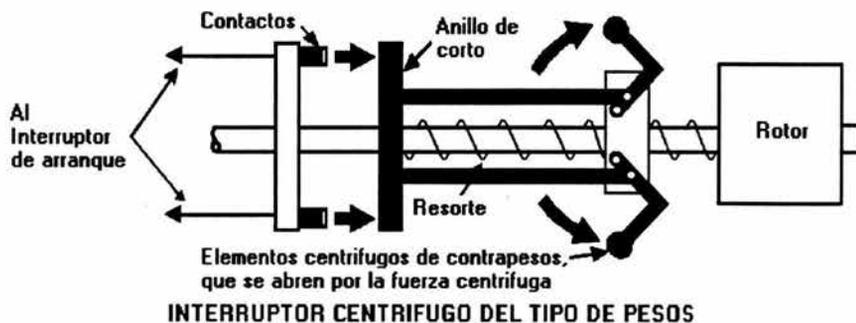


Fig. 2.3.3 Los interruptores centrífugos generalmente tienen contactos normalmente cerrados y se operan por la acción rotatoria del motor. La fuerza centrífuga hace que los elementos de operación se desplacen radialmente hasta que los contactos del interruptor se abren. Los contactos permanecen abiertos hasta que el motor ha reducido considerablemente su velocidad o se para totalmente.

Espira de sombra. Otra forma de producir el efecto de un campo magnético rotatorio es dividir cada polo del estator de un motor monofásico simple de c-a en dos secciones, una de ellas rodeada con un conductor grueso de conexión en corto, por ejemplo una espira anular de cobre conectada en corto. Esta disposición de bobina de sombra, desplaza al eje de los polos sombreados del eje de los polos principales. Cuando se aplica potencia al estator, el flujo en la parte principal del polo induce un voltaje en la bobina de sombra, que actúa como devanado secundario de un transformador.

Como la corriente en el devanado secundario de un transformador está defasada con respecto a la corriente del devanado primario, la corriente en la bobina de sombra está defasada con respecto a la corriente del devanado del campo principal. Así pues, el flujo del polo de sombra está defasado con respecto al flujo de polo principal. Por lo tanto, en un instante dado, el flujo de campo pasará entre las secciones del polo principal y luego entre las secciones del sombreado. En otro instante, el flujo entre los polos interactuará para producir un campo distorsionado que siga un patrón rotatorio. Como el campo no sigue una rotación suave de 360 grados generalmente se usan polos envolventes para hacer más efectivo el patrón de flujo cambiante.

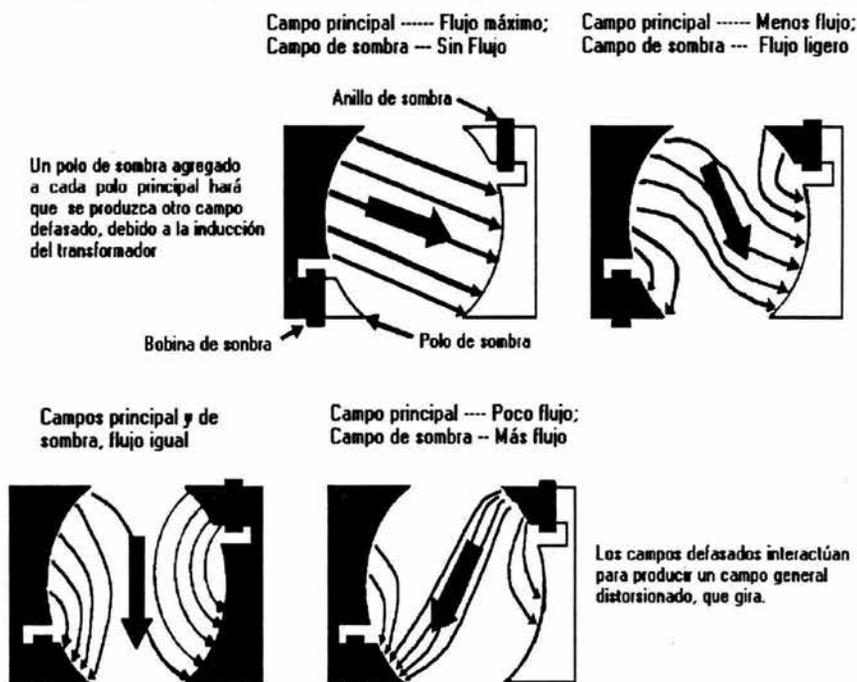


Fig. 2.3.4 Las cuatro partes de esta ilustración muestran sólo aproximadamente la mitad del ciclo de entrada de c-a.

Los motores de polos de sombra se pueden construir de modo que giren en el mismo sentido que las manecillas del reloj o en sentido contrario. Eso se controla por la posición de la bobina de sombreado. Además, estos motores se pueden construir para que sean reversibles, poniendo en cada pieza polar un par de bobinas de sombra. Una u otra del par se conecta por medio de un interruptor externo, para determinar la dirección de rotación.

Repulsión. Aunque parecido a los motores tanto de inducción como de c-c, el motor de repulsión funciona en forma sui generis, por principio de repulsión magnética. Para simplificar la explicación de este principio, en la figura aparecen polos salientes (que se proyectan hacia fuera). En A, con el eje de escobillas alineado con los polos, el estator induce corrientes iguales y opuestas en las dos mitades de los devanados del rotor. El efecto neto anula el par y el motor no funciona.

Si el eje de escobillas se coloca perpendicularmente a los polos, como en B, los voltajes inducidos en el rotor se neutralizan, y como no se produce voltaje en las escobillas, no hay corriente de armadura y, en consecuencia, no hay par. Sin embargo, si las escobillas se encuentran en cualquier punto entre la posición de A y B, como en C, existirá un voltaje resultante y habrá corriente en la armadura, originando un campo que produce polos similares entre el rotor y el estator. Esto produce una fuerza de repulsión magnética (par) que hace girar al rotor en dirección del desplazamiento de las escobillas.

Las características de funcionamiento del motor de repulsión son muy parecidas a las de un motor de serie de c-c. Tiene un alto par de arranque y puede funcionar a velocidades relativamente altas bajo cargas ligeras. Para producir la inversión, se desplaza la posición de las escobillas al lado opuesto del plano neutro, como en D. El motor de repulsión siempre gira en la misma dirección en que se desplazan las escobillas con respecto al plano neutro.

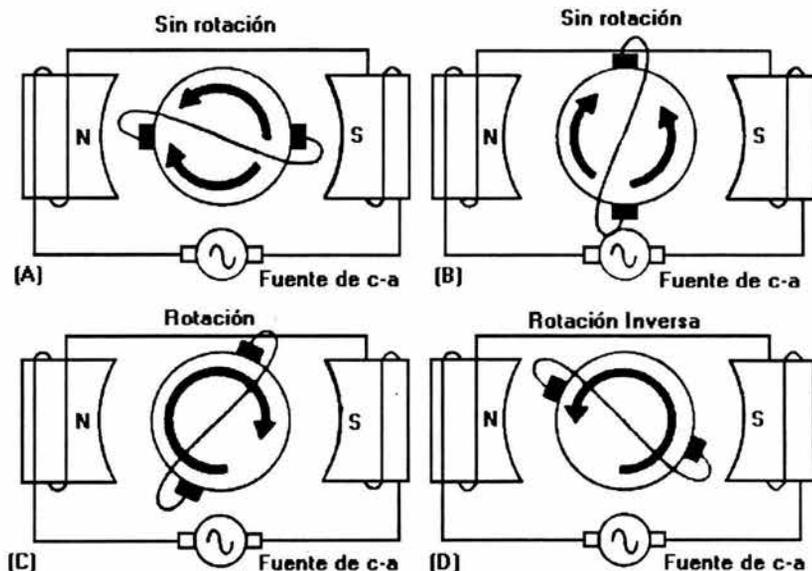


Fig. 2.3.5 Principio de un motor de repulsión.

Repulsión en el arranque. El motor de inducción de arranque por repulsión se pone a funcionar igual que un motor de repulsión ordinario, pero cuando se aproxima a la velocidad normal de funcionamiento se convierte y funciona como un motor de inducción monofásico con rotor devanado. La conversión tiene lugar cuando un dispositivo especial que funciona centrífugamente y llamado conector en corto, hace contacto con la carga interna del conmutador. El conector en corto es un anillo conductor que une los segmentos del conmutador, y así, desvía todo el flujo de corriente de las escobillas. En este punto, se origina un sistema ordinario de campo magnético rotatorio y el rotor gira según esta acción.

Al aumentar la velocidad los contrapesos se abren

Al abrirse los contrapesos, operan vástagos y aplican el mecanismo de operación en corto al conmutador

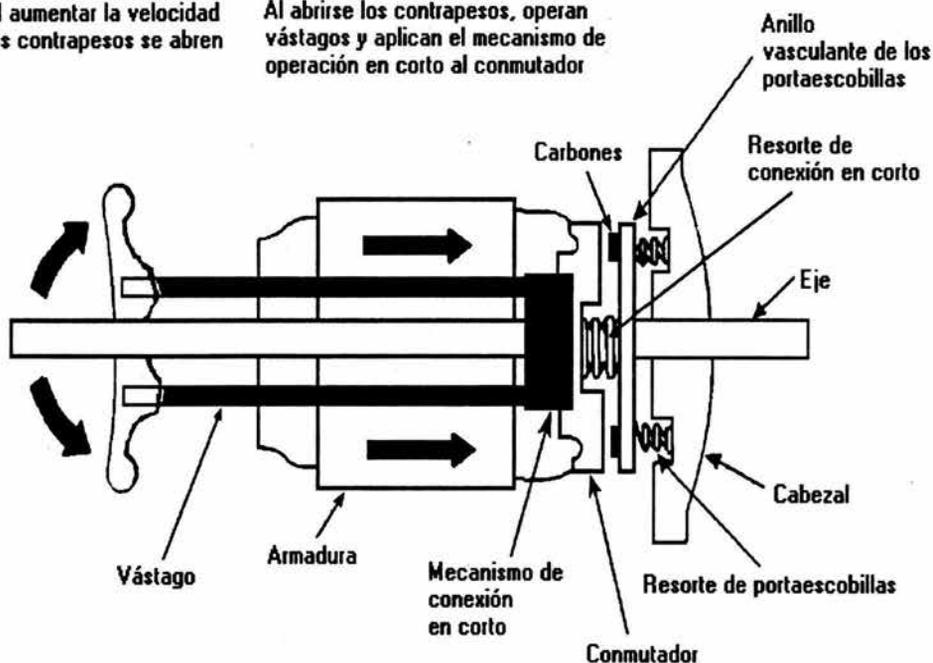


Fig. 2.3.6 La disposición es similar a la que se usa para operar el interruptor centrífugo del motor de inducción de arranque por capacitor.

Existen dos clases de motores de inducción de arranque por repulsión: el tipo de escobillas conectadas y el de escobillas desconectadas. En el tipo de escobillas conectadas, éstas se mantienen en contacto con el conmutador aun después de que se ha activado el dispositivo de conexión en corto y el motor funciona como si fuera de inducción. En el tipo de escobillas desconectadas, un mecanismo en el motor levanta las escobillas del conmutador cuando se activa la conexión en corto circuito. Esta acción evita que se desgasten las escobillas y el conmutador cuando el motor funciona como motor normal de inducción.

Repulsión-inducción. El motor repulsión-inducción es único ya que su rotor combina una disposición de jaula de ardilla y un devanado de tambor con un conmutador y escobillas en corto circuito. Cuando se aplica potencia monofásica de c-a, el devanado de tambor produce el par de arranque por repulsión magnética. Al girar la armadura, también se produce par en el devanado de jaula de ardilla. El par se suma al producido por repulsión.

Como resultado, sin carga, la velocidad a que funciona es ligeramente superior a la velocidad sincrónica, debido al efecto del devanado de repulsión, en tanto que a plena carga, su velocidad es ligeramente inferior a la sincrónica, igual que en el motor de inducción.

Conviene hacer notar que ambos devanados siempre están funcionando cuando gira la armadura. El motor de repulsión-inducción no tiene mecanismo de corto circuito o para desconectar escobillas.

El motor repulsión-inducción puede invertirse cambiando la posición de las escobillas con respecto al plano neutro, como en el caso del motor sencillo de repulsión.

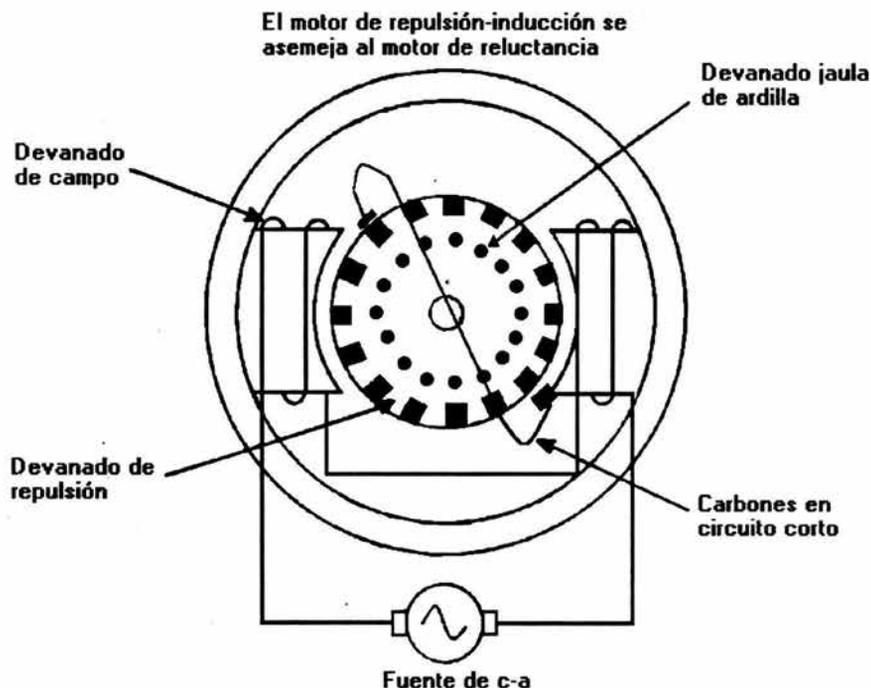


Fig. 2.3.7 El motor de repulsión-inducción muestra un rotor de jaula de ardilla que actúa como tambor para la armadura devanada. A este respecto, se asemeja al motor de reluctancia. El motor de repulsión-inducción muestra también un conmutador y carbones en corto, que lo hacen diferente del motor de reluctancia.⁹

⁹ Harry Mileaf. Electricidad Siete. Decimotercera reimpresión. Editorial Limusa (Noriega Editores) 1999. Páginas de la 7-96 a la 7-99 y de 7-133 a la 135.

Imán permanente. Una variante interesante del motor de corriente continua es aquella en que el campo está creado por imanes permanentes, y no por arrollamientos. Este es el caso, por ejemplo, de los motores de avance y de posicionado de máquinas operadoras. La siguiente figura muestra un ejemplo de este motor.

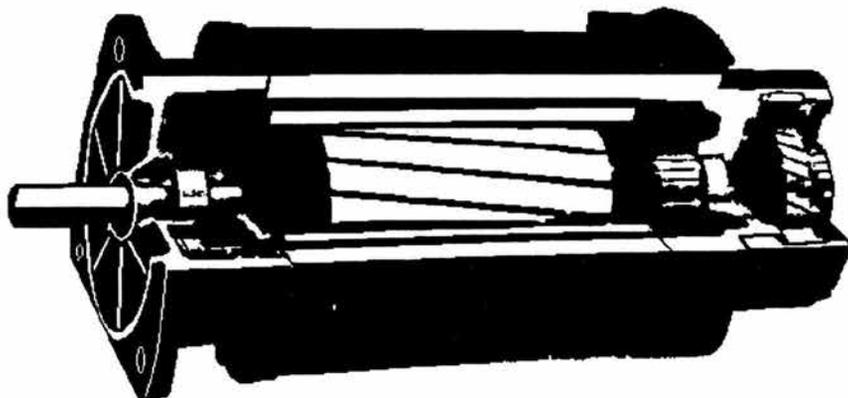


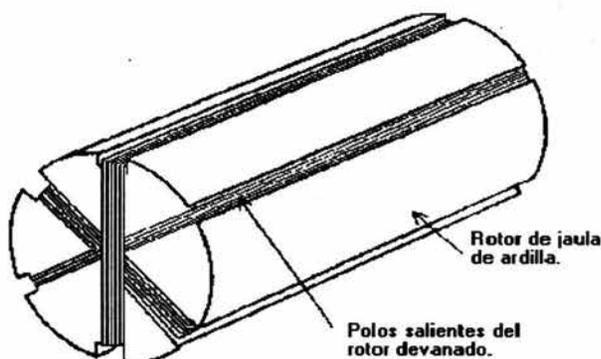
Fig. 2.3.8 Motor de CC de imanes permanentes.

El material utilizado en la fabricación de los imanes es de una mezcla muy especial, a fin de garantizar que las propiedades magnéticas del imán no degeneran.¹⁰

Reluctancia. El motor de reluctancia es un motor síncrono de potencia fraccionaria que tiene un tipo especial de rotor magnético de jaula de ardilla. En el motor de reluctancia, se hacen ranuras especiales en un rotor de jaula de ardilla, que por lo demás, es del tipo común. Estas ranuras sirven entonces para devanar polos salientes de hierro dulce que corresponden al número de polos en el estator. En cierto modo, esta disposición es inversa a la de un rotor devanado con una jaula de ardilla que sirve como devanado amortiguador de marcha, encima.

El motor de reluctancia se pone en marcha del mismo modo que un motor de inducción de jaula de ardilla. Al alcanzar la velocidad sincrónica el motor de reluctancia, los polos de hierro dulce del rotor se deslizan cada vez menos. En algún momento del funcionamiento, la diferencia relativa de velocidad entre el campo magnético rotatorio y el rotor es suficientemente baja para hacer que los polos del rotor sean magnetizados por los polos del estator. Luego, el rotor se une con el campo rotatorio. En este punto, el rotor tiende a funcionar como un motor síncrono a velocidad sincrónica.

¹⁰ Dr. Orlando Silvio Lobosco y José Luiz Pereira de Costa Dias. Selección y Aplicación de Motores Eléctricos. Tomo 1, Páginas de la 146 a la 147.



El rotor del motor de reluctancia es el opuesto del rotor devanado con un devanado amortiguador.

Consiste de un rotor de jaula de ardilla, polos de hierro dulce especiales, sobrepuestos. el motor arranca como motor de inducción y, finalmente, funciona como motor síncrono.

Cuando el rotor adquiere velocidad, las barras de reluctancia de hierro dulce se magnetizan por los polos de campo y el rotor se fija en sincronismo con el campo rotatorio. Puesto que no hay deslizamiento, las barras de la jaula de ardilla no trabajan.

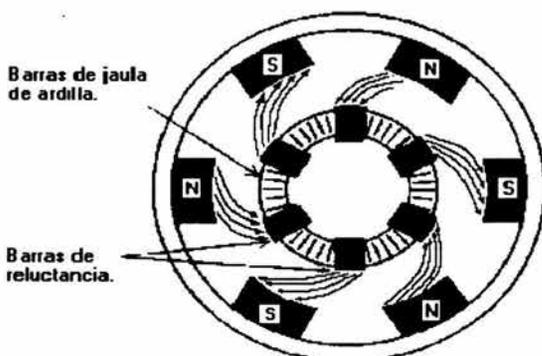


Fig. 2.3.9 El rotor del motor de reluctancia es el opuesto del rotor devanado con un devanado amortiguador.

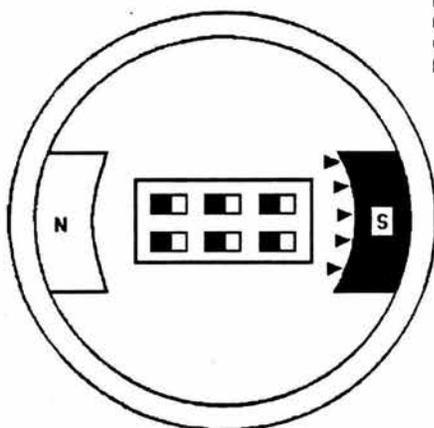
Histéresis: el motor de histéresis es una forma especial de motor síncrono donde las propiedades magnéticas del material usado en el rotor sirven para producir un gran par y lograr acción síncrona sin necesidad de una excitación externa de c-c.

Se recordará que, cuando una barra de hierro se coloca en un campo magnético, las moléculas del hierro, se disponen en una forma ordenada. Al hacerlo, la barra de hierro se convierte en un imán. El polo norte de la barra señala hacia el polo sur del campo y el polo sur señala hacia el polo norte del campo.

Si se hace que esta barra gire en el campo en el mismo sentido que las manecillas del reloj, cada molécula de la barra permanece en su posición original, alineada con el campo magnético externo. En otras palabras, las moléculas mismas han girado en sentido inverso al de las manecillas del reloj con respecto a la posición física de la barra. Este cambio de la posición de las moléculas respecto a la posición de la barra consume potencia.

Se dice que este uso de potencia se debe a efecto de histéresis y de ahí procede el nombre de motor de histéresis. En el motor de histéresis, la gran cantidad de potencia consumida en el rotor debida a pérdidas de histéresis, proporciona una cantidad considerable de par efectivo para que funcione el motor.

Las pérdidas por histéresis ocurren cuando las moléculas de una barra de hierro permanecen alineadas en un campo magnético externo después de que se ha cambiado la posición de la barra en el campo



Estas pérdidas se consumen como potencia por el rotor para suministrar par

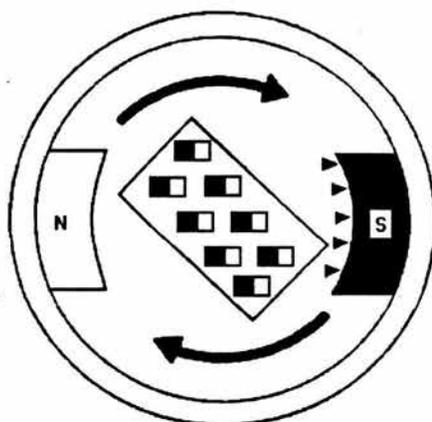
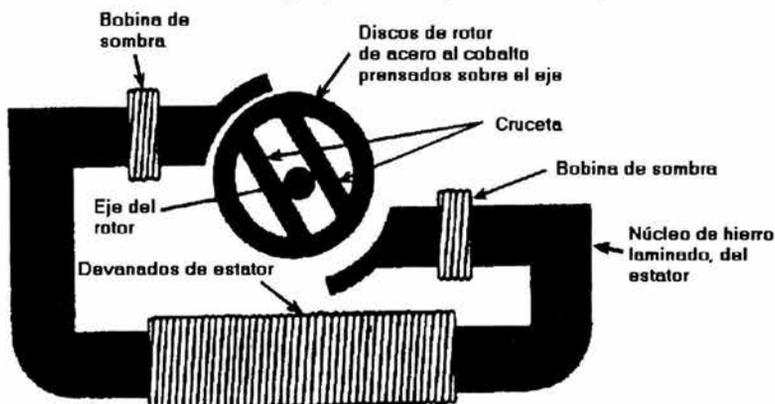


Fig. 2.3.10 Comportamiento de un motor de histéresis.

Un motor de histéresis típico tiene un rotor de acero al cobalto. Este material tiene una buena retentividad magnética y es muy permeable a un campo magnético. El rotor se compone de varios discos planos de acero al cobalto montados en un eje. El conjunto del rotor está montado entre dos polos de sombra del estator, hechos de hierro laminado. El efecto del campo magnético producido por los polos de sombra induce una corriente en el circuito del rotor que pone en marcha al motor como motor de inducción. Sin embargo, cuando el motor gana velocidad, ocurren pérdidas por histéresis relativamente elevadas en el rotor del disco, dando origen a un par mayor que el que puede obtenerse en un motor común. Existe una trayectoria de mínima reluctancia a lo largo del eje de las dos crucetas del rotor.

El flujo de corriente inducida en el rotor hace así que se produzcan polos magnéticos permanentes a lo largo del eje de la cruceta. Debido a que el acero al cobalto es retentivo, los polos se mantienen por medio de los efectos del magnetismo residual. Los polos formados de esta manera, se fijan entonces en sincronismo con el campo rotatorio y el motor funciona como si fuera síncrono. El sistema del rotor continúa consumiendo potencia en la forma de pérdidas por histéresis y prevalece el elevado par producido. Este tipo de motor puede mantener velocidad constante muy efectivamente, aun con cambios irregulares en la carga.

Los motores de histéresis son muy conocidos por su aplicación en fonógrafos de alta fidelidad y mecanismos de cintas grabadoras donde es importante una velocidad constante. También se usan en motores de relojes y en otros aparatos de tiempo.



Las pérdidas por histéresis representan consumo de potencia. En el motor de histéresis, se aprovecha este principio. Las pérdidas por histéresis en el rotor de un motor de histéresis hacen que se produzca un par muy elevado

Fig. 2.3.11 El motor de histéresis arranca como motor de inducción de polo de sombra y funciona como motor síncrono.⁹

Jaula de ardilla. El motor con rotor de jaula de ardilla es el más sencillo de los de inducción y el de utilización más general. El núcleo del rotor o inducido, como los inducidos de corriente continua, se suele construir con chapas estampadas con sus ranuras. El devanado se construye con barras de cobre o de aleación, colocadas en las ranuras, o con aluminio moldeado a presión. En el devanado de barras, los extremos de éstas se conectan unos con otros por medio de anillos conductores, denominados anillos externos. Las barras se suelen soldar eléctricamente o a la autógena a los anillos externos. Antes se empleaba la soldadura, pero su fusión daba origen a perturbaciones considerables y la fuerza centrífuga la expulsaba de las juntas. Las ranuras del rotor y del estator suelen hacerse oblicuas para reducir al mínimo la acción de los dientes. Las barras del rotor están en posición oblicua.

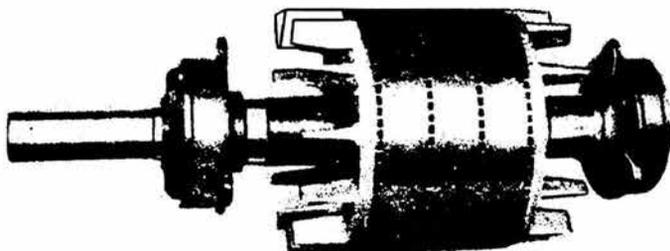


Fig. 2.3.12 Rotor fundido, con su eje y cojinetes, para motor de inducción de 60 CV a 1150 r.p.m. y 60 periodos.

⁹ Harry Mileaf. Electricidad Siete. Decimotercera reimpresión. Editorial Limusa (Noriega Editores) 1999. Páginas de la 7-129 a la 7-131.

En los motores de potencia hasta 30 CV y aun mayores, se ha tomado la costumbre de hacer todo el devanado del rotor de aluminio moldeado a presión; las barras del rotor, los anillos externos y aun los ventiladores se hacen de una sola pieza colada. En estos rotores, las ranuras deben ser cerradas para retener el metal fundido. Si se emplean ranuras semicerradas, sus aberturas deben quedar cerradas durante la operación de moldeo. En el rotor fundido se dejan también conductos de ventilación. La construcción del rotor fundido se emplea en gran escala en las fábricas más adelantadas, porque se obtiene un rotor uniforme y muy resistente. Debido a la inversión de capital necesaria y a la menor producción, no suele ser económico utilizar este tipo de rotor en las máquinas grandes.¹¹

El rotor más simple y que se usa más en los motores de inducción es el llamado rotor de jaula de ardilla, al cual debe su nombre el motor de inducción de jaula de ardilla el rotor de jaula de ardilla. El rotor de jaula de ardilla consta de un núcleo de hierro laminado y ranurado longitudinalmente en toda su periferia. En estas ranuras se colocan conductores sólidos de cobre, aluminio u otro material, los cuales se ajustan a presión. En ambos extremos del rotor se observan anillos de corto circuito soldados o unidos a las barras para formar una estructura sólida. Las barras de corto circuito, debido a su muy baja resistencia respecto al núcleo, no necesitan estar especialmente aisladas de él.

En algunos rotores, las barras y anillos extremos están fundidos como una estructura integral única que se coloca en el núcleo. En realidad, los elementos en corto circuito constituyen espiras de corto circuito, por las cuales circulan altas corrientes producidas por el flujo del campo.

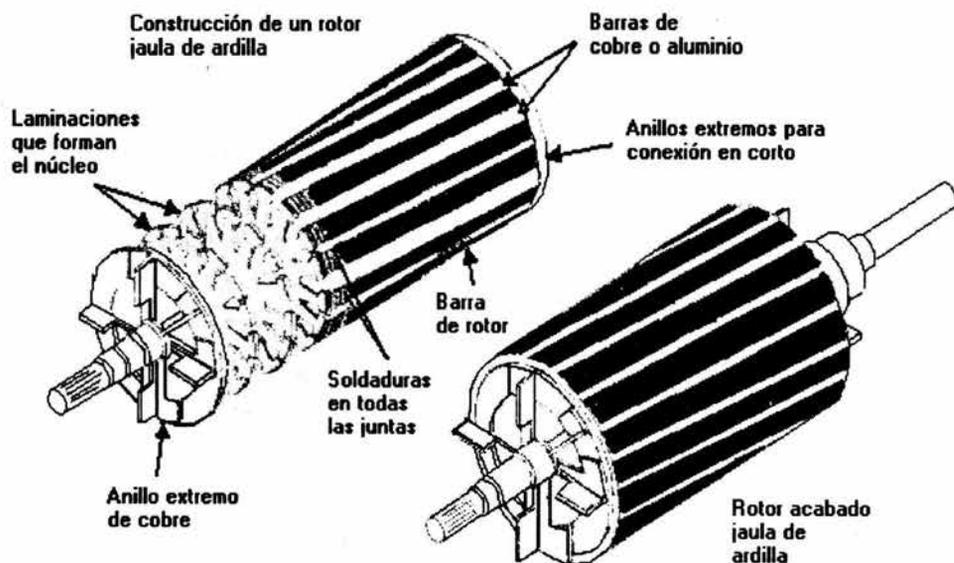


Fig. 2.3.13 El rotor jaula de ardilla usado en los motores de inducción c-a es extremadamente simple en construcción cuando se compara, por ejemplo, con la armadura de un motor de c-c, con todas sus disposiciones y complicaciones de devanado.

¹¹ Chester L. Dawes. Tratado de Electricidad Tomo 2. Undécima reimpresión. Ediciones G. Gili, S.A. de C.V. 1986. Páginas de la 333 a la 334.

En comparación con el rotor devanado complicado de motor síncrono la armadura del motor de c-c, el rotor de jaula de ardilla es relativamente sencillo. Es fácil de fabricar y prácticamente no ocasiona problemas de servicio.

En un motor de inducción jaula de ardilla ya armado, la periferia del rotor está separada del estator por un entrehierro muy pequeño. En efecto, la armadura del entrehierro no es mayor que lo necesario para permitir el movimiento del rotor. Con esto se asegura que se obtendrá la inducción electromagnética más intensa posible.⁹

Motor Asíncrono tipo Jaula de Ardilla. Fueron estos los primeros motores monofásicos usados en la industria y aun perduran. Se usan en maquinas, bombas, ventiladores, lavadoras y una gran cantidad de otras aplicaciones.

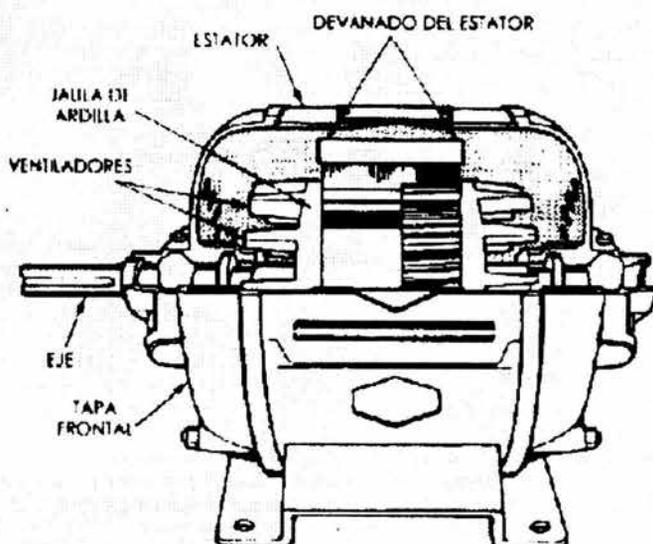


Fig. 2.3.14 Corte de un motor de jaula de ardilla.

Doble jaula de ardilla. La característica de un par de arranque deficiente para el motor de inducción ordinario de jaula de ardilla, lo cual se debe a su reactancia inductiva que es relativamente elevada en reposo, en comparación con su resistencia. Como los rotores se diseñan especialmente para que tengan determinadas propiedades de inductancia y resistencia, y no se las pueden cambiar para diferentes aplicaciones, el motor de jaula de ardilla ordinario se usa solamente para cargas que requieren par variable a velocidad aproximadamente constante y con alta eficiencia a plena carga.

Para obtener un alto par de arranque se necesita un rotor especial de alta resistencia, el cual tiene dos juegos de barras de rotor. Un juego de barras de baja resistencia está insertado en lo más profundo de las ranuras del núcleo. El segundo, de alta resistencia, también está insertado en las ranuras del núcleo, pero más cerca de la superficie del rotor. Al ponerse en marcha el motor, la mayor parte de la corriente fluye a través de las barras de alta

⁹ Harry Mileaf. Electricidad Siete. Decimotercera reimpresión. Editorial Limusa (Noriega Editores) 1999. Página 7-116.

resistencia, debido a que en ese momento la reactancia inducida de las barras de baja resistencia es más alta que la reactancia de las barras de alta resistencia. Como el factor de potencia es mejor en el circuito de alta resistencia, el par de arranque mejora con respecto al del motor ordinario. Cuando el motor alcanza la velocidad de funcionamiento, la mayor parte de la corriente circula en las barras más profundas, debido a que las reactancias inductivas se igualan y el valor óhmico es el único factor de control.

Cuando funciona sin carga, el motor de doble jaula de ardilla es indistinguible del motor ordinario de jaula de ardilla. Sin embargo cuando trabaja con cargas variables, la corriente se divide automáticamente entre los juegos de barras, en las proporciones adecuadas para producir la cantidad necesaria de par para la condición dada de la carga.

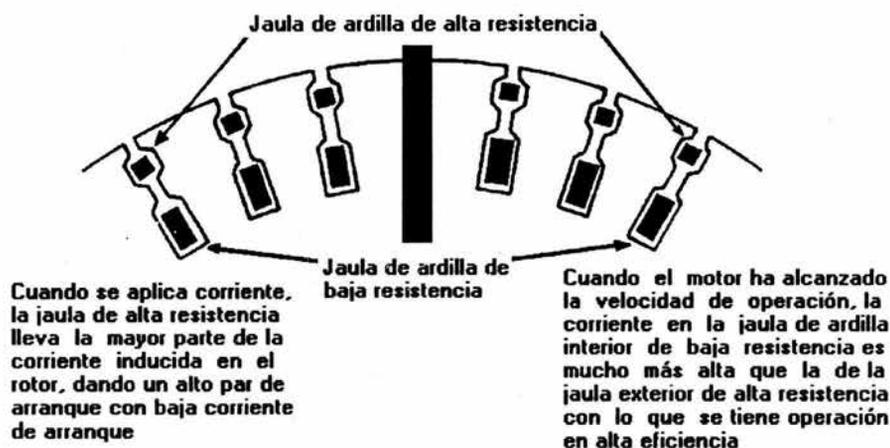


Fig. 2.3.15 El rotor de doble jaula de ardilla da el par de arranque más alto en comparación con el rotor de jaula de ardilla convencional. Las barras de alta resistencia de rotor hacen esto posible. Es difícil distinguir entre los rotores de jaula de ardilla, ya que las diferencias de construcción son internas.

Rotor devanado. En este caso, las corrientes se inducen en el devanado tal como ocurre cuando se trata de espiras conectadas en corto. Sin embargo, la ventaja de usar devanados es que las terminales de éstos pueden sacarse a través de anillos deslizantes, de manera que pueda controlarse la resistencia y, en consecuencia, la corriente que fluye en los devanados. El llamado rotor devanado en molde tiene la misma apariencia básica que la armadura devanada de un motor de c-c.

El motor de inducción de rotor devanado sólo tiene aplicaciones especiales y siempre funciona con potencia trifásica de c-a.

Las tres terminales de los devanados del rotor trifásicos salen hasta tres anillos deslizantes montados sobre el eje del rotor. Las escobillas que se deslizan en los anillos son importantes para obtener la máxima ventaja del motor de rotor devanado. Si las escobillas se conectan a través de reóstatos, es posible entonces producir un par de arranque más elevado de lo que es posible con motores de jaula de ardilla, ya sea sencilla o doble. Al momento de arrancar, toda la resistencia de los reóstatos está en contacto con el circuito del

rotor y, así se produce el máximo par factible, ya que se seleccionan valores de resistencia, iguales o mayores que la resistencia del rotor en reposo.

Al aproximarse el motor a la velocidad normal de funcionamiento, la resistencia del reóstato se reduce gradualmente hasta quedar totalmente desconectada del circuito a velocidad plena.

Aunque su par de arranque es mejor, no es tan eficiente como el de los motores de jaula de ardilla a plena velocidad, debido a la inherente resistencia del devanado del rotor, la cual siempre será mayor que la de un rotor de jaula de ardilla.

Una característica especial, es su capacidad de velocidad variable. Al variar la resistencia del reóstato, también es posible variar el porcentaje de deslizamiento y, en consecuencia, la velocidad del motor. En estos casos, el funcionamiento a velocidad inferior a la normal significa que el motor funciona con eficiencia y capacidad reducidas. Además, debido a la alta resistencia del rotor, es más fácil que varíe la velocidad del motor cuando haya cambios de carga.

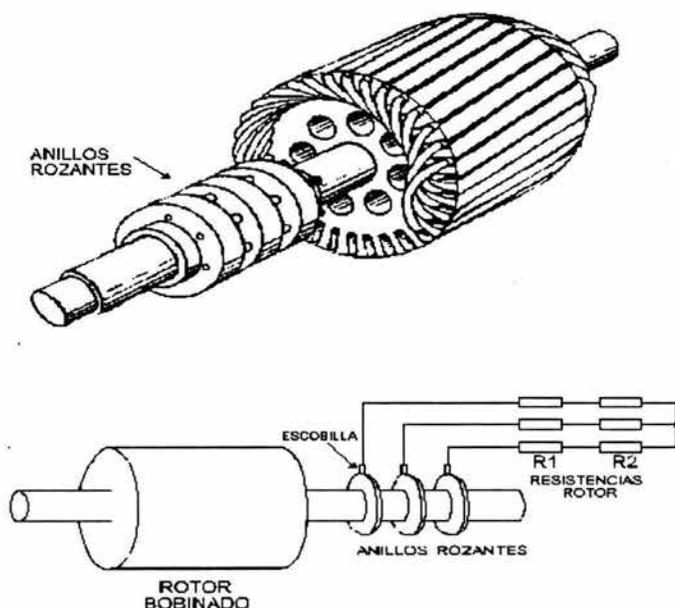


Fig. 2.3.16 El rotor devanado generalmente se usa en motores de inducción grandes que se operan de una fuente de c-a trifásica.

Los motores de inducción de rotor devanado son más costosos que los de rotor de jaula de ardilla y requieren mucho más mantenimiento debido al desgaste asociado a sus escobillas y sus anillos rozantes. Como resultado de ello, los motores de inducción de rotor devanado son poco utilizados.⁹

⁹ Harry Mileaf. Electricidad Siete. Decimotercera reimpresión. Editorial Limusa (Noriega Editores) 1999. Páginas de la 7-122 a la 7-124.

Con anillos de arranque. La intensidad tomada por el rotor al arrancar puede ser peligrosa. Por eso es necesario disponer de un reóstato en serie con el circuito del rotor. La puesta en marcha comprende dos maniobras: se cierra primero el interruptor de alimentación del estator y después se maniobra el arranque para eliminar progresivamente las resistencias insertas en el rotor. Cada arrollamiento del rotor está unido a la resistencia correspondiente del reóstato por un anillo fijado sobre el árbol del motor (Figs. 2.3.17, 2.3.18 y 2.3.19).

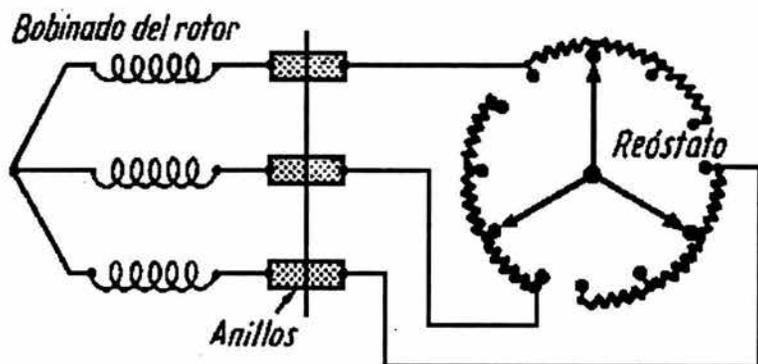


Fig. 2.3.17 Montaje del reóstato de arranque de un motor asincrónico trifásico con rotor bobinado en estrella.

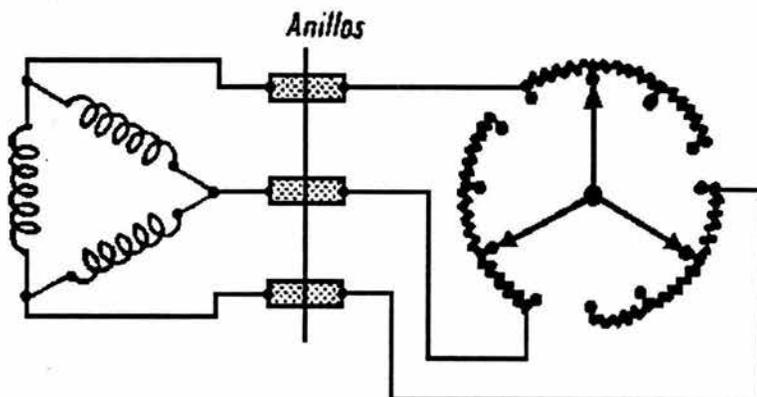


Fig. 2.3.18 Montaje del reóstato de arranque en un motor asincrónico trifásico con rotor bobinado en triángulo.

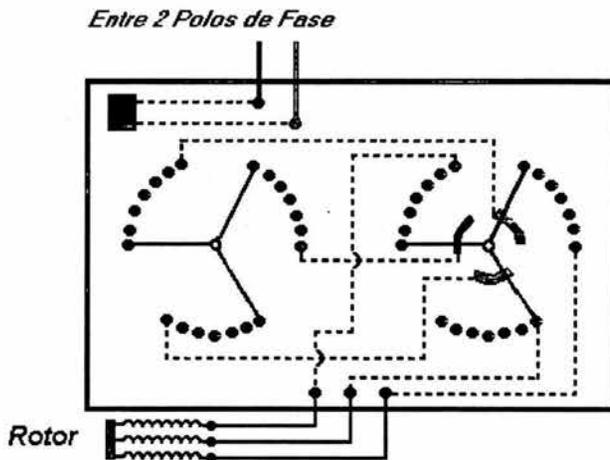


Fig. 2.3.19 Combinación de un arranador simple de mínima y un reductor de velocidad con polos aislados.

El arranque se efectúa en 2, 3 ó 4 tiempos, o más, según el caso, por eliminación de las resistencias intercaladas en el circuito del rotor, quedando siempre el estator a plena tensión. La punta de arranque y el par son regulables en función del número de tiempos. Este método de arranque es en realidad universal, porque permite adaptar el par durante el arranque y las puntas de intensidad según las necesidades de la instalación considerada.¹²

Motor universal. Los motores universales son pequeños motores con devanado en serie, que operan con voltaje de corriente directa (C.D.) o de alterna (C.A.), y se deben comportar de la misma manera. Se diseñan y construyen en tamaños de 3/4 de HP o menores. Los motores universales tipo fraccionario pueden ser de 1/150 HP o menores.

Los motores universales tienen prácticamente la misma construcción que los de C.D., ya que tienen un devanado de campo y una armadura con escobillas y conmutador. El conmutador mantiene a la armadura girando a través del campo magnético del devanado de campo. También cambia el flujo de corriente con relación al devanado de campo y la armadura, es decir, cumple con una función de empujar y jalar; esta acción está creada por los polos norte y sur de los devanados de campo y armadura.

El polo norte de los devanados de campo jala al polo sur de la armadura (espira) hacia el interior de la parte principal del campo magnético. El conmutador y las escobillas invierten el flujo de corriente a través de la armadura, creando un polo norte en la espira. El polo norte del devanado de campo repele entonces al polo norte de la armadura. Esta acción de empujar y jalar produce la acción de giro de la armadura a través del campo magnético del devanado de campo establecido de esta manera la operación del motor.

¹² E. Bonnafous Ingeniero E. S. M. E. Motores Eléctricos. Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona, 1968. Páginas de la 92 a la 94.

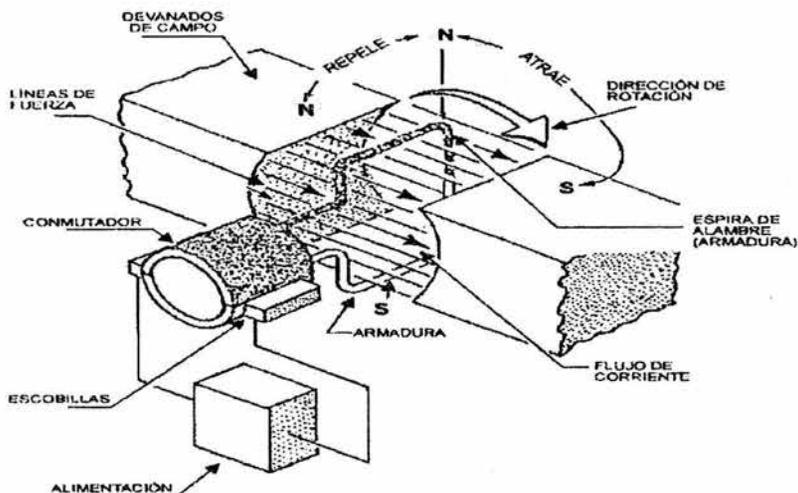


Fig. 2.3.20 Un motor universal tiene devanado de campo, un conmutador y la espira de alambre que representa la armadura.

Cuando el motor universal opera con C.A., la corriente cambia constantemente de dirección en los devanados de campo. Tanto el devanado de campo como el de armadura invierten la corriente simultáneamente, por lo tanto, el motor opera en forma similar a uno de inducción. Los devanados de campo y armadura se conectan en serie en los motores tipo universal.

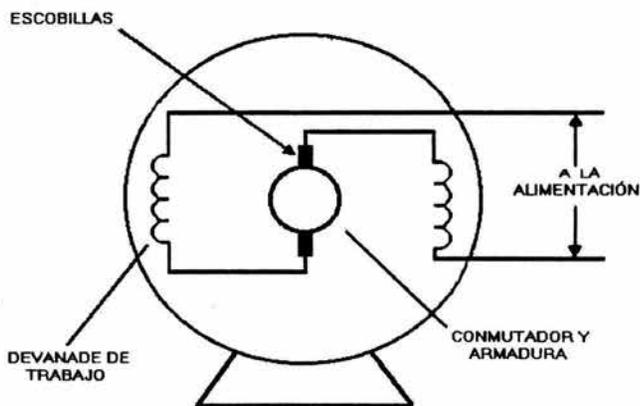


Fig. 2.3.21 Los devanados de campo y armadura se conectan en serie con las escobillas en el motor universal.

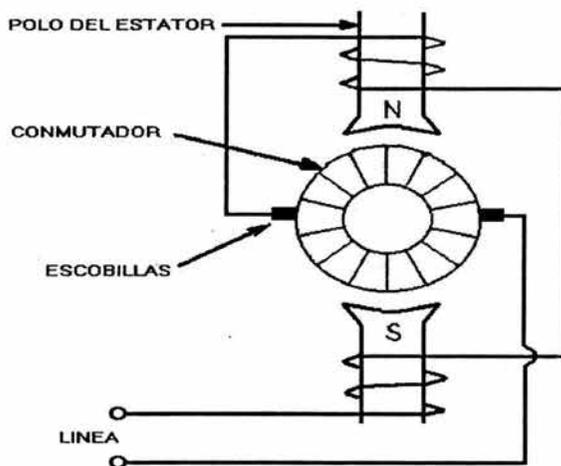


Fig. 2.3.22

Tiene la forma de un motor de corriente continua en conexión serie. La principal diferencia es que es diseñado para funcionar con corriente alterna. Se utiliza en los taladros, aspiradoras, licuadoras, lustradoras, etc. Su eficiencia es baja (de orden del 51%), pero como se utilizan en maquinas de pequeña potencia esta ineficiencia no se considera importante.¹³

Aplicaciones Generales de los diferentes tipos de Motores eléctricos.

Como ya se ha comentado, a nivel industrial los motores que usualmente se utilizan son los sincrónicos trifásicos tipo jaula de ardilla y su uso es tan generalizado que al referirse a los motores eléctricos, muchas personas piensan en el motor tipo jaula de ardilla, suponiendo que este es el único que existe.

Son muchos los factores que deben tenerse en cuenta al elegir un motor. La solución por lo general no es única, pudiendo existir diversas opiniones respecto al cual es el motor adecuado. Sin embargo, puede resumirse que el motor apropiado es aquel que se ajusta a los requerimientos técnicos solicitados con un costo mínimo. Este último requisito no es factor difícil de calcular. Deben incluirse, no solo el costo de adquisición, sino también los gastos de explotación. El costo de adquisición incluye la provisión de cualquiera de los equipos de alimentación y control necesarios para hacer funcionar al motor.

Los gastos de explotación incluyen asimismo los intereses del equipo principal y edificios y los gastos por la energía consumida en los circuitos de la maquina y en su control.

Los valores del factor de potencia y el rendimiento son importantes. El mantenimiento es también un gasto corriente que explotación y normalmente es mas elevado cuanto más complicado es el equipo de control, o cuando las maquinas son de anillos rozantes o tienen colectores.

¹³ www.anser.com.ar/motoreselectricos1.htm.

Los gastos de instalación también pueden ser decisivos. Por ejemplo: se necesitan cimentaciones especiales para los equipos motor-generador, pero no para los equipos convertidores estáticos. Estos últimos equipos requieren además de menos espacio y son menos ruidosos que las maquinas rotativas. Por ello contrario en que estos equipos existe una considerable generación de armónicos, lo cual plantea el problema de su supresión.

Algunos motores se excluyen de una aplicación determinada debido a que el ambiente de trabajo es hostil, tal como las condiciones de elevada temperatura. Elevado vacío, elevada velocidad o debido a la presencia de líquidos o ambientes corrosivos. En este caso es esencial el empleo de un tipo de maquina sin escobillas.

Los motores de inducción son generalmente del tipo de maquinas mas barata. Particularmente en el caso de un rotor de simple jaula. Su precio aumenta a medida que se exige mas por parte del control de la velocidad o del torqué o de las corrientes de arranque y lo cual podría requerir el empleo de una maquina síncrona podría llegar a ser competitiva.

Si se necesita un control de velocidad ajustable a cualquier valor dentro de un rango determinado, entonces se requieren motores de corriente continua, a menos que este justificado el empleo de un equipo de alimentación podría compensarse en parte con la de los aparatos de corriente continua o corriente alterna alimentados con tensión variable.⁸

Nota: Ver plano IE-DU-07 de Diagrama unifilar (página 161) para considerar los tipos de motores que se utiliza, así como el plano IE-AA-05 de Aire acondicionado y alimentadores generales (página 158) para considerar las características de los motores que se emplean.

⁸ www.alek.pucp.edu.pe/cursos/pregrado/iee215/introduccion/introduccion.htm

2.4 .- TABLEROS ELÉCTRICOS.

El término tableros es aplicable tanto a los llamados de pared, como a los tableros de piso, para los propósitos prácticos, ambos sirven para la misma función: Recibir la energía eléctrica en forma concentrada y distribuirla por medio de conductores eléctricos, por lo general barras, a las cargas de los circuitos derivados.

Los circuitos derivados se protegen individualmente para sobrecorrientes y corto circuito por medio de fusibles o interruptores termomagnéticos montados en tableros algunas veces junto con los instrumentos de medición, tales como volmetros, ampermetros, medidores de demanda, etc.

Los tableros de pared y de piso autosoportados difieren únicamente en su accesibilidad, los tableros de pared como su nombre lo indica están diseñados para ser montados en pared o columna de manera que son accesibles por el frente únicamente. Los tableros de piso están diseñados para ser instalados para montarse retirados de las paredes de manera tal que son accesibles por el frente o por la parte trasera, necesitan entonces espacio libre para la circulación del personal que se encarga del mantenimiento de los tableros.

El sistema mas empleado para encerrar los aparatos eléctricos en el campo de la baja tensión y de la media tensión, es el de montarlos dentro de tableros cerrados realizados con perfiles y láminas metálicas.¹⁴

Tableros de servicio.

El requisito principal para cualquier tablero de servicio es que sea el adecuado para manejar el sistema eléctrico del edificio. Las especificaciones del edificio o las reglamentaciones del lugar determinaran el tipo de protección del circuito que debe proveerse. Se pueden usar fusibles o interruptores automáticos. El tablero debe ser lo suficientemente grande como para contener todo el alambrado para los circuitos derivados del edificio. Por lo general resulta conveniente instalar un tablero que tenga algún espacio disponible para otros circuitos que puedan agregarse posteriormente. Algunos tableros de servicio tienen terminales de derivación de la energía que dan posibilidades de instalar un subtablero de servicio para manejar los circuitos que puedan agregarse.

Los tableros de servicio tienen algunas características de las cajas de registro pequeñas que se utilizan en los circuitos derivados. Tienen tapas removibles que se quitan para hacer entrar los cables, se pueden montar en la pared y se deben cubrir una vez que se completa el alambrado (Fig. 2.4.1). Los tableros de servicio también proporcionan un medio para asegurar las líneas de potencia que entran, una fuente de potencia para los circuitos derivados, montaje para los fusibles o los interruptores automáticos y una conexión a tierra hacia el conductor neutro de la energía eléctrica.

¹⁴ Gilberto Enríquez Harper. El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales. Decimosexta reimpresión. Editorial LIMUSA, 2001. Páginas de la 421 a la 422.

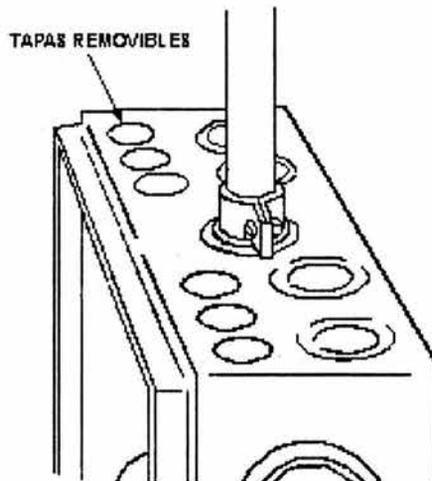


Fig. 2.4.1 Tapas removibles del tablero de servicio.

Tablero de interruptor automático.

En la figura 2.4.2 se muestra un tablero típico para el interruptor automático. El cable de la entrada de servicio se pasa por la parte superior del tablero. El cable se asegura por medio de una grapa a la abertura de la caja. El conductor neutro se conecta a una tira terminal por medio de un conector de tornillo prisionero. Los dos alambres se sujetan, también por medio de tornillos prisiones, a las dos entradas de interruptor automático principal de doble polo. Estos interruptores automáticos pueden servir como el desconectador principal. Cada uno de los dos alambres calientes se conectan a través de los interruptores automáticos, a dos barras de distribución que están montadas verticalmente sobre separadores aislados. Las barras de distribución son trozos sólidos de metal que pueden conducir la corriente con resistencia casi cero. Estas barras sólidas se taladran y se les hace rosca para montar los interruptores automáticos con tornillos. El montaje de tornillo en la barra de distribución suministra una conexión de alambre caliente hacia el interruptor; el interruptor automático principal del doble polo proporciona la característica de desconexión requerida por la NEC. Se acostumbra disponer las dos barras de distribución de potencia de modo que los interruptores se conecten en alambres alternos, de arriba hacia abajo. Si a una de las barras le damos el nombre de barra de distribución del alambre negro y a la otra la llamamos del alambre rojo, el interruptor de arriba se podría conectar a la roja y el siguiente del mismo lado a la negra. Esta práctica distribuye la carga de los circuitos derivados entre los dos alambres; los interruptores adyacentes se pueden usar para los alambres rojo y negro, cuando se conectan circuitos de 240 volts. El alambre neutro se conecta a una tierra terminal neutra en la que, a su vez, se conecta a una tira terminal neutra en la que, a su vez, se pueden conectar todas las líneas blancas (o grises) de tierra de la energía. La tira terminal neutra proporciona también un lugar para conectar los conductores desnudos o con aislamiento verde de la puesta a tierra de servicio.

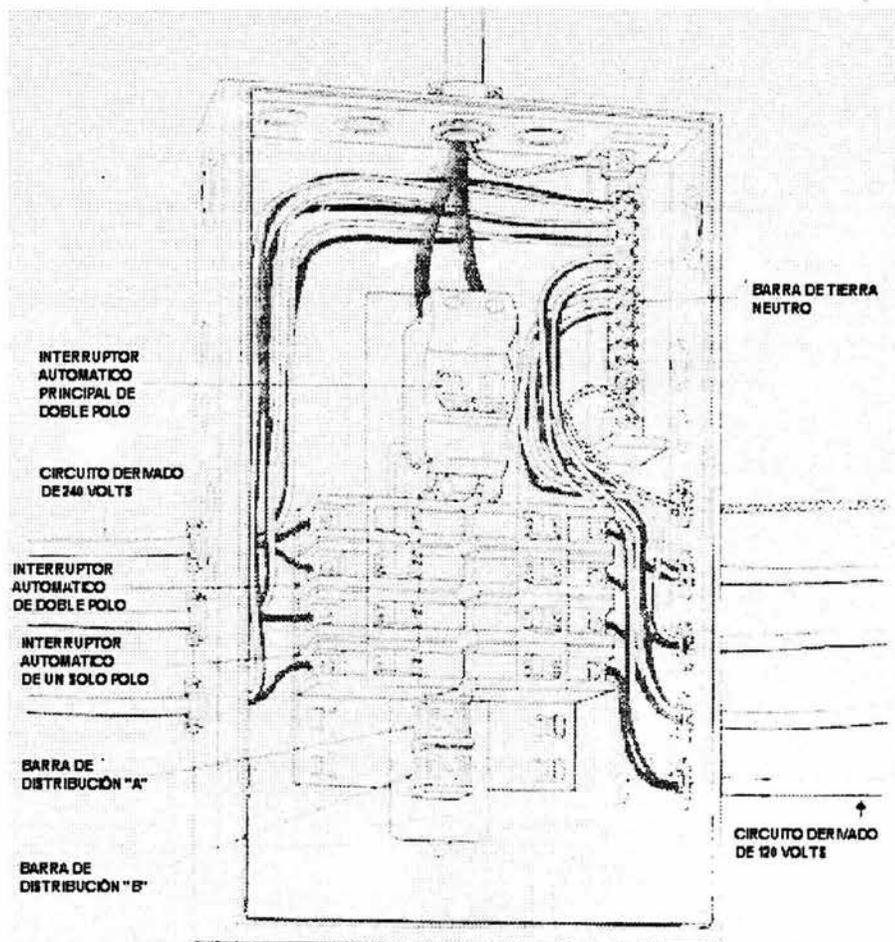


Fig. 2.4.2 Tablero de servicio para interruptores automáticos.

Sistemas de electrodos de conexión a tierra.

Lo que el código llama sistema del electrodo de conexión a tierra debe instalarse en el tablero de servicio. La frase "sistema del electrodo de conexión a tierra" se refiere a la conexión del conductor neutro de la energía, los alambres (blancos) de la tierra de la energía del sistema eléctrico, los alambres desnudos o con aislamiento verde de conexión a tierra y dos conexiones firmes y seguras a tierra (Fig. 2.4.3).

Las tierras neutras que se encuentran en los tableros de servicio no se ponen directamente a tierra hacia la caja debido a que ésta a veces pueden utilizarse para otros fines. Para hacer una conexión se cuenta con un puente o tornillo (Fig. 2.4.4). Cuando se utiliza la caja como tablero de servicio, el tornillo o puente debe sujetarse a la barra neutra para ponerla a tierra hacia la caja.

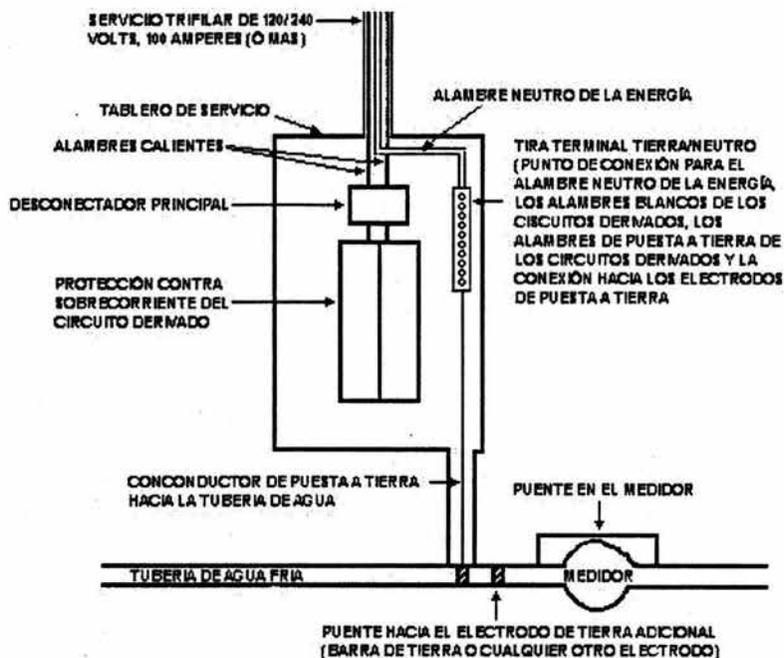


Fig. 2.4.3 Sistema de electrodos de puesta a tierra.

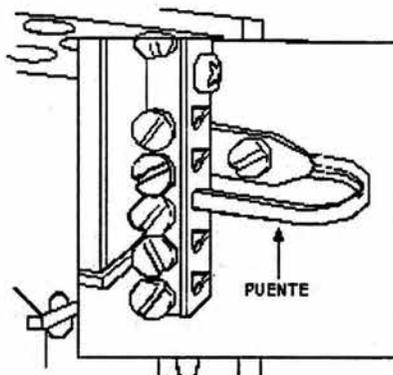


Fig. 2.4.4 Cinta de tierra de la tira terminal neutra.

Cuando los sistemas eléctricos tienen un conductor de puesta a tierra separado, la continuidad eléctrica necesaria en el tablero de servicio se logra uniendo estos conductos y la línea neutra de la energía que entra, en una barra terminal neutra puesta a tierra hacia la caja. Este método de puesta a tierra se aplica a todos los cables no metálicos y conduit flexible que tengan un conductor desnudo o con aislamiento verde.

Asegurada la continuidad de la tierra en el tablero de servicio, el paso que sigue es hacer la conexión hacia tierra. El tamaño del alambre que se use para conectar a tierra el tablero de servicio se determina por el tamaño del alambre del cable de la entrada de servicio, el tamaño del cual, a su vez, queda determinado por el consumo esperado de energía del edificio.

El conductor del electrodo de puesta a tierra debe conectarse entre la barra neutra del tablero de servicio y un sistema del electrodo de tierra. El sistema debe constar de al menos dos conductores conectados a tierra unidos entre sí.

Se puede instalar una barra exterior para tierra. La barra se debe clavar en la tierra hasta una profundidad de 8 pies (2.40 m) (Fig. 2.4.5). Si no se puede clavar la barra en el terreno debido a una capa de roca o a cualquier otra obstrucción, se puede hincar en una zanja de al menos 2 pies (60 cm) de profundidad. Por lo común es permisible combinar los dos métodos, si se han introducido en el suelo más de 4 pies (1.20 m) de barra, al encontrar la obstrucción. En este caso, se debe cavar una zanja de 2 pies (60 cm) de profundidad y doblar la barra en ángulo recto, de modo que quede dentro de la zapata.⁶

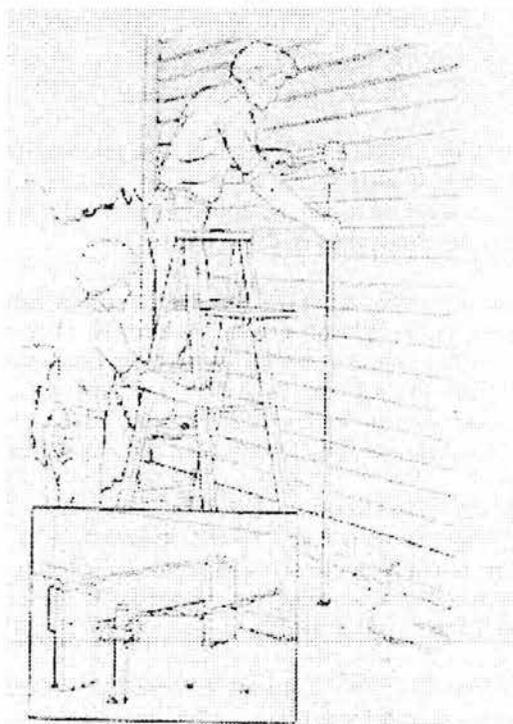


Fig. 2.4.5 Instalación de una barra de tierra.

⁶ Joseph H. Foley. Fundamentos de Instalaciones Eléctricas. Editorial Mc Graw-Hill, Septiembre de 1995. Páginas de la 200 a la 206.

2.5 .- TRANSFORMADORES.

Un transformador se compone de dos arrollamientos aislados eléctricamente entre sí y devanados sobre un mismo núcleo de hierro (Fig. 2.5.1). Una corriente alterna que circule por uno de los arrollamientos crea en el núcleo un campo magnético alterno. La mayor parte de este flujo atraviesa el otro arrollamiento e induce en él una fuerza electromotriz (fem) alterna. La potencia es transmitida así de un arrollamiento a otro por medio del flujo magnético del núcleo. El arrollamiento al que se suministra potencia se denomina primario y el que cede potencia es el secundario.

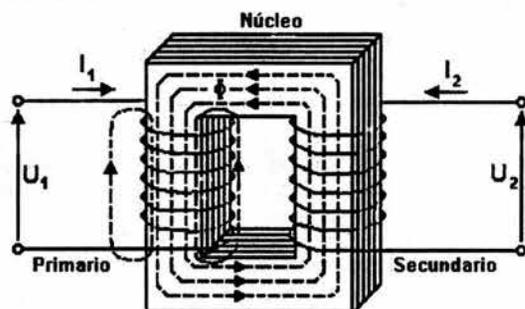


Fig. 2.5.1 Transformador eléctrico.

En un transformador real, las líneas del flujo magnético no están confinadas enteramente en el hierro, sino que algunas de ellas se cierran a través del aire. La parte del flujo que atraviesa los dos arrollamientos se denomina flujo común o útil. La parte del flujo que se cierra a través del aire se denomina flujo de dispersión.

La potencia obtenida de un transformador es inferior a la potencia suministrada al mismo, a causa de las pérdidas en forma de calor, que se producen en el arrollamiento primario y secundario (llamadas pérdidas en el cobre) y las pérdidas por histéresis y corrientes de Foucault en el núcleo (llamadas pérdidas en el hierro). La histéresis se reduce al mínimo utilizando hierro que tenga un ciclo de histéresis estrecho, y las corrientes de Foucault se reducen construyendo el núcleo con láminas muy finas apiladas y aisladas entre sí.

Para simplificar su estudio, consideremos un transformador ideal en el que no hay pérdidas ni fugas de flujo. Supongamos que el circuito del secundario está abierto, es decir, sin carga. El arrollamiento primario se comportará entonces como una autoinducción. La corriente en el primario, que es pequeña, está retrasada 90° respecto a la tensión del primario y se denomina corriente magnetizante i_m .

El flujo del núcleo está en fase con la corriente del primario. Puesto que el mismo flujo atraviesa tanto el primario como el secundario, la fem inducida por espira es la misma en ambos. La relación entre la fem inducida en el secundario y la fem inducida en el primario es igual, por consiguiente a la relación entre el número de espiras del secundario y el número de espiras del primario, es decir:

$$\frac{e_2}{e_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (2.5.1)$$

En el caso ideal que estamos suponiendo, las fem inducidas e_1 y e_2 son numéricamente iguales a las tensiones correspondientes, V_1 y V_2 en los bornes del transformador. Por consiguiente, eligiendo adecuadamente la relación entre los números de espiras N_2 / N_1 , puede obtenerse en el secundario cualquier tensión que se desee, partiendo de una tensión dada en el primario.⁴

CLASIFICACIÓN SEGÚN NORMAS ANSI Y NACIONALES NOM.

A. POR SU CAPACIDAD.

Por su capacidad se dividen en:

- Transformadores de distribución. Capacidad hasta 500 KVA. Hasta 67 KV. En A.T. Hasta 1500 V. En B.T. (Norma NOM-J-116-1989)
- Transformadores de potencia. Mayores de 500 KVA, arriba de 67 KV en A.T.

La capacidad esta dada en voltampers o voltamperios y lo usual es manejar miles de voltemperios o KVA o bien millones de voltamperios o MVA. (De Kilo y Mega).

Las capacidades a través del tiempo se han estandarizado y tenemos lo siguiente:

Trifásicos.

Distribución: 15, 30, 45, 75, 112.5, 150, 225, 300 y 500 KVA.

Potencia: 500, 750, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000, 7500, 10000, 12000, 15000, 16000, 18000, 20000, 24000, 25000, 30000, 40000, 50000, 75000, 100000, 150000 KVA etc.

Monofásicos.

5, 10, 15, 25, 37, 50, 75, 100, 167, 250, 333, 500 KVA.

Los subrayados son los más usuales.

B. POR SU ENFRIAMIENTO.

Por el medio que los enfría, los transformadores se clasifican en:

- 1.- Sumergidos en líquidos (OA).
- 2.- Tipo seco (AA).

En los sumergidos en líquidos (Aceite, Azkarel líquidos soluciones debido a su alta contaminación han sido prohibidos, RTEMP etc.) Las Normas Internacionales y Nacionales los denominan:

OA (Sumergidos en aceite autoenfriados).

FA (Enfriados por aire forzado).

OW (Sumergidos en aceite enfriados por agua).

FOW (Sumergidos en aceite forzado y enfriados por agua).

⁴ Agustín Castejón y Germán Santamaria. Tecnología Eléctrica, Ed. Mc Graw Hill, 1993. Páginas de la 193 a la 194.

Un transformador OA/FA1/FA2, es un transformador sumergido en aceite enfriado por aire forzado en dos pasos esto es al utilizar un enfriamiento por aire forzado incrementa la capacidad del equipo, de acuerdo a lo siguiente:

- Para 2,500 KVA y menores la capacidad con FA, se incrementa un 15%.
- Para 2,501 a 9,999 KVA monofásicos y 11,999 KVA trifásicos la capacidad con FA, se incrementa un 25%.
- Para 10,000 KVA monofásicos y 12,000 KVA trifásicos y mayores, la capacidad con FA, se incrementa un 33.33%.

C. POR LA TEMPERATURA DE SUS AISLAMIENTOS.

Por el aislamiento que utilizan en su construcción se clasifican en 55°C y 65°C para los sumergidos en líquidos y de 80°C, 115°C, 150°C, 200°C para los tipo secos.

D. POR EL LUGAR DE INSTALACIÓN (SERVICIO).

Por el lugar donde se instalan los transformadores se clasifican en:

Interiores e Intemperie. Pudiendo ser estos últimos: Tipo poste. Tipo subestación. Tipo bóveda o sumergible. Tipo pedestal. (Llamados Pad Mounted o tipo Jardín).

E. POR SU TENSIÓN (VOLTAJE).

Por el voltaje nominal de operación los transformadores se clasifican de acuerdo a lo siguiente:

KV	BIL (DIST.)	BIL (POT.)	BIL (SECOS)
1.2	30	45	10
2.5	45	60	20
5	60	75	25
8.7	75	95	35
15	95	110	50
25	150	150	110
34.5	200	200	
69	350	350	
115		550	
230		1050	
400		1550	

BIL = (Nivel básico de impulso).

SELECCIÓN DE TRANSFORMADORES.

En la selección de transformadores intervienen varios aspectos que no necesariamente son del tipo económico son:

- Normas de seguridad (Secos o Líquidos especiales).
- Limitaciones de dimensiones o peso.
- Instalación con otros equipos existentes.
- Confiabilidad (Continuidad del servicio).

Así como:

- Valor total de la carga que se pretende abastecer.
- Distribución de la carga a través del tiempo (Curvas de carga).
- Incrementos previsibles de la carga futura.
- Vida útil del transformador (Estimada) y fecha probable de reposición 800 a 1000 semanas (15 a 20 años).
- Probabilidad de tener que sobrecargar por periodos cortos o prolongados uno o mas transformadores.

COSTOS.

El costo total de un transformador esta dado por los siguientes elementos:

- **Costo inicial.** (Precio de compra, costo de la instalación y el precio del equipo adicional que se requiera.)
- **Costo de operación.** (Considerando el costo de las pérdidas en el núcleo y en los devanados, consumo de energía para los auxiliares, mantenimiento, costo del inventario de repuestos etc.)
- **Costo de las futuras ampliaciones.** (Equipo de emergencia, reposición de equipos, etc.)

Costo inicial: No obstante que el costo inicial de un transformador ya especificado depende del fabricante dentro de ciertos parámetros. Una buena selección y una especificación adecuada puede contribuir a reducirlo. Algunos elementos para una buena selección se mencionan a continuación.

1. Números de unidades.

Donde no se requiera otra cosa por razones de localización de la carga confiabilidad o flexibilidad en la operación. Lo mas económico es tener una sola unidad trifásica.

2. Capacidad.

Cuando se hable de capacidad. Esta va vinculada a la elevación de temperatura en la que esta basada. Los aislamientos que se utilizan y permiten una vida útil de los equipos de 15 a 20 años a una temperatura de 55°C/40°C máxima o 60°C/40°C máxima.

Aplicaciones.

Los transformadores que se fabrican pueden utilizar la ventaja de estos aislamientos de tres formas diferentes.

- a).- Para alargar la vida útil del transformador. Sin exceder 55°C de elevación. sobre un ambiente medio de 30°C. esto es diseñado el equipo para 55°C de elevación y fabricado con aislamiento de 65°C.
- b).- Para disponer de un margen de sobre carga permanentemente. (12%) esto es diseñado el equipo para 55°C de elevación y fabricarlo con aislamiento de 65°C, sobre cargándolo, hasta darnos una capacidad 12% mayor que la normal.
- c).- Para adquirir el transformador a menor precio, (-10%).

CLASE DE ENFRIAMIENTO.

Cuando los incrementos previsible de carga en un mismo centro son pequeños en comparación con la capacidad del transformador o se presentan con frecuencia sobre cargas pequeñas o de corta duración se puede optar por lo siguiente:

- 1.- Especificar un transformador de mayor capacidad.
- 2.- Sobrecargar el transformador reduciéndole la vida útil del mismo (Por cada 8°C de incremento en la temperatura de los aislamientos se reduce a la mitad la vida del transformador).

Líquido refrigerante.

En general, siempre que no se indique lo contrario por razones de seguridad en los reglamentos de instalaciones eléctricas, la alternativa más económica, es el transformador en aceite mineral (OA).

Si embargo, para instalaciones interiores el transformador en aceite requiere un cuarto especial, ventilado adecuadamente, sistema de drenaje, equipo de seguridad, altas primas en los seguros contra incendios, que lo hacen menos económico cuando se considera el costo de la instalación completa en estos casos, convendría analizar la posibilidad de utilizar transformadores en líquidos no inflamables tales como los silicones (los antiguos azkareles están prohibidos). Así como la más moderna alternativa como son los transformadores tipo seco. (O los encapsulados en resina epoxica, cuyo precio de venta es de 70 a 80% mayor, pero que ofrecen máxima seguridad y larga vida).

Dimensiones.

Con frecuencia el espacio disponible para subestaciones industriales es relativamente reducido, el costo del terreno las dimensiones de los cuartos o umbrales para la instalación de estos. La necesidad de prever espacio para futuras ampliaciones. Hacen por tanto reducir al mínimo las dimensiones del equipo de las subestaciones. Los transformadores modernos se construyen con núcleos y bobinas de sección rectangular, (Para subestaciones compactas industriales), lo cual además de otras ventajas permiten reducir el espacio en 15 a 20% en el largo del transformador.

Normalización.

En cada localidad, diversos usuarios especifican casi siempre, transformadores muy similares entre si con pequeñas diferencias que muchas veces no son esenciales, este hecho tiende a acentuarse cada vez más a medida que se trabaja en la normalización en escala nacional de los sistemas de distribución.

De acuerdo a lo anterior los fabricantes de transformadores han desarrollado equipos que se apegan a dicha normalización y los producen en mayor escala satisfaciendo los requerimientos de los usuarios. Lo anterior trae como consecuencia:

- Menor costo de producción simplificada.
- Menor costo de partes para existencias.
- Menor costo por materiales normalizados en existencia.

Utilización de los avances técnicos.

Los fabricantes de transformadores invierten constantemente grandes sumas de dinero en el desarrollo de mejoras para sus equipos principalmente en dos terrenos.

- Incrementar la calidad del producto.
- Reducir costos.

De aquí la importancia de que los técnicos que seleccionan los equipos, se encuentren bien informados de progresos que se realizan en especialidad.

Algunos de estos progresos recientes se mencionan a continuación:

Núcleos: Nuevos aceros orientados de bajas pérdidas y nuevos materiales como el acero amorfo de General Electric.

Bobinas: Utilización del aluminio en laminas con espesores pequeños dando con ello alta resistencia mecánica a cortos circuitos rigurosos. Utilizándolas en bobinas rectangulares para mejorar el factor de espacio.

Aislamientos: Cartones y papeles aislantes estabilizados (65°C), lo que permite utilizar mayores densidades de corriente en los conductores y obtener costos mas bajos.

Boquillas (Bushing): Utilización de nuevos materiales como las resinas epoxicas. En los voltajes de 1.2 KV se fabrican bloques unitarios conteniendo varias barras de cobre encapsuladas en resina epoxi.

Radiadores: Utilización de radiadores de obleas planas arregladas en bancos, desplazando a los antiguos radiadores de tubos redondos u ovalados.

Transformadores tipo seco.

Fabricación de transformadores tipo seco en bobinas para voltajes en clase 5 KV, 8.7KV, 15 KV, 25 KV y 34.5 KV desplazando los líquidos no inflamables conocidos como azkareles los cuales han sido prohibidos en México.

Los transformadores encapsulados en resina se utilizan en áreas donde un incendio puede causar grandes pérdidas tanto humanas como materiales.

Transformadores sumergidos en líquidos especiales.

Se han desarrollado líquidos no inflamables que han desplazado a los azkareles, dentro de los mas conocidos están.

- Líquido silicón (Dow corning).
- Líquido RTEMP. (RTE)

Costo de operación (Evaluación de pérdidas).

Considerando el costo del transformador como la suma de su costo inicial, mas todos los gastos que es necesario hacer para mantenerlos en operación a lo largo de su vida útil. Puede decirse sin exageración que el costo inicial es de importancia secundaria. En efecto en vista de las limitaciones de los materiales empleados la transferencia de la energía eléctrica a través del transformador no es completa sino que se realiza consumiendo una pequeña porción de dicha energía, que se disipa en forma de calor.

Esta pérdida esta compuesta en tres componentes básicos:

- A).- La energía consumida para excitar el núcleo, que aparece siempre que el transformador este conectado a la línea aunque no este cargado, a esta energía consumida del núcleo, se le conoce como “pérdidas en vacío” o bien “pérdidas en el núcleo”.
- B).- La energía consumida por la resistencia que opone el devanado en las bobinas ($I^2 R$) y también parcialmente por dispersión a elementos metálicos cercanos. A esta energía consumida por la resistencia de las bobinas, se le conoce como “pérdidas con carga”, o bien “pérdidas en los devanados”. La suma de las pérdidas en vacío mas las “pérdidas con carga” se le denominan “pérdidas totales”.
- C).- La energía consumida, en ciertos equipos con enfriamiento forzado, para mover ventiladores, bombas, con objeto de aumentar la eficiencia de la disipación del calor al ambiente y con ello incrementar la capacidad del equipo.

Una evaluación del efecto de estas pérdidas sobre el costo del transformador (costo compensado), calculado a lo largo de la vida útil esperada del equipo (800 a 1000 semanas). Nos determinara el costo del aparato a lo largo de la vida del mismo usando el precio del Kilowatt/Hora al cual se compra la energía de la compañía suministradora.¹⁵

¹⁵ Ing. Sergio Martínez Navarro. Selección de Transformadores Tema 12. División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Agosto 1998. Páginas de la 3 a la 12.

CAPÍTULO TERCERO.

III.- SUBESTACIÓN.

3.1 .- DESCRIPCIÓN.

Subestación eléctrica.

Es un conjunto de dispositivos eléctricos, que forman parte de un sistema eléctrico de potencia; sus funciones son: transformar tensiones y derivar circuitos de potencia.

Generalidades.

Las subestaciones se pueden denominar, de acuerdo con el tipo de función que desarrollan, en tres grupos:

- a).- Subestaciones variadoras de tensión.
- b).- Subestaciones de maniobra o seccionadoras de circuito.
- c).- Subestaciones mixtas (mezcla de las dos anteriores).

De acuerdo con la potencia y tensión que manejan las subestaciones, éstas se pueden agrupar en:

- a).- Subestaciones de transmisión. Arriba de 230 kV.
- b).- Subestaciones de subtransmisión. Entre 230 y 115 kV.
- c).- Subestaciones de distribución primaria. Entre 115 y 23 kV.
- d).- Subestaciones de distribución secundaria. Debajo de 23 kV.

Localización.

El punto de partida para la localización de una subestación se deriva de un estudio de planeación, a partir del cual se localiza, con la mayor aproximación, el centro de carga del lugar que se necesita alimentar.

Capacidad.

La capacidad de una subestación se fija, considerando la demanda actual en kVA, más el incremento en el crecimiento, previendo el espacio necesario para las futuras ampliaciones.

Tensiones normalizadas.

Las tensiones en un sistema de potencia se normalizan, en primer término, dependiendo de las normas que se utilizan en cada país y, en segundo término, según las normas internas de las empresas propietarias de los sistemas eléctricos.

Por ejemplo, en México, en el sistema central, las tensiones normalizadas son las siguientes:

Alta tensión 400kV, 230kV, 85kV y 23 kV.

Baja tensión 480V, 440V, 220V y 127 Volts.¹⁶

¹⁶ Ing. José Raull Martín. Diseño de Subestaciones Eléctricas. División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Septiembre 1998. Páginas de la 1 a la 3.

Subestación Eléctrica.

Una Subestación eléctrica, se define como un conjunto de equipos, que tiene el propósito de desconectar, cambiar, o regular el voltaje; es decir, que en cualquier lugar de un sistema eléctrico, en donde se tenga localizados transformadores e interruptores, se tendrá una subestación.

Las subestaciones por su construcción, pueden ser grandes o pequeñas; diseñadas una a una, o bien prefabricadas; también pueden ser aisladas en aire, o en hexafluoruro de azufre (SF_6).

El propósito o función de una subestación, es desarrollar una o más, de las siguientes funciones:

1.- Switcheo.

Conexión o desconexión de partes del sistema, entre dos áreas distintas, de igual o distinto nivel de voltaje; esto se hace por medio de interruptores, y/o cuchillas desconectoras; frecuentemente a través de un transformador, o autotransformador.

2.- Transformación de voltaje.

Los transformadores de potencia, se usan para elevar, o reducir voltaje.

3.- Compensación de potencia reactiva.

Se pueden usar reactores en derivación; capacitores en derivación; sistemas estáticos de compensación de VAR; y condensadores síncronos para controlar el voltaje, los capacitores serie, se usan para reducir la impedancia de las líneas de transmisión.

Para cumplir con las funciones descritas anteriormente; las subestaciones se deben diseñar, para limitar las sobretensiones que se presentan; ya sea por descargas atmosféricas, o maniobras de interruptores; para proteger al equipo contra sobrecorrientes; ofrecer confiabilidad; blindaje; procedimientos de conexión a tierra del equipo; y dispositivos de control.

Dependiendo del propósito de la subestación, puede ser:

1.- Reductoras.

2.- Primarias dentro de la red de un sistema eléctrico.

3.- Secundarias.

4.- De distribución.

5.- De tipo industrial.

6.- Móviles.

7.- Elevadoras. (Normalmente asociadas con las centrales eléctricas)

Las subestaciones elevadoras, normalmente se usan en las centrales eléctricas; debido a que el voltaje de generación se encuentra limitado, por razones de aislamiento eléctrico en las máquinas rotatorias; y se requiere elevarlo a los niveles de transmisión, para poder transmitir grandes volúmenes de energía, a distancias considerables.

Las subestaciones reductoras, tienen la función de reducir los voltajes de transmisión, o de subtransmisión; a niveles de distribución o de utilización, según sea el caso.

Las subestaciones primarias dentro de la red, se construyen en los centros de carga importantes del sistema, o cercanos a estos; en éstas por lo general, los voltajes primarios de transmisión, se reducen a otros voltajes secundarios, desde donde se alimentan a los centros de carga específicos.

Las subestaciones secundarias, son aquellas que se crean en las salidas con voltajes secundarios, de las llamadas subestaciones primarias, y de éstas se reduce a los voltajes de distribución; es decir, son de etapas intermedias de transformación.

Las subestaciones de distribución se construyen o localizan, donde los voltajes de subtransmisión, y los voltajes de distribución primaria se centran, para reducir voltaje y alimentar a los consumidores. Las subestaciones de distribución lo hacen, a través de una red de distribución.

Las subestaciones industriales son por lo general reductoras, del tipo distribución; con la diferencia de que las subestaciones, se diseñan para cada consumidor en particular; y en ocasiones este tipo de usuarios, tiene su propio sistema de distribución interna.

Las subestaciones de tipo móvil, son de propósitos especiales, y se diseñan para satisfacer necesidades específicas; de manera tal, que su diseño es relativamente limitado; y por lo general, para alimentación de subtransmisión, o distribución.

El Diagrama Unifilar.

El punto de partida para el diseño de una subestación eléctrica, es el llamado diagrama unifilar; este diagrama debe mostrar la conexión y arreglo de todos los equipos eléctricos; es decir, barras, puntos de conexión, transformadores de potencia, acoplamiento entre bahías, interruptores, transformadores de instrumento, cuchillas desconectadoras, apartarrayos, etc.

Para elaborar el diagrama unifilar, se debe considerar el arreglo de barras, el grado de flexibilidad en operación, y la confiabilidad. De hecho, antes de proceder a la definición de las características de los distintos elementos de la subestación; así como su posible localización, se debe elaborar al menos un diagrama simplificado, en donde se indique el arreglo propuesto de barras, y su posición relativa.

Existen distintas variaciones para los arreglos de barras; la selección de un arreglo en particular, depende de varios factores, como por ejemplo: el voltaje del sistema; la posición de la subestación en el sistema; la flexibilidad de operación; la confiabilidad en el suministro, y el costo. En adición a esto, se debe considerar los siguientes aspectos técnicos, antes de tomar una decisión.

I .- Simplicidad en el sistema.

II .- El mantenimiento se debe realizar fácilmente, sin interrupción del servicio; o peligro para el personal de operación.

- III .- Se debe tener disponibilidad de arreglos alternativos; en el caso de salida de servicio, o fallas en algunos equipos.
- IV .- El arreglo del equipo no debe limitar la expansión y/o aumento en el crecimiento de la carga; hasta un valor determinado.
- V .- Debido a que de hecho, cada parte del equipo constituye un punto débil; de manera que en los casos necesarios, se debe considerar la posibilidad de usar equipo adicional (redundancia en el equipo); para cubrir posibles contingencias. (Fallas)
- VI .- La instalación se debe realizar en forma tan económica, como sea posible; sin perder de vista la continuidad en el servicio.¹⁷

Diagrama Unifilar.

El diagrama unifilar simplificado de una subestación representa una forma de indicar los elementos que la constituyen y tiene la forma siguiente:

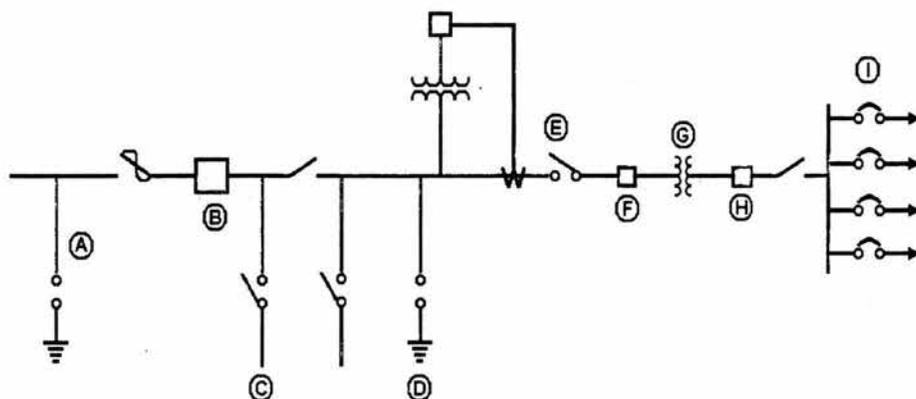


Fig. 3.1.1 Diagrama unifilar simplificado de una subestación.

Del diagrama unifilar simplificado de la figura 3.1.1 tenemos que los principales elementos constitutivos son los siguientes:

a).- Apartarrayos y cuchillas fusibles.

Este equipo es proporcionado por la compañía suministradora en punto de alimentación, su ubicación depende del voltaje de alimentación de la carga, de la distancia a la red suministradora, etcétera, el apartarrayos tiene la función de proteger la instalación contra sobretensiones de origen atmosférico principalmente, la cuchilla fusible es un elemento de protección (cuando se funde el fusible por sobrecarga o cortocircuito) y de desconexión, en algunas ocasiones se reemplaza por otro equipo, como restauradores, dependiendo de la importancia de la red, nivel de falla, criterios de operación y protección, etcétera.

¹⁷ Gilberto Enriquez Harper. Fundamentos de Sistemas de Energía Eléctrica, 1ª Edición 1985, Editorial LIMUSA, S.A. Páginas de la 385 a la 389.

b).- Equipo de medición.

El equipo de medición lo suministra e instala la compañía suministradora en el lado de alimentación para capacidades en la subestación de 500 KVA o mayores.

c).- Cuchillas de prueba.

Generalmente estas cuchillas desconectoras son de operación en grupo y sin carga, su propósito es permitir la conexión de equipos de medición portátiles que permitan verificar al equipo instalado por la compañía suministradora.

d).- Apartarrayos.

El apartarrayos sirve para proteger a la subestación y principalmente al transformador contra las sobretensiones de origen atmosférico.

e).- Cuchillas desconectoras.

Normalmente son de operación sin carga, sirven para conectar, desconectar o cambiar conexiones en la subestación, permitiendo hacer visible el estado de conexión o desconexión de la instalación. Por lo general, se accionan después de que se ha operado al interruptor.

f).- Interruptor general.

Este equipo es de seccionamiento de la operación, tiene funciones de desconexión con carga o con corrientes de cortocircuito, es decir, cumple con requisitos de control y protección del equipo de transformación, alimentadores y cargas en general.

g).- Transformador.

Es el elemento principal de la subestación, ya que cumple con la función de reducir el voltaje de alimentación de la compañía suministradora a los voltajes de utilización de las cargas.

h).- Interruptor principal secundario.

Este interruptor se encuentra en el tablero de baja tensión y es el que protege a los alimentadores o circuitos derivados (según sea el caso) de la instalación, puede ser un pequeño volumen de aceite, termomagnético, electromagnético o en vacío según sea el tamaño de la instalación.

i).- Interruptores principales de circuitos derivados y alimentadores.

Estos son los interruptores principales de centros de carga, centros de control de motores, motores, circuitos de alumbrado, etc. Por lo general son termomagnéticos o electromagnéticos, según sea su capacidad.⁷

⁷ Enríquez Harper. El ABC del Alumbrado y las Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión, 2ª Edición. Editorial Limusa (Noriega Editores) 2001, Páginas de la 334 a la 336.

3.2 .- SISTEMA DE EMERGENCIA.

Los sistemas de emergencia proporcionan energía eléctrica para algunas funciones consideradas como críticas en cierto tipo de instalaciones y para algunos equipos cuando la calidad del suministro no es la adecuada o puede llegar a fallar totalmente.

Estos equipos se definen como una fuente de reserva independiente de energía eléctrica, la cual, bajo condiciones de falla o salida de la fuente normal, proporciona energía eléctrica de aceptable calidad y cantidad, de manera que las instalaciones del usuario pueden continuar con una operación satisfactoria.

La sensibilidad de la carga. El intervalo de tiempo requerido en que deben entrar los servicios de emergencia es difícil de definir o medir y, algunas veces, queda establecido por el mejor sistema de emergencia disponible. En general, el equipo de la carga se clasifica por sus necesidades:

- 1).- **La potencia requerida dentro de medio ciclo** (de la frecuencia de 60 Hz), como el que entregan los sistemas ininterrumpibles de potencia (UPS), por ejemplo para computadoras.
- 2).- **La potencia requerida dentro de los 10 segundos**, como es el caso de las plantas de emergencia para ventiladores, bombas, alumbrado de emergencia, etcétera.
- 3).- **La potencia requerida en el rango de minutos**, como la que puede ser transferida por procesos manuales en los sistemas de emergencia, por ejemplo para algunos procesos industriales.

Sistemas básicos. Los sistemas de emergencia se clasifican por la fuente de potencia eléctrica. El diseño de un sistema depende de la duración de la operación, la potencia requerida, la confiabilidad y el tiempo para transferir de la fuente normal a la fuente alternativa.

Estas fuentes para los sistemas básicos, se indican a continuación:

- A).- Baterías (acumuladores) de almacenamiento.
- B).- Plantas de emergencia (grupos primo-motor-generator).
- C).- Sistemas de potencia ininterrumpibles (UPS).
- D).- Servicios independientes.

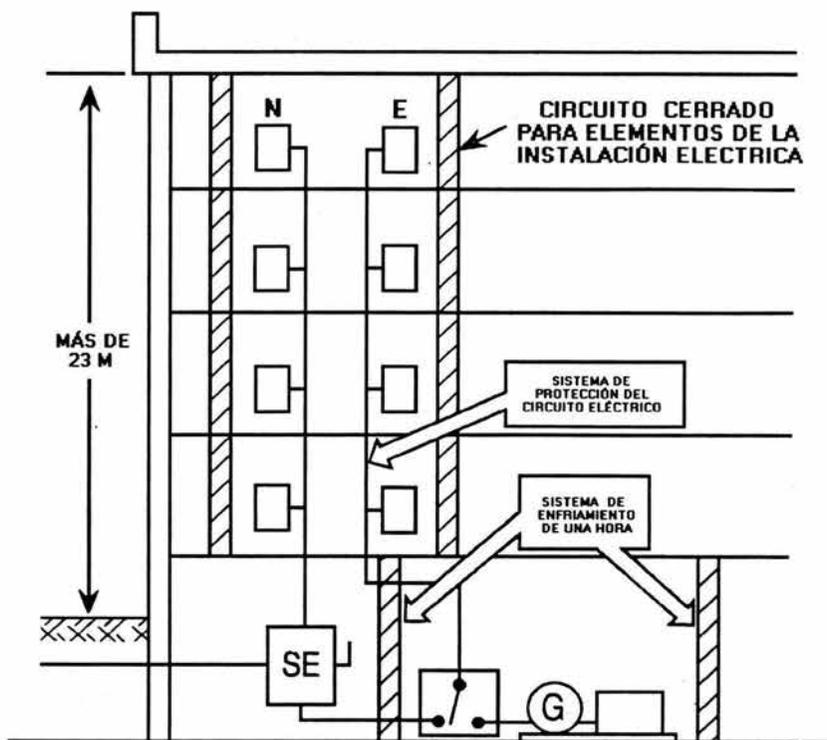


Fig. 3.2.1 Los sistemas de emergencia y su configuración permiten que en los edificios se alimente en condiciones críticas los sistemas de protección, enfriamiento y alumbrado de emergencia.

A. Baterías (acumuladores) de almacenamiento.

Estos sistemas consisten de un cargador automático, una batería y una barra (bus) de corriente directa de emergencia, se usan principalmente para alumbrado de emergencia, sistemas de alarma de fuego y sistemas de comunicación de emergencia. Este tipo de sistema debe ser capaz de mantener la carga total por un período de 1 1/2 horas como mínimo, sin que el voltaje caiga debajo del 87.5% del normal. Para este tipo de servicio se usan las baterías de ácido o alcalinas, que deben ser compatibles con el cargador. ¡No usar baterías para automóvil!

El concepto de un cargador y una batería para proporcionar un sistema confiable de suministro de corriente directa que sea independiente de la fuente externa de la línea de alimentación de la empresa suministradora, es ampliamente usado en aplicaciones específicas, como por ejemplo: las oficinas de las centrales telefónicas, que dependen de grandes bancos de baterías para proporcionar un servicio eléctricamente libre de ruido y una fuente de potencia altamente confiable para los suscriptores de los servicios telefónicos. En las subestaciones eléctricas de las empresas suministradoras y en las centrales eléctricas se usan bancos de baterías, alimentados con C.D., relevadores de protección y equipo de control.

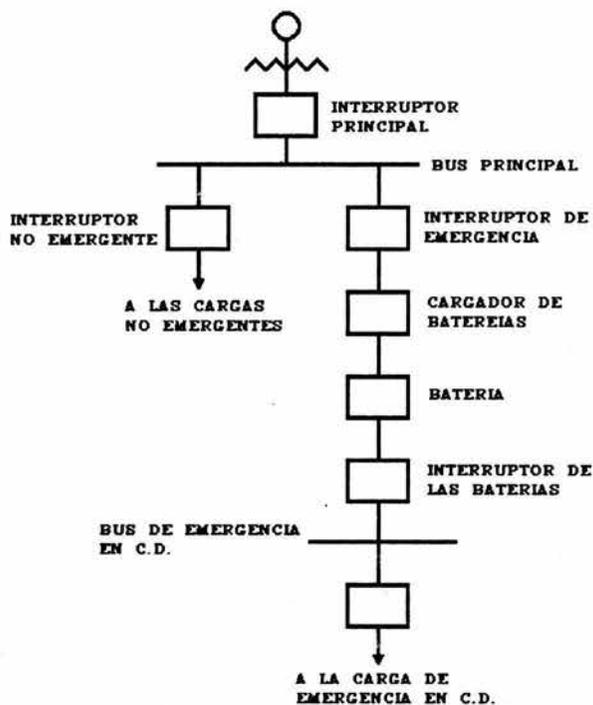


Fig. 3.2.2

B. Plantas de emergencia.

El sistema de emergencia más común es el de las llamadas, plantas de emergencia o grupos primo-motor-generator, estos grupos consisten de un motor diesel o gasolina, o bien, eventualmente con turbina de gas acoplados a un generador de corriente alterna y con sus controles. Cuando operan como sistema de emergencia, siempre lo hacen a través de un switch de transferencia.

Aún cuando las plantas de emergencia representan la forma ideal de fuente de alimentación alterna a la de la compañía suministradora, después de que se arrancan y alcanzan su velocidad de operación, requieren de un equipo complementario considerable por instalar y un programa de mantenimiento bien organizado. Por ejemplo, el grupo requiere de una cimentación para soportar su peso, un sistema de almacenamiento y suministro de combustible, un sistema de escape de gases, un sistema de ventilación, controles e interruptor.

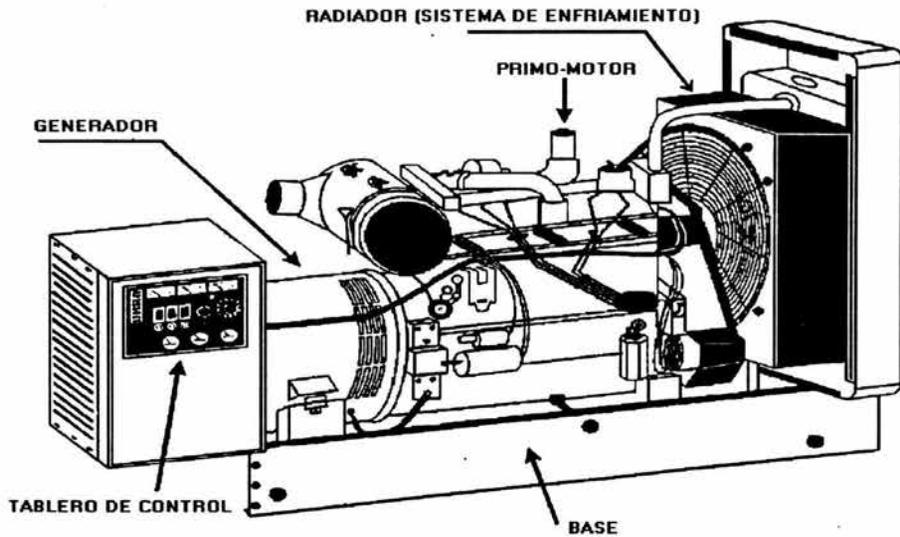


Fig. 3.2.3 Grupo Motor-Generador formando una planta de emergencia.

Los tipos de plantas de emergencia más comunes se pueden clasificar, por su fuente de combustible y por primo-motor, como sigue:

- 1).- **Con motor a gasolina.** Cuyas capacidades van desde varios cientos de watts hasta alrededor de 100 KW. Se tienen también grupos pequeños de 2 y 4 ciclos a alta velocidad y con poco peso. Los grupos de mayor tamaño usan máquinas multicilindros y se pueden montar en automóviles o camiones haciéndolas portátiles. Para su conexión directa a 60 Hz, los motores deben operar a 3600 RPM.

- 2).- **Con motor diesel.** Estos grupos están disponibles desde varios cientos de KW hasta unos 10 000 KW y, en algunas ocasiones de diseño, para potencias mayores para operación en los sistemas eléctricos de potencia en forma interconectada. Con velocidades desde 600 hasta 1800 RPM y pueden operar por largos periodos de tiempo, pero su costo y peso es superior a los grupos operados por motores a gasolina, por lo general, desde su arranque hasta alcanzar su velocidad plena, requieren de unos 10 segundos entregando potencia plena. Este tipo de plantas domina con mucho el mercado de las plantas de emergencia.

- 3).- **Grupos con turbina de gas.** Estos grupos están disponibles en potencias hasta 10 000 KW (en plantas de emergencia), operan a muy altas velocidades y se reducen con cajas de engranes a 1800 ó 3600 RPM, son compactos, de bajo peso y, de hecho, son versiones modificadas de las turbinas para avión, tardan del orden de 120 segundos para alcanzar plena carga a velocidades nominales.

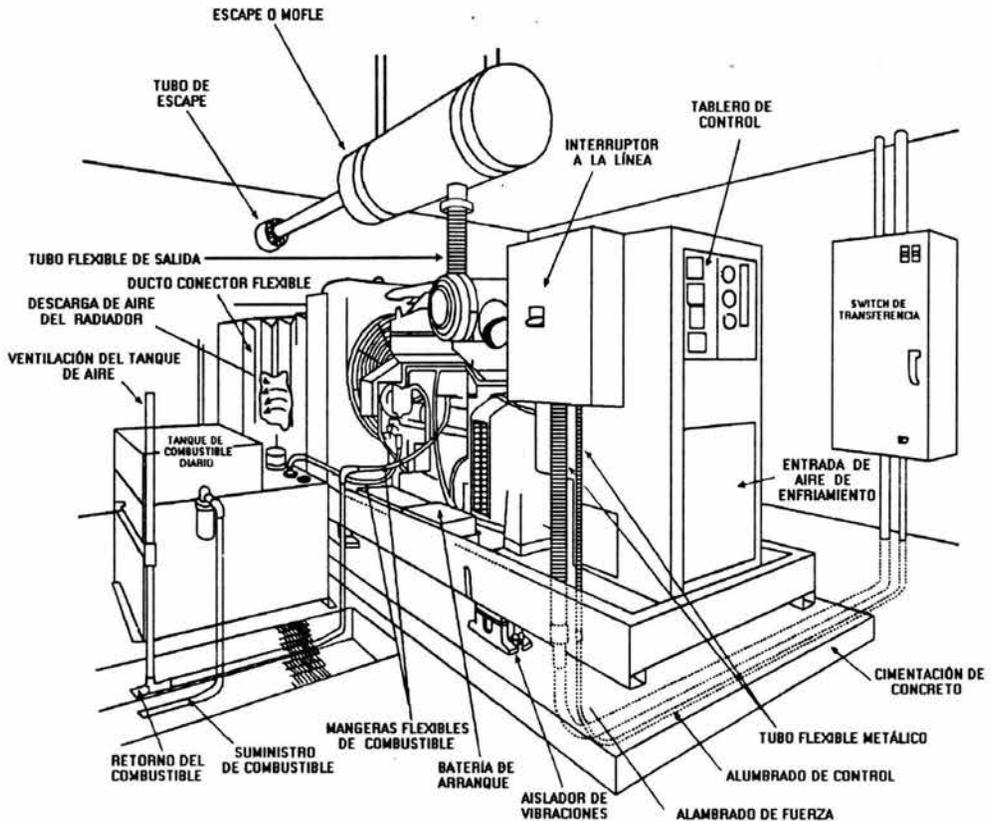


Fig. 3.2.4 Componentes principales de una planta de emergencia que se deben identificar para mantenimiento.

El diagrama unifilar para un sistema en el cual un grupo de emergencia actúa como fuente de energía alterna a un sistema de alimentación externo a la carga por parte de una compañía suministradora. Cuando la fuente de alimentación principal (compañía suministradora) sale de los límites de voltaje y/o frecuencia, se arranca la planta de emergencia y, tan pronto como el generador alcanza su voltaje y frecuencia nominal, actúa el switch de transferencia para transferir la carga (o parte de ella) al generador, cuando la fuente de alimentación normal regresa con su voltaje y frecuencia nominales, actúa el switch de transferencia en forma manual o automática para retornar la carga a la compañía suministradora.

El tiempo para que un motor arranque, hasta que la carga sea transferida al generador, es alrededor de 10 segundos durante este tiempo de arranque, las cargas de emergencia están sin potencia.

Las cargas pueden ser reaplicadas al generador en forma secuencial para prevenir el arranque o corrientes de inserción causadas por caídas de voltaje externas rápidas.

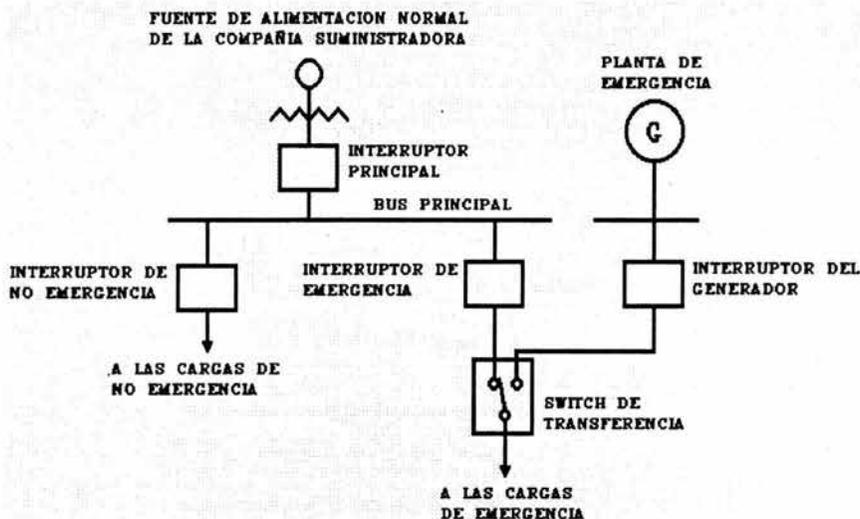


Fig. 3.2.5

C. Sistema de fuente ininterrumpible de potencia (UPS).

Estos sistemas son por lo general a base de dispositivos de estado sólido, el módulo básico de una UPS consiste de un cargador de baterías, una batería y un inversor. El módulo está provisto de un sistema de puente (by-pass) que transfiere la carga de emergencia a la fuente normal en forma automática cuando la UPS falla, o bien, se aísla manualmente para mantenimiento.

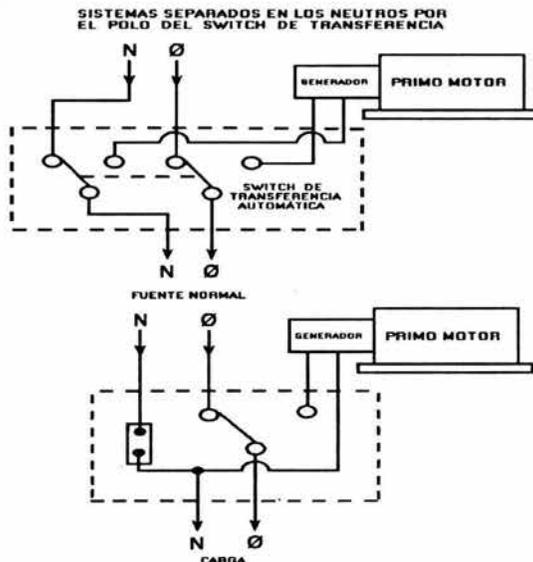


Fig. 3.2.6 Conexión de switch de transferencia automático.

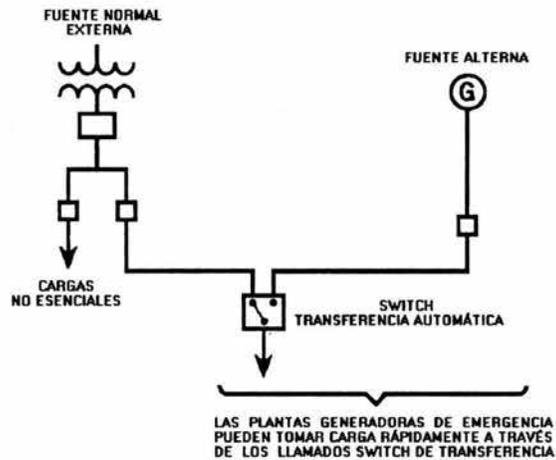


Fig. 3.2.7 Conexión de switch de transferencia automático.

El switch estático de alta velocidad cierra primero, seguido por el cierre del puente del interruptor y abriendo el interruptor de salida.

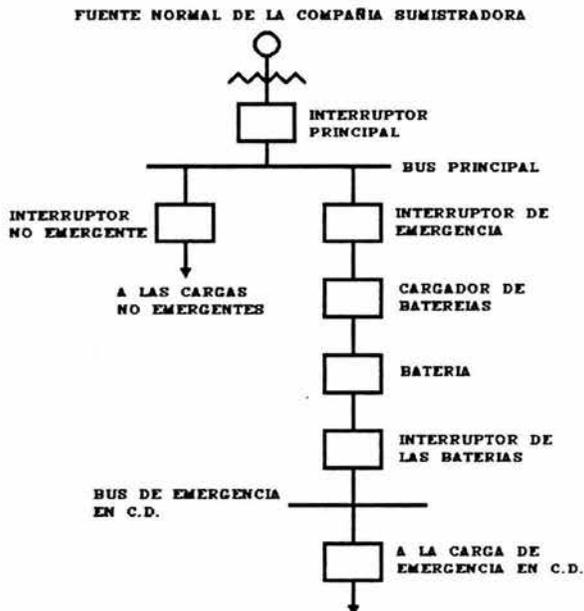


Fig. 3.2.8 Sistema de emergencia con una fuente estática tipo UPS.

La UPS opera para alimentar la carga de emergencia en forma continua, no opera en el modo de puente o standby.

Los módulos de las fuentes ininterrumpibles se fabrican hasta de 750 KVA en 60 Hz de entrada y 415 Hz de salida para alimentar a tipos específicos de computadoras, los módulos se pueden instalar en paralelo usando módulos extra redundantes. El tamaño de las UPS se dimensiona para alimentar la carga de emergencia por un lapso de 5 a 20 minutos, con frecuencia se expanden los tiempos operando en forma combinada las UPS con las plantas de emergencia.

D. Servicios independientes.

En la siguiente figura, se muestra el diagrama unifilar para un sistema en el cual la carga de emergencia se puede alimentar del bus principal o de un servicio alternativo de la compañía suministradora.

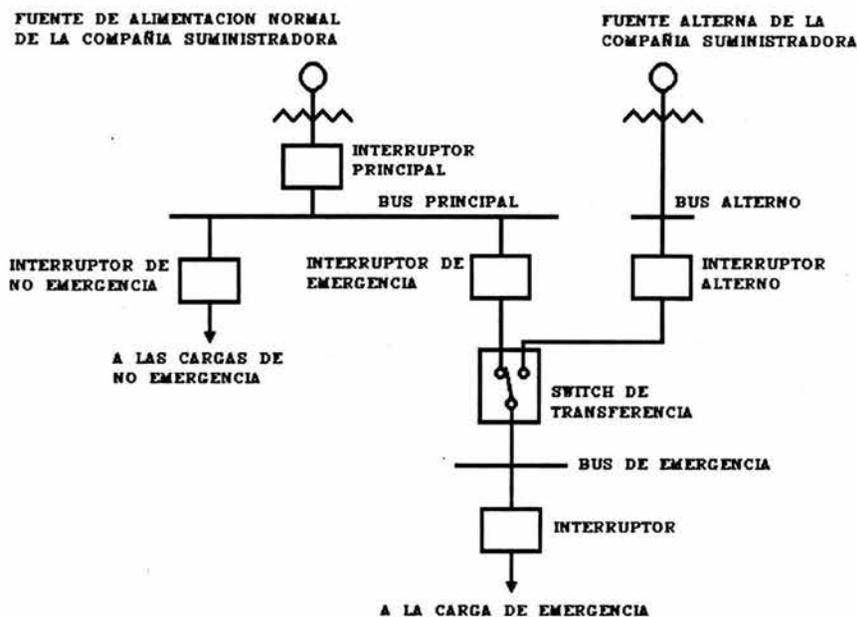


Fig. 3.2.9 Sistema de emergencia con una fuente alterna de la compañía suministradora.

La carga está alimentada por la línea normal de alimentación de la compañía suministradora, cuando el suministro normal falla, el switch de transferencia transfiere en forma automática la carga de emergencia a la línea de alimentación alterna, para que esto sea efectivo, la línea alterna debe llegar por una ruta diferente y de una diferente subestación que la línea normal.

La transferencia a la línea alterna no puede ser lo suficientemente rápida como para prevenir la caída o salida de las computadoras, equipo de procesamiento de datos o disparos por bajo voltaje en motores y efectos sobre las lámparas de mercurio a alta presión. Por otro lado, un apagón de la compañía de suministro puede dejar sin alimentación ambas líneas.¹⁸

¹⁸ Gilberto Enríquez Harper. El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica. Primera reimpresión. Editorial LIMUSA, 2001. Páginas de la 233 a la 245.

3.3 .- APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE EMERGENCIA.

Debido al creciente y complejidad de los sistemas de suministro y utilización de la energía eléctrica y consecuentemente de la necesidad de una mayor confiabilidad y disponibilidad de la energía. Es importante entender los principios básicos de la aplicación y selección de los sistemas de emergencia.

Los factores principales que determinan la aplicación de los sistemas de emergencia son:

- a).- El hacer frente a los reglamentos, códigos y leyes que regulan estas necesidades.
- b).- El mantener la seguridad y la salud de las personas presentes durante la falla de los sistemas de suministro.
- c).- La reducción de las pérdidas al mantener la energía en los procesos de: manufactura, computación, servicio, etc., cuando el suministro normal de energía falla.

Los puntos “b” y “c” requieren de un estudio de evaluación de cargas para poder determinar las necesidades particulares de cada usuario.

Los factores principales que deben considerarse en la selección de los sistemas de emergencia son:

- a).- Las características y la importancia relativa de las cargas conectadas.
- b).- Las tolerancias en tiempo de fuera de servicio de las cargas.
- c).- La facilidad de instalación y mantenimiento de los sistemas. (Incluyendo su capacidad de incremento).
- d).- Sus ventajas económicas.

3.3.1.- ALUMBRADO EN LUGARES PÚBLICOS Y PLANTAS INDUSTRIALES.

La evaluación de la calidad, cantidad, del tipo y de la duración de la energía de emergencia para el alumbrado, es necesaria para cada aplicación en particular.

Alumbrado de evacuación de personal.

El propósito del alumbrado de Emergencia para la evaluación es de evitar lesiones o pérdidas de vida, por lo que debe entrar automáticamente al fallar el suministro normal. El alumbrado de emergencia para la evacuación debe suministrar la suficiente iluminación para permitir una fácil y segura salida del área en consideración.

Alumbrado perimetral y de seguridad.

Al alumbrado perimetral, y para la seguridad, debe ser necesario para reducir: El riesgo de lesiones, robos y daños a la propiedad. Este puede no requerirse hasta unos minutos después de ocurrida la falla. Es necesario mantener el Alumbrado perimetral por todo el tiempo que dura la oscuridad.

Alumbrado de respaldo para reparación del equipo.

La iluminación para reparación debe instalarse en áreas donde sea más probable que existan fallas en el sistema y en el interruptor principal. Este requisito se justifica por la necesidad de tener la suficiente luz para reparar el equipo cuya falla causó la pérdida del alumbrado normal.

Alumbrado para la producción.

La interrupción del alumbrado normal puede causar serios cortes en la producción o la pérdida total de ella. Donde no exista riesgo de la seguridad humana o daños en la propiedad, la decisión de su instalación se debe basar en la evaluación económica de cada caso en particular. El nivel de iluminación debe permitir que la producción continúe ininterrumpidamente.

Alumbrado para reducir riesgos al operar la maquinaria.

El operador de una máquina puede estar expuesto a un alto riesgo en los primeros segundos después de haber ocurrido la falla del alumbrado normal.

Alumbrado suplementario para sistemas con lámparas de descarga de alta intensidad.

Si se utilizan lámparas de mercurio en el sistema de alumbrado normal, se deben considerar lámparas incandescentes o fluorescentes para el alumbrado de emergencia debido a que algunas lámparas de descarga de alta intensidad requieren de un periodo de enfriamiento antes de poder restablecer el arco y un periodo de calentamiento antes de alcanzar su completa luminosidad.

3.3.2.- TRANSPORTACIÓN EN EDIFICIOS Y LUGARES PÚBLICOS.

Elevadores.

Cuando existen dos o más elevadores de tres o más pisos, estos deben conectarse a fuentes separadas. En caso de presentarse situaciones donde se requiera energía de respaldo para todos los elevadores, es necesario poder suministrársela en 15 segundos.

Se puede lograr ahorros de energía durante una falla conectando a la fuente la mitad de los elevadores, si se ha previsto que el tránsito de personas pueda ser desviado y la capacidad de los elevadores es la adecuada. La energía debe transferirse al transformador de respaldo un minuto después de la falla del suministro para poder desalojarlo. Una vez desalojado puede dejar de utilizarse hasta que retorne la energía normal.

Cuando el servicio de elevadores es crítico para el personal y los pacientes de un hospital, se debe tener un interruptor de transferencia automático con supervisión manual.

Escaleras eléctricas.

Las escaleras eléctricas no requieren de energía de emergencia.

3.3.3.- SISTEMAS DE SERVICIO VITALES EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES.

Sistema de calefacción.

Los procesos de las plantas industriales necesitan con frecuencia una producción continua de vapor. Los requisitos para la producción continua de vapor son: aire suficiente para la combustión, aire para los instrumentos actuadores, suministro de agua y combustibles y suministro continuo de energía eléctrica para la supervisión de la flama. La máxima interrupción de energía tolerable es: El tiempo en que la inercia de los ventiladores o equipo de bombeo pueda mantener el flujo o presión del sistema por arriba de los límites mínimos.

Los procesos de calentamiento no críticos debido a necesidades inherentes de tales sistemas, pueden resistir interrupciones de energía de 5 minutos a un máximo de algunas horas.

Otros procesos de calentamiento como los utilizados en la industria textil, son de tal naturaleza que las pérdidas de calor del orden de 10 segundos, causa que el producto quede fuera de especificación. Cabe mencionar que los quemadores de gas y detectores de flama, continúan siendo sensibles a caídas de tensión del orden de 40% o mayores durante periodos de hasta un segundo o menos.

Sistema de Refrigeración.

Las necesidades de refrigeración usualmente no son críticas para interrupciones de energía de minutos a algunas horas, sin embargo, estas necesidades pueden hacerse críticas con forme dure la falla. En general puede considerarse un sistema de emergencia en:

- 1).- Los alimentos almacenados en restaurantes que requieren refrigeración y pueden verse afectados si la pérdida de energía se prolonga.
- 2).- La producción de helados o comida congelada no puede quedar a la mitad de su proceso, debido a que la producción puede perderse durante la falla o en su defecto retrasarse.
- 3).- Las pruebas científicas de larga duración que requieren una continuidad para obtenerlas.
- 4).- Cuando en ciertos procesos químicos, los aumentos de temperatura puedan causar daños severos o explosiones.

En todos estos casos se requiere que los generadores de emergencia sean arrancados como mínimo de manera manual y supervisados por un sistema de alarmas que notifique a la persona responsable la pérdida de refrigeración.

Producción.

La prevención de pérdidas en la producción debida a fallas en el voltaje de suministro se justifican con la suma total de los ahorros o beneficios al no suspender la producción.

A continuación se dan algunos puntos a considerar en la aplicación de fuentes de emergencia o respaldo.

- 1).- La pérdida por el pago de salarios no devengados en la producción durante el tiempo de falla.
- 2).- Las pérdidas monetarias y en prestigio ante los clientes que no reciben el producto o lo reciben tarde.
- 3).- Los costos de los materiales arruinados.
- 4).- Tiempo perdido por el retraso en la producción.
- 5).- Tiempo de restitución o puesta en marcha nuevamente del proceso productivo hasta alcanzar la que se tenía antes de la falla.

A menudo en las plantas industriales grandes, se requiere energía eléctrica confiable para:

- A).- Las compresoras de aire para la energía neumática.
- B).- Bombas de agua de pozos y/u otras fuentes para procesos industriales, sistemas contra incendio, maniobras del personal operario, etc.
- C).- Sistemas de suministro de combustible y aire para la combustión.
- D).- Sistemas de suministro de vapor.
- E).- Sistema de ventilación.
- F).- Transportadores de materias primas en sus procesos de acabado.

3.3.4.- AIRE ACONDICIONADO.

El acondicionamiento del espacio es el control del medio ambiente para mantener las condiciones estándar o alterar artificialmente los estándares del ambiente en edificios, habitaciones u otros lugares cerrados. El control del medio ambiente puede incluir cualquiera de las siguientes variables.

- a).- Temperatura.
- b).- Iluminación.
- c).- Gas.
- d).- Contenido de vapor.
- e).- Sonido.
- f).- Polvo.
- g).- Ventilación.
- h).- Olor.
- i).- Organismos.

Las cargas de aire acondicionado para el control del personal normalmente no se consideran como críticas, sin embargo, donde el equipo instalado es sensible a la temperatura, tal es el caso de equipos con componentes de estado sólido, el accionamiento de aire puede ser crítico. No se requiere una fuente ininterrumpible para este propósito debido a que la pérdida de energía no causa cambios instantáneos de temperatura.

A menudo la energía necesaria para el acondicionamiento ambiental, es importante para definir los requisitos de potencia de las fuentes de emergencia y el usuario debe evaluar hasta sus últimas consecuencias la pérdida de energía.

Algunos ejemplos en donde el acondicionamiento de aire puede justificarse, son los siguientes:

- 1).- En las instalaciones de comercio o laboratorios de horticultura con un ciclo programado de temperatura, humedad e iluminación para obtener el rendimiento de la cosecha o los resultados deseables de experimentación.
- 2).- Donde los cambios de temperatura e iluminación de los ciclos establecidos pueden inducir periodos de reproducción no esperados como en el caso de la industria avícola.
- 3).- Los criaderos de animales tropicales que requieren control de temperatura, ventilación, humedad e iluminación especiales.
- 4).- Las operaciones finales y empaquetamientos de material susceptible de contaminación en "cuartos limpios"; donde la interrupción de energía para la producción industrial o bien la operación del equipo de control de contaminación, se pueden ver afectados y provocar salida del personal.
- 5).- En las construcciones sin ventanas o en cuartos donde puede haber peligro para los ocupantes durante una falla prolongada.

3.3.5.- PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.

(Ver pagina 113 referente a corto circuito).

Existen normas, reglamentos y leyes que regulan los usos de los sistemas de emergencia para sistemas contra incendio. Pero la meta real es la de abolir un fuego destructivo bajo el hecho de que el fuego que empiece pueda ser confinado en el área con un mínimo de daños al personal y la propiedad. En tales casos los conocimientos de los jefes de planta respecto a los riesgos y facilidades que ofrecen los procesos y distintas áreas a los incendios; pueden ser de gran ayuda a fin de reducir las probabilidades de fuego y la extensión de los daños.

Las necesidades eléctricas específicas de los sistemas contra incendio podrían resumirse como sigue:

- 1).- Energía Eléctrica (generalmente baterías) para poder arrancar los sistemas de control de las bombas.
- 2).- Sistemas de alarma y rociadores de flujo.
- 3).- Energía para los sistemas de comunicación a fin de notificar a los departamentos implicados con los incendios (bomberos, auxilios médicos, policía, etc.), como guías de asistencia en estos siniestros.

- 4).- Iluminación para facilitar las actividades, en los edificios y áreas circundantes durante el incendio.
- 5).- Energía para las bombas de pozos o tanques de agua.
- 6).- Compresores de aire asociados con tanques de agua a presión para sistemas contra incendio del tipo hidroneumático.
- 7).- Comunicación para desalojo del lugar (altavoces).
- 8).- Detectores de fuego, gases, calor o humo.
- 9).- Alarmas.
- 10).- Válvulas de diluvio.
- 11).- Compuertas, puertas, etc., operadas eléctricamente.

Un conato de incendio casi siempre garantiza el inicio del paro de actividades en el lugar en que se presente y por esto los requerimientos de energía son obviamente críticos especialmente en los circuitos de los sistemas contra incendio y en las vitales comunicaciones para la seguridad de las personas. Por estas razones se hace indispensable el considerar las demandas de energía bajo un sistema de emergencia.

3.3.6.- SUMINISTRO DE ENERGÍA PARA SISTEMAS DE COMPUTO.

Computadoras, equipos de procesamiento de datos, bancos de memoria de datos y una variedad de modernos equipos de estado sólido son sensibles a mínimas variaciones de voltaje y frecuencia. Estos sistemas requieren de un suministro continuo de energía usualmente esta se satisface mediante una fuente de emergencia en el caso de que la alimentación normal falle.

Para satisfacer las necesidades de los sistemas de cómputo, se dispone de una amplia variedad de equipo como son:

Aisladores de Ruido.

Son dispositivos que emplean técnicas de aislamiento para suprimir el ruido en la línea.

Reguladores de C.A.

Son esencialmente reguladores de tensión diseñados para proporcionar una baja distorsión y una rápida respuesta en la salida.

Centros de Distribución de Energía.

Son consolas modulares que centralizan la energía y el control del equipo del centro de cómputo. Pueden incluir uno o más acondicionadores de línea. Estos centros están usualmente provistos con un cable principal de entrada y llevan paneles de protección, monitores, interruptores y cables de salida.

Las unidades están normalmente construidas en una configuración modular y el rango de capacidades es desde pequeñas unidades portátiles de aproximadamente 1 KVA hasta unidades de 100 a 125 KVA. (ver Fig. 3.3.6.1)

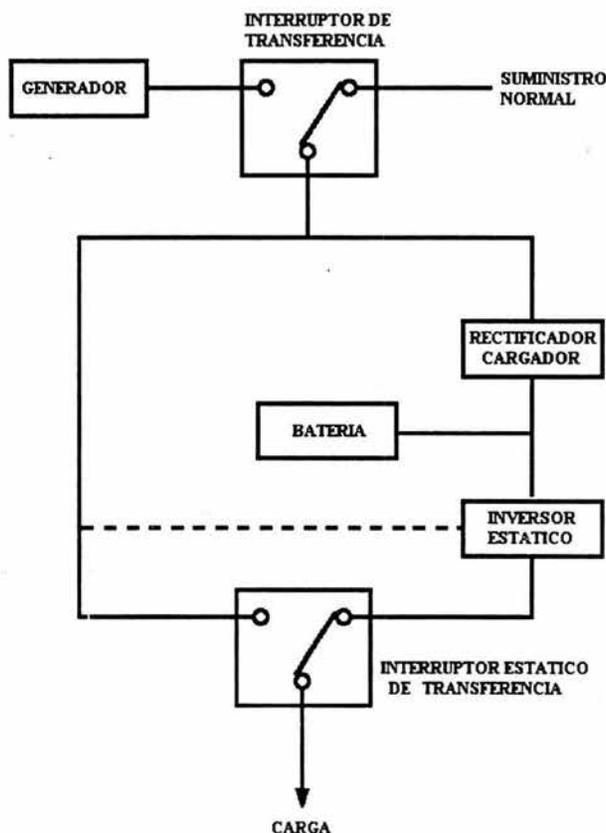


Fig. 3.3.6.1 Diagrama UPS (Uninterrumpible Power Súpli) El sistema ininterrumpible de energía asegura el suministro continuo de energía a computadoras y a otras cargas críticas.

Sistema ininterrumpible de Energía (UPS).

Están contruidos en módulos y son de capacidad limitada, generalmente entre los 200 KVA hasta 500 KVA, durante interrupciones del suministro de energía son capaces de proporcionar continuidad generalmente 15 minutos dependiendo de la carga conectada. La capacidad debe ser determinada en función del tiempo en que se requiera y la demanda del equipo que alimente.

Un equipo de esta naturaleza deberá proporcionar energía de manera ininterrumpida a computadoras y otras cargas críticas sin afectar el funcionamiento normal de estos equipos.

3.3.7.- SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.

Los sistemas de comunicación son aquellos medios que requieren energía para la transmisión y/o recepción de información verbal, escrita o de producción de imágenes. Los sistemas más comunes de este tipo:

- 1).- Teléfonos.
- 2).- Teletipos.
- 3).- Radio.
- 4).- Televisión.

Las necesidades de uno o de todos los sistemas de comunicación arriba listados, durante una falla de energía pueden justificar el costo del sistema de energía de emergencia. La necesidad de un sistema de emergencia para las comunicaciones es indispensable cuando se dan respuestas satisfactorias a las siguientes preguntas.

- 1).- ¿Se necesita un equipo de comunicación para:
 - a. Dar ordenes para salidas de procesos o equipos.
 - b. Para pedir ayuda, advertir y coordinar las maniobras en caso de fuego, disturbios, vandalismo u otras tareas para seguridad de la planta.
- 2).- ¿Cómo puede enviarse o recibirse mensajes vitales a una planta remota concernientes a la producción?
- 3).- ¿Cómo puede encontrarse a la persona clave, o darle instrucciones?, ¿Cómo ese personal reporta las condiciones a la central de control responsable?

Muchas preguntas más pueden hacerse acerca del mantenimiento de las comunicaciones en condiciones de emergencia, las cuales pueden ahorrar tiempos vitales y acelerar el retorno a las condiciones normales con un mínimo de confusión.

3.3.8.- SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN.

Los circuitos de señalización en comercios e industrias que requieren energía continua en menos de 1 minuto después de ocurrida la falla de suministro son:

- 1).-Sistemas de alarma para localización y contra fuego.
- 2).-Sistemas de iluminación para vigilancia.
- 3).-Sistemas de señalización en elevadores.
- 4).-Señales en puertas (de áreas de restricción con cerraduras eléctricas como se tienen en calderas, laboratorios, etc.)
- 5).-Indicadores remotos y locales de niveles de líquidos, de presión, de temperatura, etc.

Muchos de los circuitos de señalización operan con caídas de voltaje de hasta 70%, por lo tanto no requieren de relevadores especiales para su transferencia. Es recomendable que una fuente de energía independiente y única suministre a todas las alarmas contra incendio y a los sistemas de seguridad.¹⁹

¹⁹ Ing. Guillermo Vergara Caballero. Sistemas de Emergencia Tema 6. División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Agosto 1998. Páginas de la 2 a la 35.

3.4 .- PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.

Todas las partes de un sistema eléctrico están diseñadas para operar con seguridad dentro de límites especificados de corriente y voltaje. Por lo común se especifican los límites máximos. Cualquier condición que haga que estos límites se excedan significa problemas. Los problemas pueden ir desde la pequeña inconveniencia de luces parpadeantes o una imagen inestable en la TV, hasta incendios serios y los peligros del choque eléctrico.

Los dispositivos que protegen contra las condiciones de sobrecorriente son los fusibles y los interruptores automáticos del circuito. También puede existir el riesgo de un choque eléctrico sin una condición de sobrecorriente. Los dispositivos conocidos como interruptores del circuito por falla a tierra protegen contra el choque severo que puede producirse por esta forma de flujo anormal de corriente.

Todo circuito en un sistema eléctrico debe tener protección contra sobrecorriente. Es conveniente y lógico, y un requisito de la NOM, instalar esta protección en donde la energía eléctrica entra al edificio. Una cubierta metálica, conocida como tablero de servicio, proporciona un lugar para dividir la potencia que entra, a fin de alimentar los diferentes circuitos en el edificio y agrupar los dispositivos de protección contra sobrecorriente. El tablero de servicio es parte de una sección de la instalación eléctrica conocida como entrada de servicio.

Causas de la condición de sobrecorriente.

La protección contra las condiciones de sobrecorriente en un circuito consiste simplemente en sentir el exceso de corriente y desconectar la potencia que va hacia el circuito afectado, cuando fluye más corriente que la nominal. El flujo excesivo de corriente puede presentarse en un circuito bajo tres condiciones generales. Una de estas condiciones de corriente en exceso es normal: las otras dos no lo son.

La condición normal de corriente en exceso es la onda que se presenta cuando se enciende algún aparato eléctrico, en especial aquellos impulsados por un motor. Durante unos cuantos segundos después de que se encienden, los motores como los que se usan en los refrigeradores, congeladores, lavadoras de platos y máquinas para lavar ropa pueden consumir de seis a diez veces la corriente que consumirán cuando alcanzan su velocidad normal de operación (Fig. 3.4.1). Las grandes áreas iluminadas como los techos luminosos también dan lugar a que fluya una alta corriente inicial. También se puede presentar una onda normal si se encienden simultáneamente varios aparatos eléctricos de corriente elevada. Estas condiciones son normales y no presentan peligro alguno, si la duración de la onda es breve y si el circuito no estaba operando cerca de una condición de sobrecorriente, antes de que se presentara la onda. Entonces, la protección contra sobrecorriente se debe diseñar para tolerar ondas cortas de corriente moderada sin desconectar el circuito.

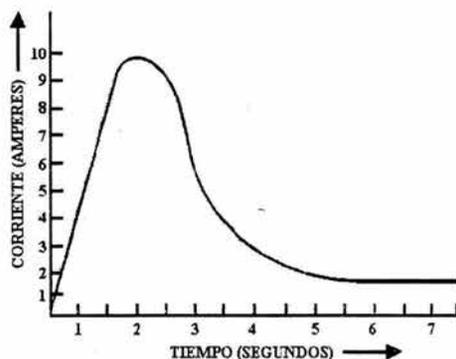


Fig. 3.4.1 Curva de corriente en el arranque de un motor.

Se presenta una condición de sobrecorriente anormal al conectar una carga de corriente demasiado grande a un circuito. Todos los dispositivos conectados a un circuito están en paralelo con todos los demás que se encuentren en el mismo circuito. En el estudio de los circuitos paralelos, sabemos que entre más cargas (resistores) se conecten en paralelo, menor es la resistencia efectiva a través de la línea. Con un voltaje constante, una menor resistencia significa un flujo mayor de corriente (Fig. 3.4.2). Si se presenta este tipo de condición de sobrecorriente, sólo rara vez, tal vez cuando se usa algún aparato como un calefactor eléctrico, no es seria y no es necesario tomar una acción correctiva importante. Sin embargo, si esta condición de sobrecorriente ocurre con frecuencia, se tiene la necesidad de establecer circuitos adicionales.

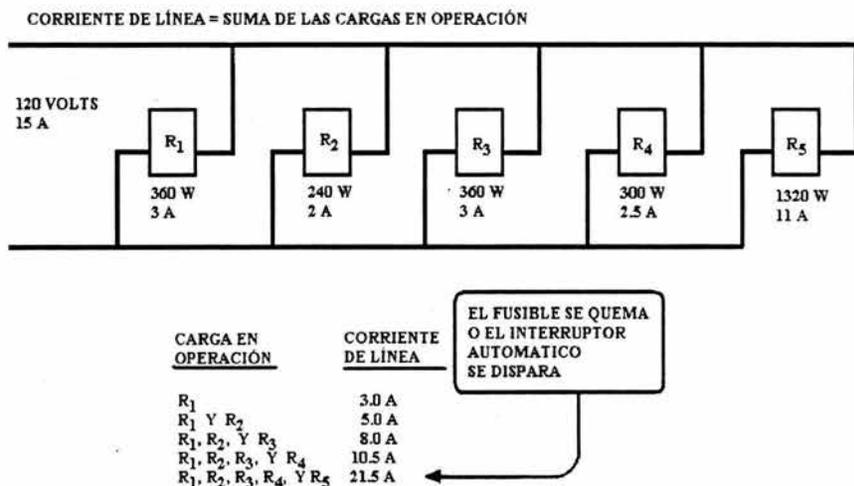


Fig. 3.4.2 Demasiadas cargas pueden causar una condición de sobrecorriente.

La tercera causa de sobrecorriente es potencialmente la más peligrosa. Ésta es la presencia repentina de una trayectoria de baja resistencia entre el alambre de fase y tierra. Por su puesto, esto es lo que se conoce como corto circuito (Fig. 3.4.3). La corriente en un corto circuito puede alcanzar valores de 10 000 amperes o más. Se puede ver el efecto de la resistencia disminuida sobre el flujo de corriente a partir de la ley de Ohm. El flujo de corriente I en un circuito es igual a V/R . Nótese que a medida que R se hace menor, el valor de I crece. (Por ejemplo, $120/10 = 12$ amperes, $120/1 = 120$ amperes, $120/0.01 = 12\ 000$ amperes, etc.) Este enorme flujo de corriente genera temperaturas extremadamente altas, funde el metal con tal rapidez que casi explota y vaporiza muchos materiales plásticos. Entonces una protección efectiva contra los cortos circuitos requiere una desconexión rápida, antes que la intensidad de la corriente pueda alcanzar los niveles en los que se tenga como resultado un daño serio y un incendio. Nótese que se puede presentar un corto circuito cuando existe una trayectoria de baja resistencia entre un alambre de fase (con aislamiento rojo o negro) y el alambre de tierra de la energía eléctrica (el de aislamiento blanco o gris) o cualquier punto conectado al conductor de puesta a tierra; esto incluye el alambre desnudo o con aislamiento verde, una tubería de agua fría o cualquier material conductor conectado a estos puntos. Cuando ocurre el corto circuito entre un alambre de fase y algún punto de tierra, la onda de corriente fluye de aquél hacia tierra (Fig. 3.4.4). No se tiene flujo anormal de corriente en el alambre con aislamiento blanco o gris. Entonces, la protección contra sobrecorriente se debe localizar en el alambre de fase.

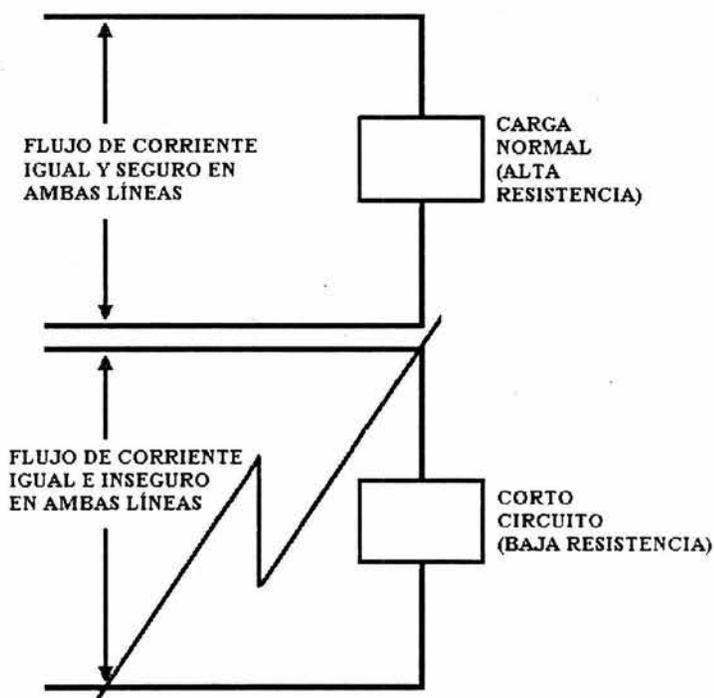


Fig. 3.4.3 Corto circuito de la línea de potencia.



Fig. 3.4.4 Corto circuito hacia tierra.

Corto Circuito.

Los cortos circuitos son principalmente fallas de aislamiento, excesiva humedad, daño mecánico a conductores o a equipo eléctrico, usualmente son del orden de diez veces la corriente nominal o mayores.

Para seleccionar adecuadamente el equipo de protección, es necesario conocer las características del sistema a proteger como son:

- 1).- Tensión del sistema.
- 2).- Corriente nominal de la carga.
- 3).- Tipo de conexión del sistema.
- 4).- Corriente mínima de operación en el punto de ubicación del equipo de protección.
- 5).- Niveles de corto circuito en los puntos a proteger.
- 6).- Capacidad de los equipos de protección.
- 7).- Curvas características de operación tiempo-corriente y secuencia de los dispositivos de protección.
- 8).- Márgenes de crecimiento a futuro de la instalación en estudio.
- 9).- Costo.

Todos los elementos de un sistema tienen límites de corriente, la protección no debe permitir que la sobrecarga rebese estos límites.

Sobre corriente y sobrecarga.

A menudo se usan las palabras sobrecorriente y sobrecarga indistintamente pero, en realidad, tienen significados diferentes. Sobrecorriente describe una condición en la que por un circuito está circulando más corriente que la nominal. La sobrecorriente depende de la magnitud de la corriente en exceso que está fluyendo y el tiempo que transcurre en esta condición.

Sobrecarga se aplica con más frecuencia a la operación de los motores eléctricos. Los motores requieren un flujo de corriente intenso al arrancar y mucho menos cuando alcanza su velocidad normal de operación. Los fusibles y los interruptores automáticos se deben diseñar para soportar esta corriente de arranque, sin desconectar el circuito. Si un motor tiene alguna falla mecánica, esa incrementa la fricción en la rotación, o bien, si la carga en el motor es demasiado intensa, la condición de corriente alta continuará. Esta es una sobrecarga. Una sobrecarga hará que fluya una corriente por debajo del nivel de corte del fusible o del interruptor automático, pero arriba del nivel de seguridad del motor. Bajo

condiciones de sobrecarga, los motores se pueden calentar peligrosamente y sus devanados se pueden quemar. Por lo tanto, se requiere una protección especial contra sobrecarga para la mayor parte de los motores grandes (1 hp o más) (Fig. 3.4.5). Los motores portátiles de un caballo de potencia o menor, que pueden enchufarse en receptáculos de 15 ó 20 amperes, son una excepción y no necesitan una protección separada contra sobrecarga. Otros, motores más pequeños que se usan en aparatos importantes, por lo general tienen una protección contra sobrecarga interconstruida que consiste en un elemento sensible al calor que desconecta el motor si la temperatura se eleva demasiado. Estos motores están marcados con la leyenda PROTEGIDOS TÉRMICAMENTE (THERMALLY PROTECTED) en su placa de características. El elemento sensible al calor de estos motores se puede montar de nuevo una vez que el motor se ha enfriado. Entonces se puede arrancar el motor una vez más. Esto se debe hacer sólo después de que se ha determinado la causa de la sobrecarga y se ha corregido el problema. En la gran mayoría de los casos, se encontrará que la sobrecarga es el resultado de cojinetes gastados, ya sea en el motor o en el aparato que está impulsando. Los cojinetes gastados pueden provocar flexiones en los árboles y engranes. La carga adicional resultante provoca el sobrecalentamiento del motor. Los motores grandes requieren dispositivos especiales de arranque conocidos como controladores y deben satisfacer requisitos especiales en su instalación.



Fig. 3.4.5 Protección contra sobrecarga.

Fusibles.

Los fusibles proporcionan la protección contra cortocircuito agregando una cinta metálica en serie con el alambre caliente de un circuito. La cinta metálica tiene un punto de fusión bajo. El tamaño de la cinta metálica determina cuánta corriente puede fluir antes de que se caliente hasta llegar al punto de fusión. Esta es la capacidad nominal en amperes del fusible. La corriente nominal puede fluir por la cinta metálica indefinidamente. Cuando fluye una cantidad de corriente mayor, la cinta se calienta y se funde; esto abre el circuito.

Características de los fusibles.

La corriente que puede fluir por un fusible sin que la cinta se funda es la capacidad nominal en amperes del mismo. Esta es la capacidad nominal más importante al seleccionar los fusibles para los circuitos residenciales. No obstante, los fusibles tienen otras características con las que debe familiarizarse el electricista. Una de éstas es la capacidad nominal de voltaje del fusible. La capacidad nominal de un fusible debe ser igual a, o mayor que, el voltaje del circuito que va a proteger. La capacidad de voltaje es aquella que tiene un fusible para extinguir el arco que se presenta cuando se funde y para mantener un circuito abierto después de que el elemento se funde, evitando la formación de un arco a través del espacio abierto que deja ese elemento. Las capacidades estándar de los fusibles son 600 volts, 300 volts, 250 volts y 125 volts. Se pueden utilizar fusibles que tengan capacidades de voltaje superiores que el del circuito, pero nunca menores.

Otra medida del comportamiento de un fusible se llama capacidad nominal de interrupción. Como se hizo notar con anterioridad, cuando ocurre un corto circuito, la intensidad de la corriente puede ser cientos o incluso miles de veces mayor que la corriente normal. El fusible debe poder reaccionar a esta onda de corriente y operar en forma apropiada para abrir el circuito. La corriente máxima de corto circuito que puede fluir en el punto en el que las líneas de potencia entran a un edificio queda determinada por la corriente máxima que se puede extraer de las líneas de la compañía que suministra el servicio. La corriente típica de corto circuito de los transformadores de la compañía va desde 25 000 hasta 75 000 amperes. La mayor parte de los fusibles que listan los Underwriters' Laboratories tienen capacidades nominales de interrupción iguales a, o mayores que, estos valores. Estas características se abrevian AIC, por amperes interrupting current (corriente de interrupción en amperes). La corriente máxima de corto circuito en otros puntos de una instalación eléctrica residencial es aproximadamente de 10 000 amperes.

La NOM requiere que todos los dispositivos de protección contra sobrecorriente sean capaces de abrir un circuito antes de que se pueda producir un daño extenso en sus componentes. En los circuitos de corriente alterna, la onda máxima de corriente se presenta en el siguiente medio ciclo después de que ocurre el corto circuito. Para proteger los demás componentes del circuito, los fusibles deben abrirlo en menos de medio ciclo. Muchos fabricantes especifican la corriente pico que dejan pasar, en amperes, o el tiempo de corte, en fracciones de ciclo (Fig. 3.4.6). Menos de un cuarto de ciclo, o aproximadamente 4/1000 segundos (4 milisegundos), limitará la corriente de corto circuito a valores aceptables.

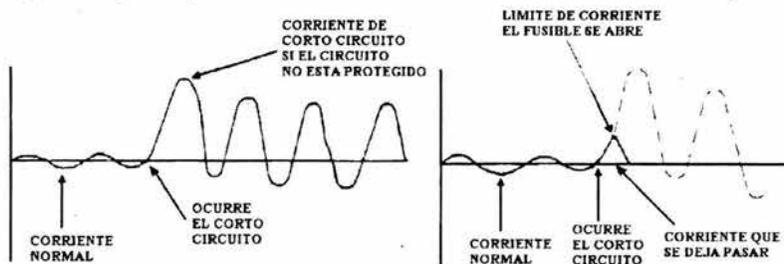


Fig. 3.4.6 Curva de corriente que deja pasar el fusible.

Cartuchos fusibles. Los cartuchos fusibles se fabrican con las mismas capacidades y características que los tapones pero, además, se fabrican en tamaños diseñados para manejar una corriente mucho más alta. Los cartuchos fusibles son el único tipo disponible para circuitos con capacidades nominales superiores a 30 amperes. Los cartuchos para circuitos de 30 a 60 amperes tienen contactos de regatón (Fig. 3.4.7). Por encima de 60 amperes, los fusibles tienen contactos de cuchilla (Fig. 3.4.8). Existen cartuchos fusibles con la característica de retardo en todos los amperajes (Fig. 3.4.9). La longitud y diámetro de los cartuchos se incrementa paulatinamente con el amperaje. Esto limita, pero no elimina por completo, la posibilidad de reemplazar un fusible por uno de tamaño equivocado. Téngase cuidado de reemplazar los cartuchos quemados por nuevos del valor apropiado.

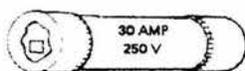


Fig. 3.4.7 Cartucho fusible con contactos de regatón.

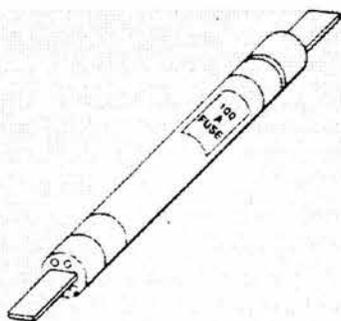


Fig. 3.4.8 Cartucho fusible con contactos de cuchillas.

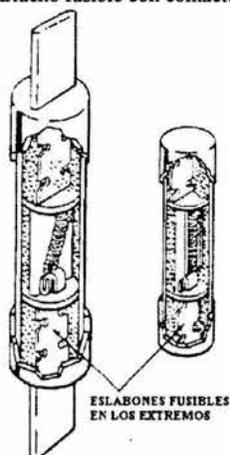


Fig. 3.4.9 Sección transversal de un cartucho fusible con retardo.

Los cartuchos fusibles que se usan en las instalaciones residenciales no permiten ver el elemento fusible fundido, como sucede con los tapones. Los cartuchos se deben verificar con un probador de continuidad o un óhmmetro (Fig. 3.4.10). Para hacer la verificación, se debe quitar del tablero el cartucho que se sospecha está quemado. Úsese siempre un sacafusibles para extraerlos del tablero (Fig. 3.4.11). Si por el fusible acaba de pasar una corriente intensa, o se acaba de quemar, puede estar lo suficientemente caliente como para causar una quemadura dolorosa.

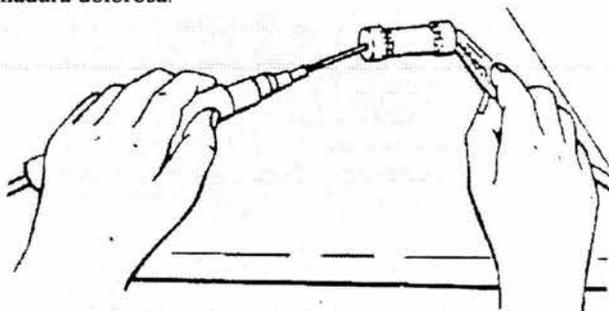


Fig. 3.4.10 Comprobación de un cartucho fusible.

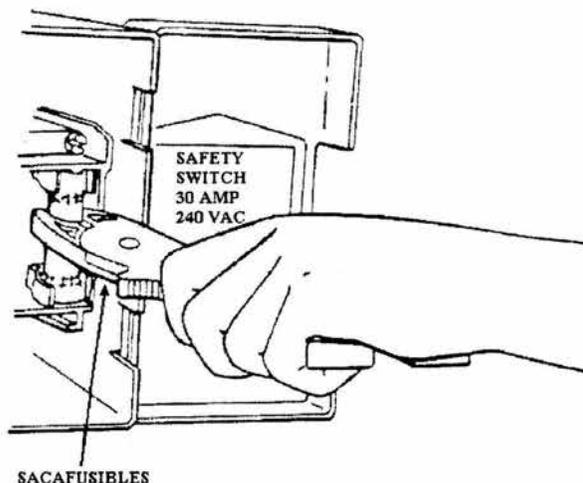


Fig. 3.4.11 Uso de un sacafusibles.

Algunos cartuchos fusibles se pueden volver a usar instalando un nuevo elemento en el cilindro. Desármese el fusible desatornillando uno de los casquillos de los extremos. Quítese lo que resta del eslabón quemado e introdúzcase uno renovable. Es importante apretar firmemente los tornillos de montaje cuando el nuevo eslabón se coloque en su lugar (Fig. 3.4.12). Si el montaje del eslabón queda flojo puede provocar sobrecalentamiento en la terminal.

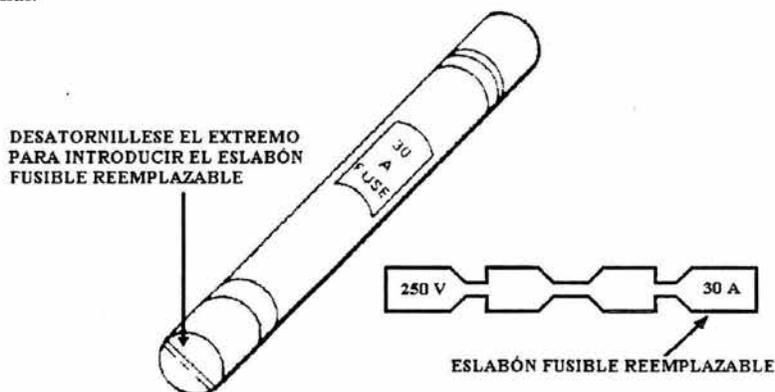


Fig. 3.4.12 Cartuchos fusibles con eslabón reemplazable.

Para resumir, los fusibles constituyen una manera sencilla, muy confiable y barata para contar con protección contra sobrecorriente. Los fusibles no tienen partes mecánicas que pueden fallar; no envejecen ni se desgastan. La única limitación importante que tienen es el tiempo y esfuerzo necesarios para reemplazarlos cuando se queman.

Interruptores automáticos de circuito.

Los interruptores automáticos combinan las funciones de un apagador y un fusible, en un solo dispositivo. Dan protección contra sobrecorriente como la hace un fusible y, además, proporcionan un medio para conectar y desconectar la potencia en el circuito. Cuando se instalan en el tablero de servicio, se ven muy semejantes a los apagadores ordinarios de volquete o a los de botón (Fig. 3.4.13).

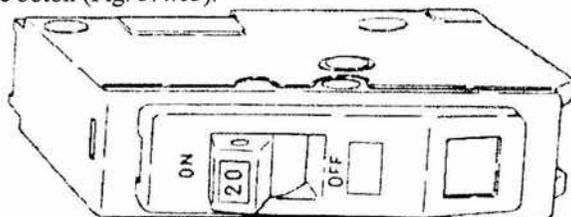


Fig. 3.4.13 Tipos de interruptores automáticos.

Los interruptores automáticos se encuentran con capacidades nominales de 15 a 200 amperes, para uso residencial. Se fabrican en tamaños más grandes para aplicaciones comerciales e industriales. Estos interruptores, como los fusibles, también se clasifican respecto al voltaje y la corriente de interrupción.

El mecanismo interno de los interruptores automáticos consta de una cinta bimetalica y de contactos accionados por resortes (Fig. 3.4.14). La cinta bimetalica se hace con dos tipos diferentes de metal como acero y bronce firmemente unidos cara a cara en caliente. La cinta actúa como un gatillo para mantener pegados los contactos. Cuando por el interruptor fluye más corriente que la nominal, el calor hace que los dos metales se dilaten en cantidades y proporciones diferentes, lo que provoca que la cinta se flexione (Fig. 3.4.15). Los contactos accionados por resortes se liberan y se interrumpe el flujo de corriente.

También se pueden abrir los contactos moviendo el disparador de volquete hacia la posición de apagado. El cierre bimetalico requiere cierto tiempo para calentarse y disparar el interruptor hacia la posición de apagado; con esto se logra una característica de retardo. La mayor parte de los interruptores automáticos dejarán pasar una y media veces su corriente nominal durante un minuto aproximadamente, y tanto como tres veces su corriente nominal durante 5 segundos. Esto da lugar a un retardo suficiente como para que se use un aparato impulsado por motor, sin que se dispare el interruptor.

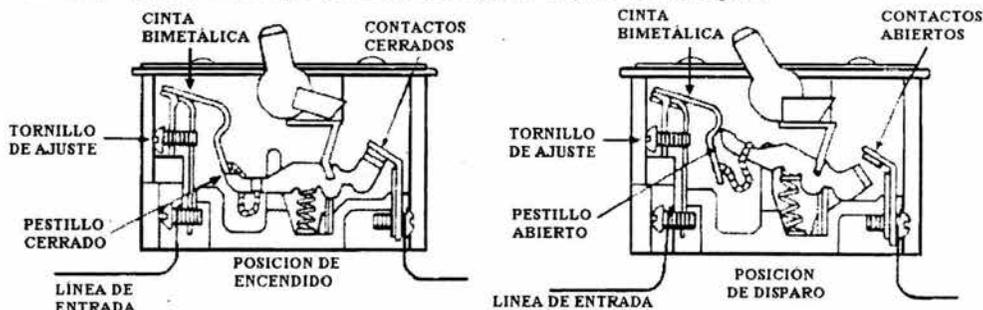


Fig. 3.4.14 Sección transversal de un interruptor automático.

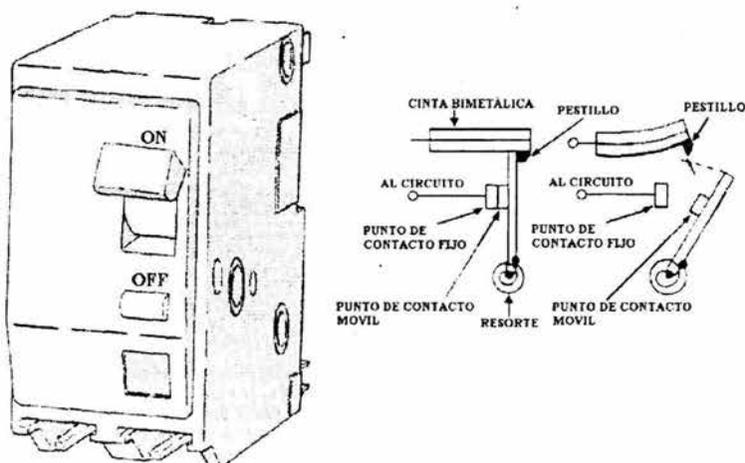


Fig. 3.4.15 Cinta bimetálica.

El disparador manual de algunos interruptores automáticos del tipo volquete tiene cuatro posiciones (Fig. 3.4.16). Bajo condiciones normales, el disparador manual está arriba. Al presentarse una condición de sobrecorriente, el disparador manual se mueve hacia una posición intermedia. Para volver a montar el dispositivo, se debe mover el disparador hacia abajo tanto como se pueda y, a continuación, regresarlo a la posición de encendido. Cuando se lleva a la posición de apagado en forma manual, se debe mover el disparador hasta que pase por la posición intermedia, hasta la posición de apagado. Otros tipos de interruptores automáticos sólo tienen dos posiciones y se pueden hacer funcionar precisamente como un apagador de volquete, tanto para volver a montarlo como para hacerlo funcionar en forma manual. La NOM requiere que los interruptores automáticos muestren con claridad si están en la posición de encendido o en la de apagado. Los del tipo de volquete lo hacen con marcas en las posiciones (ON-OFF). Los del tipo de botón tienen un indicador de encendido-apagado (ON-OFF) visible a través de una abertura que se encuentra en la tapa anterior.⁶

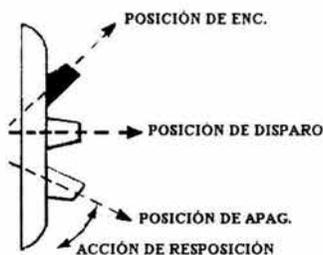


Fig. 3.4.16 Posición del disparador manual de un interruptor automático.

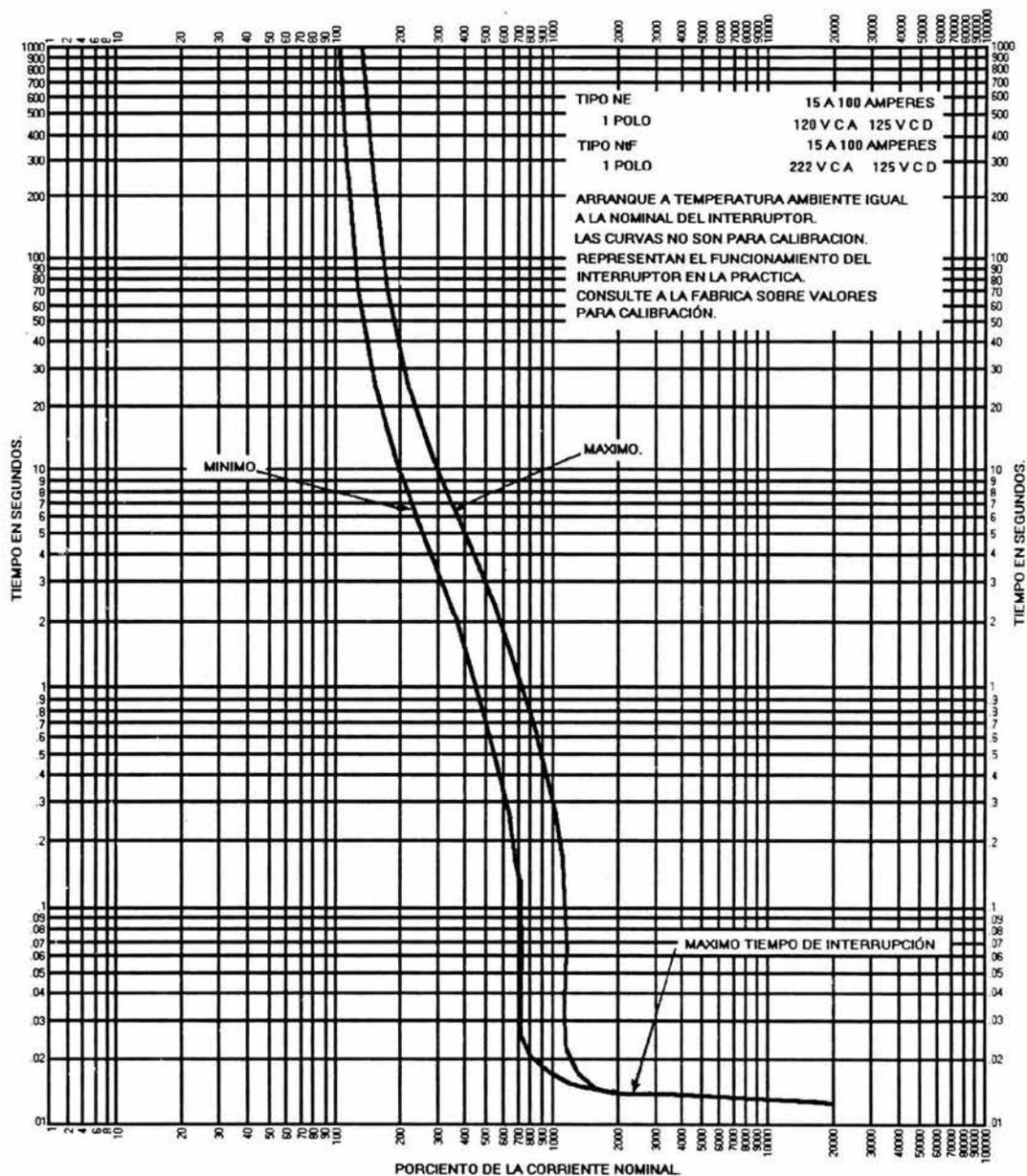
En la siguiente figura se muestra una curva característica de los interruptores termomagnéticos.

⁶ Joseph H. Foley. Fundamentos de Instalaciones Eléctricas. Editorial Mc Graw-Hill, Septiembre de 1995. Páginas de la 180 a la 187.

CURVA
CARACTERÍSTICA.

PORCIENTO DE LA CORRIENTE NOMINAL

Marca E. EF



CAPÍTULO CUARTO.

IV.- PROYECTO ELÉCTRICO.

4.1 .- DESCRIPCIÓN GENERAL PARA BAJA TENSIÓN.

A 25 metros del transformador se colocara el interruptor principal de 3P-1000 Amperes (Ajustado a 900 Amperes). Que forma parte del tablero general de servicio normal. Esta línea esta formada por 15 conductores calibre 3/0 AWG. Para las fases y 2 conductores calibre 3/0 AWG. Para el neutro, y 1 conductor calibre 2/0 AWG. Para tierra fisica, instalados en tubería no metálica de PVC de 129 mm de diámetro.

Este tablero se forma de 3 fases, 4 hilos, 220/127 volts, 60 Hz. Del cual se derivan los siguientes interruptores termomagnéticos derivados: 1 de 3P-350 A., 3 de 3P-200 A., 1 de 3P-100 A., 1 de 3P-50 A., 1 de 3P-40 A., 1 de 2P-30 A., y 2 de 3P-20 A.

De los interruptores derivados se conectaran los alimentadores, los cuales darán servicio a: Tablero General de Emergencia, Tablero "N" (Normal), UP 1 (Unidad de Aire No. 1), UP 2 (Unidad de Aire No. 2), UP 3 (Unidad de Aire No. 3), Tablero de "Aire acondicionado", Calderas, Anuncio paleta, Alumbrado Estacionamiento, y Circuito a futuro.

El tablero de emergencia se forma de 3 fases, 4 hilos, 220/127 volts, 60 Hz. El cual es alimentado por 6 conductores calibre 3/0 AWG. Para las fases y 1 conductores calibre 3/0 AWG. Para el neutro, y 1 conductor calibre 2 AWG. Desnudo para tierra fisica, instalados en ducto cuadrado de 10 x 10 cms. Esta formado por los siguientes interruptores derivados: 1 de 3P-200 A., 1 de 3P-70 A., 1 de 3P-50 A., 1 de 3P-30 A., y 1 de 3P-20 A.

De los interruptores derivados se conectaran los alimentadores, los cuales darán servicio a: Tablero "E", Tablero "Cisternas", Tablero de "Refrigeración", Extracción de campanas, y Circuito a futuro.

Como se ilustra en el diagrama unifilar IE-DU-07 página 161.

4.2 .- CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DEL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES.

Para la selección de conductores se debe tomar en cuenta:

- Tipo de conductor utilizado.
- La corriente que va a transportar el conductor.
- El factor de corrección por temperatura y agrupamiento.
- La caída de tensión que sufrirá el conductor.

Nota: La temperatura de operación del conductor asociado con su capacidad de corriente, se considera de 60°C para cables menores al calibre 1/0 y se consideraran conductores con temperatura de operación de 75°C para cables calibre 1/0 o mayores. (Art. 110-14c incisos 1 y 2 de la NOM-001-SEDE-1999.)

4.3 .- ANÁLISIS DEL CIRCUITO DEL TABLERO PRINCIPAL.

Cálculo de la corriente nominal en amperes para sistema trifásico a cuatro hilos.

$$\text{Formula: } I_n = \frac{W}{\sqrt{3} (V_{ff}) (f.p)} \quad (4.3.1)$$

De donde:

I_n = Corriente nominal del circuito en amperes.

W = Potencia del circuito en watts.

V_{ff} = Voltaje de fase a fase en volts.

f.p. = Factor de potencia de la carga.

Datos:

$W = 299,901.33 \text{ W}$

$V_{ff} = 220 \text{ V}$

f.p. = 0.90

Sustituyendo los datos en la ecuación 4.3.1 se tiene:

$$I_n = \frac{299,901.33 \text{ W}}{(1.732) (220) (0.90)} = 874.51 \text{ A.}$$

La corriente nominal en amperes que circula por el conductor del circuito principal es de:

$I_n = 874.51 \text{ A.}$

Aplicando el factor de demanda propuesto de f.d. = 0.80 se tiene lo siguiente:

$I_n = 874.51 \text{ A} * 0.80 = 699.61 \text{ A.}$

El conductor será seleccionado de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999, el conductor seleccionado es el del calibre 500 kcmil a 75°C este conductor soporta 380 Amperes para las fases se utilizaran 2 conductores en paralelo para cada fase este arreglo soporta 760 Amperes. Como el conductor seleccionado no es comercial se sustituye por un arreglo equivalente a este (Según artículo 310-4 NOM-001-SEDE-1999), en este caso utilizaremos el conductor de 3/0 AWG a 75°C que soporta 200 amperes, utilizaremos 4 conductores de 3/0 AWG por fase en paralelo para cada fase este arreglo soporta 800 Amperes.

Factor de corrección por temperatura y agrupamiento: El conductor será afectado por su factor de agrupamiento cuando el número de conductores alojados en la misma canalización sea mayor de 3, en este caso tenemos 12 conductores activos en la canalización por lo tanto le aplicaremos un factor de ajuste de 0.70 (Según Apéndice A, Tabla A-310-11 de la NOM-001-SEDE-1999).

El factor de corrección por temperatura ambiente será unitario por ser menor o igual a 30°C.

$$\text{Formula: } I_c = I \times FCA \times FCT \quad (4.3.2)$$

De donde:

I_c = Capacidad de conducción de corriente corregida que soporta el cable **699.61 A**.

I = Capacidad de corriente del conductor según Tabla 310-16.

FCA = Factor de corrección de corriente por agrupamiento = 0.70

FCT = Factor de corrección de corriente por temperatura = 1.

Despejando la corriente "I" de la ecuación 4.3.2. obtenemos:

$$I = \frac{I_c}{FCA \times FCT} = \frac{699.61}{0.70 \times 1} = \mathbf{999.44 \text{ A.}}$$

Se requiere que el cable soporte 999.44 amperes por lo tanto seleccionaremos de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999, el cable calibre No. 900 kcmil a 75°C este conductor soporta 520 Amperes para las fases se utilizaran 2 conductores en paralelo para cada fase este arreglo soporta 1,040 Amperes, por no ser comercial este se sustituirá por un arreglo equivalente.

Se utilizaran 5 conductores del cable calibre No. 3/0 AWG a 75°C por fase (Según artículo 310-4 NOM-001-SEDE-1999), cada conductor soporta 200 A. La corriente que soporta este arreglo es de: $I = 5 * 200 \text{ A} = \mathbf{1000 \text{ A.}}$

Selección por caída de tensión: La caída de tensión se debe distribuir razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, procurando que en cualquiera de ellos la caída de tensión, no sea mayor de 3% (Artículo 210-19 de la NOM-001-SEDE-1999).

Para calcular el área del conductor por caída de tensión en circuitos trifásicos a cuatro hilos usaremos la formula:

$$S = \frac{2 L I_n}{V_{fn} e\%} \quad (4.3.3)$$

De donde:

S = Área requerida del conductor en mm^2 .

L = Longitud del circuito derivado en mts.

I_n = Corriente nominal del circuito en amperes.

V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.

$e\%$ = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

Datos:

$L = 25$ mts.

$I = 874.51$ Amperes.

$V_{fn} = 127$ volts.

$e\% = 3 \%$.

Sustituyendo valores en la ecuación 4.3.3 se tiene:

$$S = \frac{2 * 25 * 874.51}{127 * 3} = 114.76 \text{ mm}^2.$$

El cable adecuado por caída de tensión es el cable calibre No 250 kcmil. Uno por fase.

Por lo tanto el cable seleccionado será el de 5 conductores calibre No 3/0 AWG a 75°C por fase el diámetro de este arreglo es de 425.05 mm², ya que este es el cable de mayor diámetro calculado.

Para calcular la caída de tensión del conductor seleccionado se usara la formula:

$$e \% = \frac{2 L I}{V_{fn} S} \quad (4.3.4)$$

De donde:

S = Área requerida del conductor en mm².

L = Longitud del circuito derivado en mts.

I = Corriente que circula por el circuito en amperes.

V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.

e% = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

Datos:

S = 425.05 mm².

L = 25 mts.

I = 874.51 Amperes.

V_{fn} = 127 volts.

Sustituyendo valores en la ecuación 4.3.4 se tiene:

$$e \% = \frac{2 * 25 * 874.51}{127 * 425.05} = 0.81 \%$$

Selección de protección: Los conductores se deberán proteger, contra sobrecorriente. De acuerdo con las capacidades de conducción de corriente calculadas después de que se han aplicado los factores de corrección por agrupamiento y temperatura, (Sección 240-3 b de la NOM-001-SEDE-1999) para el tablero general, la protección será con un interruptor automático de 3P - 1000 Amperes ajustado a 900 Amperes.

Cálculo de conductor de tierra para canalizaciones y equipos: En este caso tenemos una protección general de 1000 Amperes según Tabla 250-95 de la NOM-001-SEDE-1999, le corresponde un conductor del calibre 2/0 AWG (67.43 mm²), para tierra física.

Cálculo de la tubería: En este caso tenemos 17 conductores de 3/0 AWG con una área aproximada de 201 mm² por cada conductor, así como 1 conductor de 2/0 AWG con una área de aproximadamente de 169 mm². Realizando la suma total de los conductores utilizados se tiene lo siguiente:

$$17 \times 201 \text{ mm}^2 = 3,417 \text{ mm}^2.$$

$$3,417 \text{ mm}^2 + 169 \text{ mm}^2 = 3,586 \text{ mm}^2.$$

Según Tabla 10-4 de la NOM-001-SEDE-1999, columna de más de dos conductores con factor de relleno de 40% se tiene que el área disponible para conductores en mm² es de 5163 mm² siendo el tamaño nominal de la tubería de 129 mm (5 pulgadas).

Nota: Todos los alimentadores de los circuitos trifásicos a cuatro hilos se calcularan haciendo la misma consideración que el circuito principal, pero solamente se colocaran los resultados y datos en la Tabla 4.3.1.

Tabla 4.3.1 Resultado del cálculo de la corriente nominal en amperes para sistema trifásico a cuatro hilos.

Descripción de la carga.		Cálculo de los conductores alimentadores por									Conductor Seleccionado.		Selección de la protección. Sección 240-3 b	Selección del conductor a tierra. Tabla 250-95	Selección de la tubería. Tabla 10-4
		Ampacidad				Caída de tensión									
Circuito	Watts del circuito	In	FCA	FCT	I	Calibre conductor THW.	L	S	Calibre conductor THW.	Tabla 310-16 Corriente conductor	Calibre conductor THW.	e%			
Tablero General*	299,901.33	699.61	0.70	1	999.44	5-3/0 x F	25	114.76	250	255	5-3/0 x F	0.81	3P-1000 A	2/0 AWG (67.43mm ²)	129 mm (5pulgadas)
Tablero "N"	52,774.51	153.89	1	1	153.89	3/0	25	20.19	4	70	3/0	0.71	3P - 200 A	6 AWG (13.3 mm ²)	53 mm (2pulgadas)
Tablero "E"	64,394.38	187.77	1	1	187.77	3/0	25	24.64	3	85	3/0	0.87	3P - 200 A	6 AWG (13.3 mm ²)	53 mm (2pulgadas)
C.C.M. Cisterna.	9,081.68	26.48	1	1	26.48	10	15	2.09	14	20	10	1.18	3P - 30 A	10 AWG (5.26 mm ²)	21 mm (3/4pulgada)
C.C.M. Refrigeración*	24,481.23	57.10	1	1	57.10	4	25	7.49	8	40	4	1.06	3P - 70 A	8 AWG (8.367mm ²)	35 mm (1-1/4 pulg.)
C.C.M. Calderas	1,520.62	4.43	1	1	4.43	12	25	0.58	18	---	12	0.53	3P - 20 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
C.C.M. Aire Acon.	10,582.94	30.86	1	1	30.86	8	15	2.43	12	25	8	0.87	3P - 40 A	10 AWG (5.26 mm ²)	27 mm (1pulgada)
Carga Total del Tab. General de Emergencia	103,518.38	301.86	0.80	1	377.32	2-3/0 x F	10	15.84	4	70	2-3/0 x F	0.28	3P - 350 A	2 AWG (33.62 mm ²)	Ducto Cuadrado 10x10 cm.

* Aplicándole el factor de demanda permitido para restaurantes nuevos (Según artículo 220-36 NOM-001-SEDE -1999) que es de f.d. = 0.80

- In** = Corriente nominal en Amperes.
FCA = Factor de corrección por agrupamiento.
FCT = Factor de corrección por temperatura.
I = Corriente que circula por el circuito en amperes.
L = Longitud del circuito derivado en metros.
S = Área requerida del conductor en mm².
e% = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

4.4 .- ANÁLISIS DE UN CIRCUITO DERIVADO TRIFÁSICO A CUATRO HILOS (UP 1).

Cálculo para sistema trifásico a cuatro hilos de Unidad de Paquete de Aire Acondicionado (UP-1).

$$\text{Formula: } KW = \frac{I \times V_{ff} \times f.p \times \sqrt{3}}{1000} \quad (4.4.1)$$

De donde:

I = Corriente del circuito en amperes.

W = Potencia del circuito en watts.

V_{ff} = Voltaje de fase a fase en volts.

f.p. = Factor de potencia de la carga.

Datos:

I = 130 Amperes.

V_{ff} = 220 V

f.p. = 0.90

Sustituyendo los datos en la ecuación 4.4.1 se tiene:

$$KW = \frac{(130)(220)(0.90)(1.732)}{1000} = 44.58 \text{ KW.}$$

La potencia del circuito en watts es de: **W = 44,581.68 Watts.**

La corriente en amperes que circula por el alimentador del circuito es de: **I = 130 A.**

Aplicándole el factor de ajuste para calefacción de ambiente (Según artículo 424-3b NOM-001-SEDE-1999) que es de f.c. = 1.25 se tiene lo siguiente:

$$I_n = 130 \text{ A} * 1.25 = 162.50 \text{ A.}$$

El conductor será seleccionado de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999, el conductor seleccionado es el del calibre 2/0 AWG a 75°C que soporta 175 amperes. Se utiliza 1 conductores de 2/0 AWG por fase.

Factor de corrección por temperatura y agrupamiento: El conductor será afectado por su factor de agrupamiento cuando el número de conductores alojados en la misma canalización sea mayor de 3, en este caso tenemos 3 conductores activos en la canalización por lo tanto le aplicaremos un factor de ajuste de 1 (Según artículo 310-15 de la NOM-001-SEDE-1999).

El factor de corrección por temperatura ambiente será unitario por ser menor o igual a 30°C.

$$\text{Formula: } I_c = I \times FCA \times FCT \quad (4.4.2)$$

De donde:

I_c = Capacidad de conducción de corriente corregida que soporta el cable **162.50 A.**

I = Capacidad de corriente del conductor según Tabla 310-16.

FCA = Factor de corrección de corriente por agrupamiento = 1.

FCT = Factor de corrección de corriente por temperatura = 1.

Despejando la corriente "I" de la ecuación 4.4.2. obtenemos:

$$I = \frac{I_c}{FCA \times FCT} = \frac{162.50}{1 \times 1} = 162.50 \text{ A.}$$

Se requiere que el cable soporte 162.50 Amperes por lo tanto seleccionaremos de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999, el cable calibre No. 2/0 AWG a 75°C este conductor soporta 175 Amperes. Se utilizara 1 conductor del cable calibre No. 2/0 AWG para cada fase.

En este caso se utilizara 1 conductor de cable calibre No. 2/0 AWG a 75°C para cada fase, cada conductor soporta 175 A.

Selección por caída de tensión: La caída de tensión se debe distribuir razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, procurando que en cualquiera de ellos la caída de tensión, no sea mayor de 3% (Artículo 210-19 de la NOM-001-SEDE-1999).

Para calcular el área del conductor por caída de tensión en circuitos trifásicos a cuatro hilos usaremos la formula:

$$S = \frac{2 L I_n}{V_{fn} e\%} \quad (4.4.3)$$

De donde:

S = Área requerida del conductor en mm^2 .

L = Longitud del circuito derivado en mts.

I = Corriente que circula por el circuito en amperes.

V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.

$e\%$ = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

Datos:

L = 31 mts.

I = 162.50 Amperes.

V_{fn} = 127 volts.

$e\%$ = 3 %.

Sustituyendo valores:

$$S = \frac{2 * 31 * 162.50}{127 * 3} = 26.44 \text{ mm}^2.$$

El cable adecuado por caída de tensión es el cable calibre No 3 AWG. Uno por fase.

Por lo tanto el cable seleccionado será 2/0 AWG a 75°C por fase, ya que este es el cable de mayor diámetro calculado.

Para calcular la caída de tensión del conductor seleccionado se usara la formula:

$$e \% = \frac{2 L I}{V_{fn} S} \quad (4.4.4)$$

De donde:

- S = Área requerida del conductor en mm².
- L = Longitud del circuito derivado en mts.
- I = Corriente que circula por el circuito en amperes.
- V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.

Datos:

- S = 67.43 mm².
- L = 31 mts.
- I = 162.50 Amperes.
- V_{fn} = 127 volts.

Sustituyendo valores en la ecuación 4.4.4 tenemos:

$$e \% = \frac{2 * 31 * 162.50}{127 * 67.43} = 1.18 \%$$

Selección de protección: Los conductores se deberán proteger, contra sobrecorriente. De acuerdo con las capacidades de conducción de corriente calculadas después de que se han aplicado los factores de corrección por agrupamiento y temperatura, (Sección 240-3 b de la NOM-001-SEDE-1999) para el circuito del UP 1, la protección será con un interruptor automático de 3P - 200 Amperes.

Cálculo de conductor de tierra para canalizaciones y equipos: En este caso tenemos una protección general de 200 Amperes según Tabla 250-95 de la NOM-001-SEDE-1999, le corresponde un conductor del calibre 6 AWG (13.3 mm²), para tierra física.

Cálculo de la tubería: En este caso tenemos 3 conductores de 2/0 AWG con una área aproximada de 169 mm² por cada conductor, así como 1 conductor de 2 AWG con una área de aproximadamente de 86 mm² y un conductor del 6 AWG con un área aproximada de 46.8 mm². Realizando la suma total de los conductores utilizados se tiene lo siguiente:

$$3 \times 169 \text{ mm}^2 = 507 \text{ mm}^2$$
$$507 \text{ mm}^2 + 86 \text{ mm}^2 + 46.8 \text{ mm}^2 = 639.80 \text{ mm}^2$$

Según Tabla 10-4 de la NOM-001-SEDE-1999, columna de más de dos conductores con factor de relleno de 40% se tiene que el área disponible para conductores en mm² es de 561.8 mm² siendo el tamaño nominal de la tubería de 53 mm (2 pulgadas).

Nota: Todos los circuitos trifásicos a cuatro hilos que alimenten a las Unidades de Aire Acondicionado se calcularan haciendo la misma consideración que el circuito anterior, pero solamente se colocaran los resultados y los datos en la tabla 4.4.1.

Tabla 4.4.1 Resultado del cálculo para sistema trifásico a cuatro hilos de Unidad de Paquete de Aire Acondicionado.

Descripción de la carga.		Cálculo de los conductores alimentadores por									Conductor Seleccionado.		Selección de la protección. Sección 240-3 b	Selección del conductor a tierra. Tabla 250-95	Selección de la tubería. Tabla 10-4
		Ampacidad				Caída de tensión									
Circuito	Watts del circuito	In	FCA	FCT	I	Calibre conductor THW.	L	S	Calibre conductor THW.	Tabla 310-16 Corriente conductor	Calibre conductor THW.	e%			
UP-1	44,581.68	162.50	1	1	162.50	2/0	31	26.44	3	85	2/0	1.18	3P – 200 A	6 AWG (13.3 mm ²)	53 mm (2 pulgadas)
UP-2	44,581.68	162.50	1	1	162.50	2/0	33	28.14	2	95	2/0	1.25	3P – 200 A	6 AWG (13.3 mm ²)	53 mm (2 pulgadas)
UP-3	24,005.52	87.50	1	1	87.50	2	28	12.86	6	55	2	1.15	3P – 100 A	8 AWG (8.367 mm ²)	35 mm (1-1/4 pulg.)

- In** = Corriente nominal en Amperes.
FCA = Factor de corrección por agrupamiento.
FCT = Factor de corrección por temperatura.
I = Corriente que circula por el circuito en amperes.
L = Longitud del circuito derivado en metros.
S = Área requerida del conductor en mm².
e% = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

4.5.- ANÁLISIS DE UN CIRCUITO DERIVADO TRIFÁSICO A TRES HILOS MOTOR DE 5HP.

Cálculo para sistema trifásico a tres hilos de un motor de 5 HP (Extractor de grasas) del tablero de Aire Acondicionado.

$$\text{Formula: } I_n = \frac{\text{H.P.} \times 746}{\sqrt{3} (V_{ff}) (N) (f.p)} \quad (4.5.1)$$

De donde:

- I = Corriente nominal del circuito en amperes.
- H.P. = Potencia del circuito en caballos (Horse Power).
- V_{ff} = Voltaje de fase a fase en volts.
- f.p. = Factor de potencia de la carga.
- N = Eficiencia expresada en decimales (por ciento).

Para obtener el f.p y N se debe consultar la tabla 4.5.1 (THREE-PHASE MOTOR SKVA, SPF, EFF AND RPT.) Que se incluye en los Anexo página 163.

Datos:

- H.P. = 5 H.P.
- V_{ff} = 220 V
- f.p. = 0.85
- N = 0.838

Sustituyendo los datos en la ecuación 4.5.1 se tiene:

$$I_n = \frac{5 \times 746}{(1.732) (220) (0.838) (0.85)} = 13.74 \text{ A.}$$

La corriente nominal en amperes que circula por el conductor del circuito principal es de: **$I_n = 13.74 \text{ A.}$**

Aplicándole el factor de ajuste para motores (Según artículo 430-22 NOM-001-SEDE-1999) que es de f.c. = 1.25 para un solo motor. $I_n = 13.74 \text{ A} * 1.25 = 17.17 \text{ A.}$

$$\text{Formula: } KW = \frac{I \times V_{ff} \times f.p \times \sqrt{3}}{1000} \quad (4.5.2)$$

De donde:

- I = Corriente del circuito en amperes.
- W = Potencia del circuito en watts.
- V_{ff} = Voltaje de fase a fase en volts.
- f.p. = Factor de potencia de la carga.

Datos:

- I = 17.17 Amperes.
- V_{ff} = 220 V
- f.p. = 0.85

Sustituyendo los datos en la ecuación 4.5.2 se tiene:

$$KW = \frac{(17.17)(220)(0.85)(1.732)}{1000} = 5.56 \text{ KW.}$$

La potencia del circuito en watts es de: **W = 5,561.09 Watts.**

El conductor será seleccionado de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999, el conductor seleccionado es el del calibre 12 AWG a 60 °C que soporta 25 amperes. Se utiliza 1 conductor de 12 AWG por fase.

Factor de corrección por temperatura y agrupamiento: El conductor será afectado por su factor de agrupamiento cuando el número de conductores alojados en la misma canalización sea mayor de 3, en este caso tenemos 7 conductores activos en la canalización por lo tanto le aplicaremos un factor de ajuste de 70 (Según artículo 310-15 de la NOM-001-SEDE-1999).

El factor de corrección por temperatura ambiente será unitario por ser menor o igual a 30°C.

Formula: $I_c = I \times FCA \times FCT$ (4.5.3)

De donde:

I_c = Capacidad de conducción de corriente corregida que soporta el cable **17.17 A.**

I = Capacidad de corriente del conductor según Tabla 310-16.

FCA = Factor de corrección de corriente por agrupamiento = 0.70

FCT = Factor de corrección de corriente por temperatura = 1.

Despejando la corriente "I" de la ecuación 4.5.3. obtenemos:

$$I = \frac{I_c}{FCA \times FCT} = \frac{17.17}{0.70 \times 1} = 24.53 \text{ A.}$$

Se requiere que el cable soporte 24.53 Amperes por lo tanto seleccionaremos de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999, el cable calibre No. 10 AWG a 60 °C este conductor soporta 30 Amperes. Se utilizara 1 conductor del cable calibre No. 10 AWG para cada fase.

En este caso se utilizara 1 conductor de cable calibre No. 10 AWG a 60 °C para cada fase, cada conductor soporta 30 A.

Selección por caída de tensión: La caída de tensión se debe distribuir razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, procurando que en cualquiera de ellos la caída de tensión, no sea mayor de 3% (Artículo 210-19 de la NOM-001-SEDE-1999).

Para calcular el área del conductor por caída de tensión en circuitos trifásicos a cuatro hilos usaremos la fórmula:

$$S = \frac{2 L I_n}{V_{fn} e\%} \quad (4.5.4)$$

De donde:

- S = Área requerida del conductor en mm².
- L = Longitud del circuito derivado en mts.
- I_n = Corriente que circula por el circuito en amperes.
- V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.
- e% = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

Datos:

- L = 20 mts.
- I_n = 17.17 amperes.
- V_{fn} = 127 volts.
- e% = 3 %.

Sustituyendo valores:

$$S = \frac{2 * 20 * 17.17}{127 * 3} = 1.80 \text{ mm}^2.$$

El cable adecuado por caída de tensión es el cable calibre No 14 AWG. Uno por fase.

Por lo tanto el cable seleccionado será 10 AWG a 60 °C por fase, ya que este es el cable de mayor diámetro calculado.

Para calcular la caída de tensión del conductor seleccionado se usara la fórmula:

$$e\% = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I_n}{V_{fn} \times S} \quad (4.5.5)$$

De donde:

- S = Área requerida del conductor en mm².
- L = Longitud del circuito derivado en mts.
- I_n = Corriente que circula por el circuito en amperes.
- V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.

Datos:

- S = 5.26 mm².
- L = 20 mts.
- I_n = 17.17 amperes.
- V_{fn} = 127 volts.

Sustituyendo valores en la ecuación anterior tenemos:

$$e\% = \frac{2 * 1.732 * 20 * 17.17}{127 * 5.26} = 1.78 \%$$

Selección de protección: Los conductores se deberán proteger, contra sobrecorriente. De acuerdo con las capacidades de conducción de corriente calculadas después de que se han aplicado los factores de corrección por agrupamiento y temperatura, (Sección 240-3 b de la NOM-001-SEDE-1999) para el circuito del Motor de 5 H.P. la protección será con un interruptor automático de 3P - 30 Amperes.

Cálculo de conductor de tierra para canalizaciones y equipos: En este caso tenemos una protección general de 30 Amperes según Tabla 250-95 de la NOM-001-SEDE-1999, le corresponde un conductor del calibre 10 AWG (5.26 mm^2), para tierra física.

Cálculo de la tubería: En este caso tenemos 4 conductores de 10 AWG con una área aproximada de 15.7 mm^2 por cada conductor. Realizando la suma total de los conductores utilizados se tiene lo siguiente:

$$4 \times 15.7 \text{ mm}^2 = 62.80 \text{ mm}^2.$$

Según Tabla 10-4 de la NOM-001-SEDE-1999, columna de mas de dos conductores con factor de relleno de 40% se tiene que el área disponible para conductores en mm^2 es de 78 mm^2 siendo el tamaño nominal de la tubería de 16 mm (1/2 pulgada).

Nota: Todos los circuitos trifásicos que alimenten un motor trifásico a tres hilos se calcularan haciendo la misma consideración que el circuito anterior, pero solamente se colocaran los resultados y los datos en la tabla 4.5.1.

Tabla 4.5.1 Resultado del cálculo para sistema trifásico a tres hilos de un motor.

Descripción de la carga.		Cálculo de los conductores alimentadores por									Conductor Seleccionado.		Selección de la protección. Sección 240-3 b	Selección del conductor a tierra. Tabla 250-95	Selección de la tubería. Tabla 10-4
		Ampacidad				Caída de tensión									
Circuito	Watts del circuito	In	FCA	FCT	I	Calibre conductor THW.	L	S	Calibre conductor THW.	Tabla 310-16 Corriente conductor	Calibre conductor THW.	e%			
Ext. De grasas 5HP	5,561.09	17.17	0.70	1	24.53	10	20	1.80	14	20	10	1.78	3P – 30 A	10 AWG (5.26 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Inyector de Aire 3HP	3,390.11	10.85	0.70	1	15.50	12	22	1.25	16	---	12	1.97	3P – 20 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Ext. De campana 5HP	5,561.09	17.17	1	1	17.17	12	10	0.90	16	---	12	1.41	3P – 20 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Bomba 1 3HP	3,390.11	10.85	1	1	10.85	12	4	0.23	18	---	12	0.36	3P – 20 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Bomba 2 3HP	3,390.11	10.85	1	1	10.85	12	3	0.17	18	---	12	0.27	3P – 20 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)

- In** = Corriente nominal en Amperes.
- FCA** = Factor de corrección por agrupamiento.
- FCT** = Factor de corrección por temperatura.
- I** = Corriente que circula por el circuito en amperes.
- L** = Longitud del circuito derivado en metros.
- S** = Área requerida del conductor en mm².
- e%** = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

4.6 .- ANÁLISIS DE UN CIRCUITO DERIVADO TRIFÁSICO A TRES HILOS. Cálculo para sistema trifásico a tres hilos de un circuito de Refrigeración (Motocompresor).

$$\text{Formula: } KW = \frac{I \times V_{ff} \times f.p \times 1.732}{1000} \quad (4.6.1)$$

De donde:

I = Corriente del circuito en amperes.

W = Potencia del circuito en watts.

V_{ff} = Voltaje de fase a fase en volts.

f.p. = Factor de potencia de la carga.

Datos:

I = 23.80 Amperes.

V_{ff} = 220 V

f.p. = 0.90

Sustituyendo los datos en la ecuación 4.6.1 se tiene:

$$KW = \frac{(23.80)(220)(0.90)(1.732)}{1000} = 8.16 \text{ KW.}$$

La potencia del circuito en watts es de: **W = 8,161.88 Watts.**

La corriente en amperes que circula por el alimentador del circuito es de: **I = 23.80 A.**

Aplicándole el factor de ajuste para motores (Según artículo 430-22 NOM-001-SEDE-1999) que es de f.c. = 1.25 para un solo motor. $I_n = 23.80 \text{ A} * 1.25 = 29.75 \text{ A}$.

El conductor será seleccionado de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999, el conductor seleccionado es el del calibre 10 AWG a 75°C que soporta 30 amperes. Se utiliza 1 conductores de 10 AWG por fase.

Factor de corrección por temperatura y agrupamiento: El conductor será afectado por su factor de agrupamiento cuando el número de conductores alojados en la misma canalización sea mayor de 3, en este caso tenemos 3 conductores activos en la canalización por lo tanto le aplicaremos un factor de ajuste de 1 (Según artículo 310-15 de la NOM-001-SEDE-1999).

El factor de corrección por temperatura ambiente será unitario por ser menor o igual a 30°C.

$$\text{Formula: } I_c = I \times FCA \times FCT \quad (4.6.2)$$

De donde:

I_c = Capacidad de conducción de corriente corregida que soporta el cable **29.75 A.**

I = Capacidad de corriente del conductor según Tabla 310-16.

FCA = Factor de corrección de corriente por agrupamiento = 1.

FCT = Factor de corrección de corriente por temperatura = 1.

Despejando la corriente "I" de la ecuación 4.6.2. obtenemos:

$$I = \frac{I_c}{FCA \times FCT} = \frac{29.75}{1 \times 1} = 29.75 \text{ A.}$$

Se requiere que el cable soporte 29.75 Amperes por lo tanto seleccionaremos de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999, el cable calibre No. 10 AWG a 75°C este conductor soporta 30 Amperes. Se utilizara 1 conductor del cable calibre No. 10 AWG para cada fase.

En este caso se utilizara 1 conductor de cable calibre No. 10 AWG a 75°C para cada fase, cada conductor soporta 30 A.

Selección por caída de tensión: La caída de tensión se debe distribuir razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, procurando que en cualquiera de ellos la caída de tensión, no sea mayor de 3% (Artículo 210-19 de la NOM-001-SEDE-1999).

Para calcular el área del conductor por caída de tensión en circuitos trifásicos a cuatro hilos usaremos la formula:

$$S = \frac{2 L I_n}{V_{fn} e\%} \quad (4.6.3)$$

De donde:

S = Área requerida del conductor en mm².

L = Longitud del circuito derivado en mts.

I = Corriente que circula por el circuito en amperes.

V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.

e% = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

Datos:

L = 7 mts.

I = 29.75 Amperes.

V_{fn} = 127 volts.

e% = 3 %.

Sustituyendo valores:

$$S = \frac{2 * 7 * 29.75}{127 * 3} = 1.09 \text{ mm}^2.$$

El cable adecuado por caída de tensión es el cable calibre No 14 AWG. Uno por fase.

Por lo tanto el cable seleccionado será 10 AWG a 75°C por fase, ya que este es el cable de mayor diámetro calculado.

Para calcular la caída de tensión del conductor seleccionado se usara la formula:

$$e\% = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I_n}{V_{fn} \times S} \quad (4.6.4)$$

De donde:

- S = Área requerida del conductor en mm².
- L = Longitud del circuito derivado en mts.
- I_n = Corriente que circula por el circuito en amperes.
- V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.

Datos:

- S = 5.26 mm².
- L = 7 mts.
- I = 29.75 Amperes.
- V_{fn} = 127 volts.

Sustituyendo valores en la ecuación anterior tenemos:

$$e\% = \frac{2 * 1.732 * 7 * 29.75}{127 * 5.26} = 1.08 \%$$

Selección de protección: Los conductores se deberán proteger, contra sobrecorriente. De acuerdo con las capacidades de conducción de corriente calculadas después de que se han aplicado los factores de corrección por agrupamiento y temperatura, (Sección 240-3 b de la NOM-001-SEDE-1999) para el Motocompresor, la protección será con un interruptor automático de 3P - 30 Amperes.

Cálculo de conductor de tierra para canalizaciones y equipos: En este caso tenemos una protección general de 30 Amperes según Tabla 250-95 de la NOM-001-SEDE-1999, le corresponde un conductor del calibre 10 AWG (5.26 mm²), para tierra física.

Cálculo de la tubería: En este caso tenemos 3 conductores de 10 AWG con una área aproximada de 21.50 mm² por cada conductor. Realizando la suma total de los conductores utilizados se tiene lo siguiente:

$$4 \times 21.50 \text{ mm}^2 = 86 \text{ mm}^2.$$

Según Tabla 10-4 de la NOM-001-SEDE-1999, columna de mas de dos conductores con factor de relleno de 40% se tiene que el área disponible para conductores en mm² es de 137 mm² siendo el tamaño nominal de la tubería de 21 mm (3/4 pulgada).

Nota: Todos los circuitos trifásicos que alimenten Motocompresores se calcularan haciendo la misma consideración que el circuito anterior, pero solamente se colocaran los resultados y los datos en la tabla 4.6.1.

Tabla 4.6.1 Resultado del cálculo para sistema trifásico a tres hilos.

Descripción de la carga.		Cálculo de los conductores alimentadores por									Conductor Seleccionado.		Selección de la protección. Sección 240-3 b	Selección del conductor a tierra. Tabla 250-95	Selección de la tubería. Tabla 10-4
		Ampacidad				Caída de tensión									
Circuito	Watts del circuito	In	FCA	FCT	I	Calibre conductor THW.	L	S	Calibre conductor THW.	Tabla 310-16 Corriente conductor	Calibre conductor THW.	e%			
Motocompresor No. 1	8,161.88	29.75	1	1	29.75	10	7	1.09	16	---	10	1.08	3P – 30 A	10 AWG (5.26 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Motocompresor No. 2	7,784.65	28.37	1	1	28.37	10	5	0.74	18	---	10	0.73	3P – 30 A	10 AWG (5.26 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Alumbrado Estacionamiento	12,000.00	34.99	1	1	34.99	8	83	15.24	4	70	2	2.35	3P – 50 A	10 AWG (5.26 mm ²)	35 mm (1-1/4 pulg.)

- In** = Corriente nominal en Amperes.
- FCA** = Factor de corrección por agrupamiento.
- FCT** = Factor de corrección por temperatura.
- I** = Corriente que circula por el circuito en amperes.
- L** = Longitud del circuito derivado en metros.
- S** = Área requerida del conductor en mm².
- e%** = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

4.7 .- ANÁLISIS DE UN CIRCUITO DERIVADO MONOFÁSICOS A DOS HILOS (Ó DOS FASES).

Cálculo de la corriente nominal en amperes para sistema monofásicos a dos hilos de cámara de refrigeración.

$$\text{Formula: } KW = \frac{I \times V_{ff} \times f.p \times 2}{1000} \quad (4.7.1)$$

De donde:

I = Corriente del circuito en amperes.

W = Potencia del circuito en watts.

V_{ff} = Voltaje de fase a fase en volts.

f.p. = Factor de potencia de la carga.

Datos:

I = 3.30 Amperes.

V_{ff} = 220 V

f.p. = 0.90

Sustituyendo los datos en la ecuación 4.7.1 se tiene:

$$KW = \frac{(3.30)(220)(0.90)(2)}{1000} = 1.31 \text{ KW.}$$

La potencia del circuito en watts es de: **W = 1,306.80 Watts.**

La corriente en amperes que circula por el alimentador del circuito es de: **I = 3.30 A.**

Aplicándole el factor de ajuste para motores (Según artículo 430-22 NOM-001-SEDE-1999) que es de f.c. = 1.25 para un solo motor. $I_n = 3.30 \text{ A} * 1.25 = 4.12 \text{ A}$.

El conductor será seleccionado de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999, el conductor seleccionado es el del calibre 14 AWG a 75°C que soporta 20 amperes. Se utiliza 1 conductores de 14 AWG por fase.

Factor de corrección por temperatura y agrupamiento: El conductor será afectado por su factor de agrupamiento cuando el número de conductores alojados en la misma canalización sea mayor de 3, en este caso tenemos 10 conductores activos en la canalización por lo tanto le aplicaremos un factor de ajuste de 0.50 (Según artículo 310-15 de la NOM-001-SEDE-1999).

El factor de corrección por temperatura ambiente será unitario por ser menor o igual a 30°C.

$$\text{Formula: } I_c = I \times FCA \times FCT \quad (4.7.2)$$

De donde:

I_c = Capacidad de conducción de corriente corregida que soporta el cable **4.12 A**.

I = Capacidad de corriente del conductor según Tabla 310-16.

FCA = Factor de corrección de corriente por agrupamiento = 0.50

FCT = Factor de corrección de corriente por temperatura = 1.

Despejando la corriente "I" de la ecuación 4.7.2. obtenemos:

$$I = \frac{I_c}{FCA \times FCT} = \frac{4.12}{0.50 \times 1} = 8.24 \text{ A.}$$

Se requiere que el cable soporte 8.24 Amperes por lo tanto seleccionaremos de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999, el cable calibre No. 14 AWG a 75°C este conductor soporta 20 Amperes. Se utilizara 1 conductor del cable calibre No. 14 AWG para cada fase.

En este caso se utilizara 1 conductor de cable calibre No. 14 AWG a 75°C para cada fase, cada conductor soporta 20 A.

Selección por caída de tensión: La caída de tensión se debe distribuir razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, procurando que en cualquiera de ellos la caída de tensión, no sea mayor de 3% (Artículo 210-19 de la NOM-001-SEDE-1999).

Para calcular el área del conductor por caída de tensión en circuitos trifásicos a cuatro hilos usaremos la formula:

$$S = \frac{2 L I_n}{V_{fn} e\%} \quad (4.7.3)$$

De donde:

S = Área requerida del conductor en mm².

L = Longitud del circuito derivado en mts.

I = Corriente que circula por el circuito en amperes.

V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.

e% = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

Datos:

L = 8 mts.

I = 4.12 Amperes.

V_{fn} = 127 volts.

e% = 3 %.

Sustituyendo valores:

$$S = \frac{2 * 8 * 4.12}{127 * 3} = 0.17 \text{ mm}^2.$$

El cable adecuado por caída de tensión es el cable calibre No 18 AWG. Uno por fase.

Por lo tanto el cable seleccionado será 12 AWG a 75°C por fase, ya que este es el calibre mínimo que se instalara en la realización del proyecto.

Para calcular la caída de tensión del conductor seleccionado se usara la formula:

$$e \% = \frac{2 L I}{V_{fn} S} \quad (4.7.4)$$

De donde:

- S = Área requerida del conductor en mm².
- L = Longitud del circuito derivado en mts.
- I_n = Corriente que circula por el circuito en amperes.
- V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.

Datos:

- S = 3.307 mm².
- L = 8 mts.
- I = 4.12 Amperes.
- V_{fn} = 127 volts.

Sustituyendo valores en la ecuación anterior tenemos:

$$e \% = \frac{2 * 8 * 4.12}{127 * 3.307} = 0.16 \%$$

Selección de protección: Los conductores se deberán proteger, contra sobrecorriente. De acuerdo con las capacidades de conducción de corriente calculadas después de que se han aplicado los factores de corrección por agrupamiento y temperatura, (Sección 240-3 b de la NOM-001-SEDE-1999) para la cámara de refrigeración, la protección será con un interruptor automático de 2P - 15 Amperes.

Cálculo de conductor de tierra para canalizaciones y equipos: En este caso tenemos una protección general de 15 Amperes según Tabla 250-95 de la NOM-001-SEDE-1999, le corresponde un conductor del calibre 14 AWG (2.082 mm²), para tierra física. Pero considerando que el calibre 12 AWG será el calibre menor instalado se utilizara este para la tierra física.

Cálculo de la tubería: En este caso tenemos 7 conductores (en la misma tubería) de 12 AWG con una área aproximada de 11.70 mm² por cada conductor. Realizando la suma total de los conductores utilizados se tiene lo siguiente:

$$7 \times 11.70 \text{ mm}^2 = 81.90 \text{ mm}^2.$$

Según Tabla 10-4 de la NOM-001-SEDE-1999, columna de mas de dos conductores con factor de relleno de 40% se tiene que el área disponible para conductores en mm² es de 137 mm² siendo el tamaño nominal de la tubería de 21 mm (3/4 pulgada).

Nota: Todos los circuitos monofásicos a dos fases que alimenten cualquier circuito se calcularan haciendo la misma consideración que el circuito anterior, pero solamente se colocaran los resultados y los datos en la tabla 4.7.1.

Tabla 4.7.1 Resultado del cálculo de la corriente nominal en amperes para sistema monofásico a dos hilos.

Descripción de la carga.		Cálculo de los conductores alimentadores por										Conductor Seleccionado.		Selección de la protección. Sección 240-3 b	Selección del conductor a tierra. Tabla 250-95	Selección de la tubería. Tabla 10-4
		Ampacidad					Caída de tensión									
Circuito	Watts del circuito	In	FCA	FCT	I	Calibre conductor THW.	L	S	Calibre conductor THW.	Tabla 310-16 Corriente conductor	Calibre conductor THW.	e%				
Cám. Ref. 1	1,306.80	4.12	0.50	1	8.24	12	8	0.17	18	---	12	0.16	2P – 15 A	12 AWG (3.307 mm ²)	21 mm (3/4 pulgada)	
Cám. Ref. 2	1,306.80	4.12	0.50	1	8.24	12	6	0.17	18	---	12	0.12	2P – 15 A	12 AWG (3.307 mm ²)	21 mm (3/4 pulgada)	
Valv. Selenoide de Cisterna.	1,306.80	3.30	0.80	1	4.12	12	8	0.14	18	---	12	0.12	2P – 15 A	12 AWG (3.307 mm ²)	21 mm (3/4 pulgada)	
Valv. Selenoide Refrigeración.	1,306.80	3.30	0.70	1	4.71	12	8	0.14	18	---	12	0.12	2P – 15 A	12 AWG (3.307 mm ²)	21 mm (3/4 pulgada)	
Anuncio Paleta.	6,336.00	16.00	0.70	1	22.86	10	70	5.88	8	40	8	2.11	2P – 30 A	10 AWG (5.26 mm ²)	35 mm (1-1/4 pulg.)	

*El factor de corrección f.c para motores no se aplica para las Válvulas Selenoide y Anuncio Paleta.

- In** = Corriente nominal en Amperes.
FCA = Factor de corrección por agrupamiento.
FCT = Factor de corrección por temperatura.
I = Corriente que circula por el circuito en amperes.
L = Longitud del circuito derivado en metros.
S = Área requerida del conductor en mm².
e% = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

4.8 .- ANÁLISIS DE UN CIRCUITO DERIVADO MONOFÁSICO A DOS HILOS (Ó UNA FASE).

Cálculo de la corriente nominal en amperes para sistema monofásico a dos hilos (127V) Circulador de Cisterna.

$$\text{Formula: } I_n = \frac{\text{H.P.} \times 746}{(V_{fn}) (N) (f.p)} \quad (4.8.1)$$

De donde:

- I = Corriente nominal del circuito en amperes.
- H.P. = Potencia del circuito en caballos (Horse Power).
- V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.
- f.p. = Factor de potencia de la carga.
- N = Eficiencia expresada en decimales (por ciento).

Para obtener el f.p y N se debe consultar la tabla 4.5.1 (THREE-PHASE MOTOR SKVA, SPF, EFF AND RPT.) Que se incluye en los Anexos página 163, como el valor de 1/6 de H.P. no se encuentra en nuestra tabla se utilizara el siguiente valor consecutivo.

Datos:

- H.P. = 1/6 H.P. = 0.17 H.P.
- V_{fn} = 127 V
- f.p. = 0.55
- N = 0.628

Sustituyendo los datos en la ecuación 4.8.1 se tiene:

$$I_n = \frac{0.17 \times 746}{(127) (0.628) (0.55)} = 2.89 \text{ A.}$$

La corriente nominal en amperes que circula por el conductor del circuito principal es de:
 $I_n = 2.89 \text{ A.}$

Aplicándole el factor de ajuste para motores (Según artículo 430-22 NOM-001-SEDE-1999) que es de f.c. = 1.25 para un solo motor. $I_n = 2.89 \text{ A} * 1.25 = 3.61 \text{ A.}$

$$\text{Formula: } KW = \frac{I \times V_{fn} \times f.p}{1000} \quad (4.8.2)$$

De donde:

- I = Corriente del circuito en amperes.
- W = Potencia del circuito en watts.
- V_{fn} = Voltaje de fase a fase en volts.
- f.p. = Factor de potencia de la carga.

Datos:

- I = 3.61 Amperes.
- V_{fn} = 127 V
- f.p. = 0.55

Sustituyendo los datos en la ecuación 4.8.2 se tiene:

$$KW = \frac{(3.61)(127)(0.55)}{1000} = 0.25 \text{ KW.}$$

La potencia del circuito en watts es de: **W = 252.16 Watts.**

El conductor será seleccionado de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999, el conductor seleccionado es el del calibre 14 AWG a 60 °C que soporta 20 amperes. Se utiliza 1 conductor de 14 AWG por fase.

Factor de corrección por temperatura y agrupamiento: El conductor será afectado por su factor de agrupamiento cuando el número de conductores alojados en la misma canalización sea mayor de 3, en este caso tenemos 4 conductores activos en la canalización por lo tanto le aplicaremos un factor de ajuste de 70 (Según artículo 310-15 de la NOM-001-SEDE-1999).

El factor de corrección por temperatura ambiente será unitario por ser menor o igual a 30°C.

$$\text{Formula:} \quad I_c = I \times FCA \times FCT \quad (4.8.3)$$

De donde:

I_c = Capacidad de conducción de corriente corregida que soporta el cable **3.61 A.**

I = Capacidad de corriente del conductor según Tabla 310-16.

FCA = Factor de corrección de corriente por agrupamiento = 0.70

FCT = Factor de corrección de corriente por temperatura = 1.

Despejando la corriente "I" de la ecuación 4.8.3. obtenemos:

$$I = \frac{I_c}{FCA \times FCT} = \frac{3.61}{0.70 \times 1} = 5.16 \text{ A.}$$

Se requiere que el cable soporte 5.16 Amperes por lo tanto seleccionaremos de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999, el cable calibre No. 14 AWG a 60 °C este conductor soporta 20 Amperes. Se utilizara 1 conductor del cable calibre No. 14 AWG para cada fase.

En este caso se utilizara 1 conductor de cable calibre No. 14 AWG a 60 °C para cada fase, cada conductor soporta 20 A.

Selección por caída de tensión: La caída de tensión se debe distribuir razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, procurando que en cualquiera de ellos la caída de tensión, no sea mayor de 3% (Artículo 210-19 de la NOM-001-SEDE-1999).

Para calcular el área del conductor por caída de tensión en circuitos trifásicos a cuatro hilos usaremos la fórmula:

$$S = \frac{4 L I_n}{V_{fn} e\%} \quad (4.8.4)$$

De donde:

- S = Área requerida del conductor en mm².
- L = Longitud del circuito derivado en mts.
- I_n = Corriente que circula por el circuito en amperes.
- V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.
- e% = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

Datos:

- L = 8 mts.
- I_n = 3.61 amperes.
- V_{fn} = 127 volts.
- e% = 3 %.

Sustituyendo valores:

$$S = \frac{4 * 8 * 3.61}{127 * 3} = 0.30 \text{ mm}^2.$$

El cable adecuado por caída de tensión es el cable calibre No 18 AWG. Uno por fase.

Por lo tanto el cable seleccionado será 12 AWG a 75°C por fase, ya que este es el calibre mínimo que se instalara en la realización del proyecto.

Para calcular la caída de tensión del conductor seleccionado se usara la fórmula:

$$e\% = \frac{4 \times L \times I_n}{V_{fn} \times S} \quad (4.8.5)$$

De donde:

- S = Área requerida del conductor en mm².
- L = Longitud del circuito derivado en mts.
- I_n = Corriente que circula por el circuito en amperes.
- V_{fn} = Voltaje de fase a neutro en volts.

Datos:

- S = 3.307 mm².
- L = 8 mts.
- I_n = 3.61 amperes.
- V_{fn} = 127 volts.

Sustituyendo valores en la ecuación anterior tenemos:

$$e\% = \frac{4 * 8 * 3.61}{127 * 3.307} = 0.28 \%$$

Selección de protección: Los conductores se deberán proteger, contra sobrecorriente. De acuerdo con las capacidades de conducción de corriente calculadas después de que se han aplicado los factores de corrección por agrupamiento y temperatura, (Sección 240-3 b de la NOM-001-SEDE-1999) para el Circulador de Cisterna de 1/6 H.P. la protección será con un interruptor automático de 1P - 15 Amperes.

Cálculo de conductor de tierra para canalizaciones y equipos: En este caso tenemos una protección general de 15 Amperes según Tabla 250-95 de la NOM-001-SEDE-1999, le corresponde un conductor del calibre 14 AWG (2.082 mm²), para tierra física. Pero considerando que el calibre 12 AWG será el calibre menor instalado se utilizara este para la tierra física.

Cálculo de la tubería: En este caso tenemos 3 conductores de 12 AWG con una área aproximada de 11.7 mm² por cada conductor. Realizando la suma total de los conductores utilizados se tiene lo siguiente:

$$3 \times 11.7 \text{ mm}^2 = 35.10 \text{ mm}^2.$$

Según Tabla 10-4 de la NOM-001-SEDE-1999, columna de mas de dos conductores con factor de relleno de 40% se tiene que el área disponible para conductores en mm² es de 78 mm² siendo el tamaño nominal de la tubería de 16 mm (1/2 pulgada).

Nota: Todos los circuitos monofásicos que alimenten un motor monofásico a dos hilos (127 V) se calcularan haciendo la misma consideración que el circuito anterior, pero solamente se colocaran los resultados y los datos en la tabla 4.8.1. Así como los circuitos monofásicos a 127V sin aplicarles el f.c. para motores.

El cable mínimo instalado será del No 12 AWG a 75°C por fase y tierra física, ya que este es el calibre mínimo que se instalara en la realización del proyecto.

Tabla 4.8.1 Resultado del cálculo de la corriente nominal en amperes para sistema monofásico a dos hilos (127V).

Descripción de la carga.		Cálculo de los conductores alimentadores por									Conductor Seleccionado.		Selección de la protección. Sección 240-3 b	Selección del conductor a tierra. Tabla 250-95	Selección de la tubería. Tabla 10-4
		Ampacidad			Caída de tensión										
Circuito	Watts del circuito	In	FCA	FCT	I	Calibre conductor THW.	L	S	Calibre conductor THW.	Tabla 310-16 Corriente conductor	Calibre conductor THW.	e%			
Circulador de Cisterna	252.16	3.61	0.70	1	5.16	14	8	0.30	18	---	12	0.28	1P – 15 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Compresor de Cisterna	742.50	10.63	0.70	1	15.21	12	7	0.78	18	---	12	0.71	1P – 15 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Valv. Selen. Refrigeración	114.30	1.00	1	1	1.00	14	5	0.05	18	---	12	0.05	1P – 15 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Cont. Refrig. R1	1,500.00	13.12	1	1	13.12	14	33	6.82	8	40	8	1.63	1P – 20 A	12 AWG (3.307 mm ²)	27 mm (1 pulgada)
Cont. Refrig. R3	2,000.00	17.50	1	1	17.50	14	34	9.37	6	55	6	1.40	1P – 20 A	12 AWG (3.307 mm ²)	27 mm (1 pulgada)
Cont. Refrig. R5	1,000.00	8.74	1	1	8.74	14	28	3.85	10	30	10	1.47	1P – 20 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Cont. Calderas	540.00	4.72	1	1	4.72	14	8	0.40	18	---	12	0.36	1P – 15 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Recirculador1 Caderas	490.35	7.02	1	1	7.02	14	3	0.22	18	---	12	0.20	1P – 15 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Recirculador2 Caderas	490.35	7.02	1	1	7.02	14	7	0.52	18	---	12	0.47	1P – 15 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Extr. Lava. Aire Acon.	1,008.68	12.41	0.70	1	17.73	14	24	3.13	12	25	12	2.84	1P – 20 A	12 AWG (3.307 mm ²)	27 mm (1 pulgada)
Extr. San. Emp. Aire Acon.	252.16	3.61	1	1	3.61	14	18	0.68	18	---	12	0.62	1P – 15 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)
Extr. San. Cli. Aire Acon.	370.90	5.31	1	1	5.31	14	20	1.12	16	---	12	1.01	1P – 15 A	12 AWG (3.307 mm ²)	16 mm (1/2 pulgada)

In = Corriente nominal en Amperes.

FCT = Factor de corrección por temperatura.

L = Longitud del circuito derivado en metros.

e% = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

FCA = Factor de corrección por agrupamiento.

I = Corriente que circula por el circuito en amperes.

S = Área requerida del conductor en mm².

A continuación se realizan los cálculos eléctricos a los circuitos derivados de los tableros Normal y Emergencia.

Circuito	Watts del circuito	Ampacidad			Caída de tensión			Conductor		Selección de la protección. Sección 240-3 b	Selección del Cond. a tierra. Tabla 250-95	Selección de la tubería. Tabla 10-4	
		In	FCA	FCT	I	Calibre cond. THW.	L	S	Calibre cond. THW.				Tabla 310-16 Corriente cond.	Calibr e cond. THW.	e%
N-1	720.00	5.67	1	1	5.67	14	32	2.86	12	1.73	IP-20 A	12 AWG	27 mm
N-2	720.00	5.67	1	1	5.67	14	18	1.61	14	0.97	IP-20 A	12 AWG	
N-3	1,250.00	9.84	1	1	9.84	14	22	3.41	10	1.30	IP-20 A	12 AWG	27 mm
N-4	2,160.00	17.00	1	1	17.00	14	43	11.51	6	1.73	IP-30 A	10 AWG	27 mm
N-6	1,450.00	11.42	1	1	11.42	14	17	3.06	12	1.16	IP-20 A	12 AWG	21 mm
N-7	2,000.00	15.75	1	1	15.75	14	15	3.72	10	1.41	IP-20 A	12 AWG	21 mm
N-8	1,250.00	9.84	1	1	9.84	14	24	3.72	10	1.41	IP-20 A	12 AWG	21 mm
N-9	422.50	3.33	1	1	3.33	14	44	2.31	12	0.88	IP-20 A	12 AWG	27 mm
N-10	1,800.00	15.74	1	1	15.74	14	15	3.72	10	1.41	IP-20 A	12 AWG	16 mm
N-11	1,500.00	13.12	1	1	13.12	14	14	2.89	12	1.10	IP-20 A	12 AWG	16 mm
N-12	500.00	4.37	1	1	4.37	14	17	1.17	16	0.44	IP-30 A	10 AWG	16 mm
N-14	2,600.00	22.75	1	1	22.75	12	17	6.09	8	1.46	IP-30 A	10 AWG	16 mm
N-16	1,500.00	13.12	1	1	13.12	14	16	3.31	10	1.26	IP-20 A	12 AWG	16 mm
N-18	1,000.00	8.75	1	1	8.75	14	14	1.93	14	0.73	IP-20 A	12 AWG	16 mm
N-21	750.00	5.91	1	1	5.91	14	43	4.00	10	1.52	IP-20 A	12 AWG	16 mm
N-23	360.00	3.15	1	1	3.15	14	14	0.69	18	0.26	IP-20 A	12 AWG	16 mm
N-24,26,28	12,955.74	37.78	1	1	37.78	8	5	1.49	14	0.36	3P-40 A	10 AWG	16 mm
N-25,27,29	11,336.27	33.06	1	1	33.06	8	19	4.95	10	1.18	3P-40 A	10 AWG	16 mm
N-30,32	4,600.00	11.62	1	1	11.62	14	10	0.92	16	0.35	2P-30 A	10 AWG	16 mm
N-34,36	1,800.00	4.55	1	1	4.55	14	16	0.57	18	0.22	2P-20 A	12 AWG	16 mm
N-35	500.00	3.94	1	1	3.94	14	42	2.61	12	0.99	IP-20 A	12 AWG	27 mm
N-40,42	1,600.00	4.04	1	1	4.04	14	10	0.32	18	0.12	2P-20 A	12 AWG	16 mm

*El factor de potencia para alumbrado será de 1.00 para los siguientes circuitos 1,2,3,4,6,7,8,9,21,35. Para los de más circuitos consideraremos el f.p. de 0.90, así mismo consideraremos la caída de tensión de 2%.

- In = Corriente nominal en Amperes.
- FCT = Factor de corrección por temperatura.
- L = Longitud del circuito derivado en metros.
- e% = Caída de tensión en el conductor en tanto por ciento.

- FCA = Factor de corrección por agrupamiento.
- I = Corriente que circula por el circuito en amperes.
- S = Área requerida del conductor en mm².

Nota: Esta tabla corresponde a la cedula de cableado de los planos siguientes, IE-A0-01, IE-A0-02, IE-AVC-03, IE-CO-04, IE-DU-07.

Circuito	Watts del circuito	Cálculo de los conductores alimentadores por										Selección de la tubería. Tabla 10-4			
		Amplitud					Caída de tensión						Selección del Cond. a tierra. Tabla 250-95		
		In	FCA	FCT	I	Calibre cond. THW.	L	S	Calibre cond. THW.	Tabla 310-16 Corriente cond.	Conductor e%			Selección de la protección. Sección 240-3 b	
E-1	1,080.00	8.50	0.80	1	10.63	14	30	4.02	10	10	1.53	IP-20 A	12 AWG	27 mm	
E-2	300.00	2.36	0.80	1	2.95	14	42	1.56	14	20	0.94	IP-20 A	12 AWG	21 mm	
E-3	937.50	7.38	0.80	1	9.23	14	43	5.00	10	30	1.90	IP-20 A	12 AWG	21 mm	
E-4	603.84	4.75	1	1	4.75	14	10	0.75	18	---	12	0.45	IP-20 A	12 AWG	21 mm
E-5	1,250.00	9.84	0.80	1	12.30	14	30	4.65	10	30	1.76	IP-20 A	12 AWG	21 mm	
E-6	912.50	7.18	1	1	7.18	14	20	2.26	12	25	1.37	IP-20 A	12 AWG	16 mm	
E-7	875.00	6.89	1	1	6.89	14	20	2.17	12	25	1.31	IP-20 A	12 AWG	16 mm	
E-8	2,720.00	21.42	1	1	21.42	12	20	6.75	8	40	1.61	IP-30 A	10 AWG	21 mm	
E-9	240.00	1.89	1	1	1.89	14	27	0.80	18	---	12	0.49	IP-20 A	12 AWG	21 mm
E-10	620.00	4.88	1	1	4.88	14	51	3.92	10	30	1.49	IP-20 A	12 AWG	27 mm	
E-11	603.84	4.75	1	1	4.75	14	30	2.24	12	25	1.36	IP-20 A	12 AWG	21 mm	
E-12	1,200.00	9.45	1	1	9.45	14	12	1.79	14	20	1.08	IP-20 A	12 AWG	21 mm	
E-13	1,500.00	13.12	1	1	13.12	14	20	4.13	10	30	1.57	IP-20 A	12 AWG	16 mm	
E-14	1,250.00	9.84	1	1	9.84	14	17	2.63	12	25	1.00	IP-20 A	12 AWG	16 mm	
E-15	1,250.00	9.84	1	1	9.84	14	20	3.10	12	25	1.18	IP-20 A	12 AWG	16 mm	
E-17	1,000.00	8.75	1	1	8.75	14	14	1.93	14	20	1.0	0.73	IP-20 A	12 AWG	16 mm
E-18,20	4,600.00	11.62	1	1	11.62	14	11	1.01	16	---	10	0.38	2P-20 A	12 AWG	16 mm
E-19	1,000.00	8.75	1	1	8.75	14	12	1.65	14	20	10	0.63	IP-20 A	12 AWG	16 mm
E-21,23	1,600.00	4.04	1	1	4.04	14	14	0.45	18	---	10	0.17	2P-20 A	12 AWG	16 mm
E-22,24,26	4,662.50	13.60	1	1	13.60	14	19	2.03	14	20	10	0.77	3P-20 A	12 AWG	16 mm
E-25	720.00	6.30	1	10	6.30	14	16	1.59	14	20	10	0.60	IP-20 A	12 AWG	16 mm
E-27	1,000.00	8.75	1	1	8.75	14	25	3.45	10	30	10	1.31	IP-20 A	12 AWG	21 mm
E-28	1,932.50	16.91	1	1	16.91	14	11	2.93	12	25	10	1.11	IP-20 A	12 AWG	21 mm
E-29	1,500.00	13.12	1	1	13.12	14	23	4.75	10	30	10	1.81	IP-20 A	12 AWG	16 mm
E-30	500.00	4.37	1	1	4.37	14	22	1.51	14	20	10	0.58	IP-20 A	12 AWG	16 mm
E-31,33,35	4,662.50	13.60	1	1	13.60	14	6	0.64	18	---	8	0.15	3P-20 A	12 AWG	21 mm
E-32,34,36	13,336.40	38.89	1	1	38.89	8	19	5.82	8	40	8	1.39	3P-40 A	10 AWG	21 mm
E-37	1,620.00	14.17	1	1	14.17	14	21	4.69	10	30	10	1.78	IP-20 A	12 AWG	16 mm
E-38	360.00	3.15	1	1	3.15	14	47	2.33	12	25	10	0.89	IP-20 A	12 AWG	16 mm
E-39	1,500.00	13.12	1	1	13.12	14	42	8.68	6	55	6	1.30	IP-20 A	12 AWG	21 mm
E-40	5,257.80	46.00	1	1	46.00	6	24	17.38	4	70	4	0.82	IP-50 A	10 AWG	27 mm
E-41	2,400.00	21.00	1	1	21.00	12	47	15.54	4	70	4	1.47	IP-30 A	10 AWG	27 mm
E-42	1,400.00	12.25	1	1	12.25	14	17	3.28	12	25	10	1.25	IP-20 A	12 AWG	21 mm

*El factor de potencia para alumbrado será de 1.00 para los siguientes circuitos 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,14,15. Para los de más circuitos consideraremos el f.p. de 0.90, así mismo consideraremos la caída de tensión de 2%.

Nota: Esta tabla corresponde a la cedula de cableado de los planos siguientes, IE-A0-01, IE-A0-02, IE-AVC-03, IE-CO-04, IE-DU-07.

4.9 .- SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO.

Para los Sistemas Trifásicos la corriente se puede calcular de la siguiente manera:

$$KVA = \frac{\text{volts} \times \sqrt{3} \times \text{amperes}}{1000} \quad (4.9.1)$$

Sustituyendo valores en la Ecuación 4.9.1 se tiene lo siguiente:

Datos:

$$\begin{aligned} \text{Volts} &= 220 \text{ V.} \\ \text{Amperes} &= 699.61 \text{ A.} \end{aligned}$$

$$KVA = \frac{220 \text{ V} \times 1.732 \times 699.61 \text{ A}}{1000} = 266.58 \text{ KVA}$$

En este caso se utilizara un transformador tipo Pedestal con Operación Radial, trifásico de 300 KVA, 15000-220/127 V. Delta - Estrella.

Protección del lado Primario del Transformador:

$$I = \frac{KVA \times 1000}{\sqrt{3} \times V} \dots \dots (4.9.2)$$

Sustituyendo valores en la Ecuación 4.9.2 se tiene lo siguiente:

Datos:

$$\begin{aligned} KVA &= 266.58 \text{ KVA.} \\ \text{Volts} &= 15000 \text{ V.} \end{aligned}$$

$$I = \frac{266.58 \text{ KVA} \times 1000}{\sqrt{3} \times 15000 \text{ V}} = 10.26 \text{ A.}$$

En este caso se utilizara una protección en el primario para 12 A.

4.10 .- REQUISITOS PARA PRESENTAR PLANOS ELÉCTRICOS.

1.- Los planos que se presenten deberán llenar los siguientes requisitos:

- Completa claridad y un delineado cuidadoso, tanto del conjunto como de los detalles, empleando los instrumentos adecuados para un dibujo constructivo y usando tinta china negra o similar.
- Las anotaciones y explicaciones deberán ser ejecutadas con caracteres claros y bien hechos, ya sea usando plantillas o letras de molde manuscritas. En las acotaciones se usará invariablemente el sistema métrico decimal.
- Presentar una tabla de los símbolos eléctricos empleados.
- No mostrar ningún otro tipo de instalaciones tales como de agua potable, sanitaria o detalles de construcción civil.

2.- Los planos serán elaborados de las siguientes dimensiones:

Tipo de instalación.	Dimensiones.	Escalas.
Casas habitación y edificios alimentados en baja tensión.	70 x 110 cm.	1:125 hasta 1:150
	55 x 70 cm.	1:125 hasta 1:150
	35 x 65 cm.	1:125 hasta 1:150
Subestaciones eléctricas abiertas o compactas para servicio interior.	85 x 110 cm.	1:100 hasta 1:120
	70 x 110 cm.	1:100 hasta 1:120
	55 x 70 cm.	1:100 hasta 1:120
Plantas generadoras para servicio de emergencia.	85 x 110 cm.	1:100 hasta 1:120
	70 x 110 cm.	1:100 hasta 1:120
	55 x 70 cm.	1:100 hasta 1:120
Redes de distribución y alumbrado público.	85 x 110 cm.	1:1000 - 1:5000 horizontal 1:200 - 1:2000 vertical
	70 x 110 cm.	1:1000 - 1:5000 horizontal 1:200 - 1:2000 vertical
	55 x 70 cm.	1:1000 - 1:5000 horizontal 1:200 - 1:2000 vertical
Cruzamiento con ferrocarriles, carreteras, caminos vecinales y calles.	55 x 70 cm.	1:100 hasta 1:1200
	35 x 55 cm.	1:100 hasta 1:1200
	28 x 40 cm.	1:100 hasta 1:1200
Fuerza y alumbrado tipo industrial.	85 x 110 cm.	1:125 hasta 1:150
	70 x 110 cm.	1:125 hasta 1:150
	55 x 70 cm.	1:125 hasta 1:150

Las escalas indicadas, podrán ser modificadas cuando la magnitud de la obra así lo requiera para que su representación sea con suficiente detallé, anotando en cada caso la escala empleada. Dejando un margen de cinco centímetros en el lado izquierdo de cada plano, y de los tres lados del mismo otro no mayor de dos centímetros.

- 3.- Cada plano tendrá que ser identificado por medio de un cuadro en el ángulo inferior derecho, donde se indicará:

Nombre completo del propietario o razón social.

Nombre, firma y número de registro, Dirección General de Electricidad del perito responsable de la instalación eléctrica que debe ser ingeniero electricista.

La ubicación de la obra deberá indicarse por medio de un croquis lo más detallado posible, que muestre la orientación de esta carretera, camino, etc., así como el número oficial del predio, nombre de la colonia, fraccionamiento, zona postal en su caso, etc.

- 4.- Los planos de la instalación eléctrica mostrarán una lista de los materiales y equipo que se usarán indicando marca de fábrica y características completas que incluyan, tipo, número de catálogo, etc.
- 5.- Todos los planos serán enviados y doblados precisamente en tamaño carta con el cuadro de identificación a la vista.

Los planos de alta y baja tensiones deberán ser presentados simultáneamente, así como también la lista de cargas.²⁰

²⁰ Pedro Camarena M. Instalaciones Eléctricas Industriales. Compañía Editorial Continental; S.A. de C.V. México 1979, Primera edición. Páginas de la 237 a la 238.

SIMBOLOGIA

-  Contacto monofásico dúplex polarizado con tierra física para 15 Amperes, 127 Volts. Marca Arrow Hart Catalogo M-5250-M Color marfil.
-  Contacto monofásico para sistemas de informática para 15 Amperes, 127 Volts. Marca Hubell Cat. IGS200 Color naranja.
-  Contacto monofásico a 220 Volts. Con tierra física para 15 Amperes, 127 Volts. Marca Arrow Hart Catalogo 7310-B Color marfil.
-  Contacto trifásico de baqueta para 20 A. 125/250 V. Marca Arrow Hart Catalogo 7410-B.
-  Contacto trifásico de baqueta para 50 A. 250 VCA / 600 VCD. Marca Arrow Hart Cat. 7380
-  Salida especial de capacidad indicada.
-  Salida para antena
-  Salida para sistema de comunicación
-  Salida para sistema de sonido
-  Salida telefónica
-  Salida para sistema de video.
-  Salida para Sky
-  Motor de capacidad indicada.
-  Interruptor de Seguridad Cat. D301NPS.
-  Tablero de circuitos.
-  Tablero de cisterna.
-  Tablero de Calderas.
-  Poste de alumbrado metalark de 1000 Watts. Formado a base de dos lamparas metalark de 1000 Watts.
-  Poste de alumbrado metalark de 1000 Watts. Formado a base de tres lamparas metalark de 1000 Watts.
-  Salida para anuncio paleta de 16 Amperes.

-  Apagador de tres vias (Escalera)
-  Apagador sencillo
-  Caja registro de distribución
-  Lampara de empotrar. de 60 Watts. Tipo K8. Marca Ilinsa Iluminación, color blanco, con foco PAR38 de 60 Watts.
-  Lampara orbitante para exterior de 75 Watts. Tipo AE-756. Marca LJ Iluminación, color blanco, con foco A-19 de 75 Watts.
-  Lampara orbitante para interior de 50 Watts. Tipo BETA. Marca Construlita color blanco, con foco MR-16 de 50 Watts.
-  Lampara bajo voltaje de 50 Watts. Tipo Orion Marca Construlita para costilla de pescado con foco MR-16 de 50 Watts.
-  Lampara a prueba de vapor de 100 Watts. Tipo RV-20. Para colocación en techo. Marca Ilinsa, fundición de aluminio
-  Lampara de empotrar, bajo voltaje de 50 W. Tipo MA-50BV. Marca LJ Iluminación, color blanco, con foco MR-16 de 50 Watts.
-  Equipo fluorescente de 1x32 Watts, T-8 Tipo canaleta. Marca New Light color blanco, con balastro electrónico.
-  Reflector de 60 Watts.
-  Lampara reflector infrarrojos de 250 Watts. Tipo CIA-250. Marca LJ Iluminación, chapeada en bronce, con foco infrarrojo de 250 Watts.
-  Lampara fluorescente de 1x40 T-8 Tipo TD-40. Marca LJ Iluminación, color blanco, con balastro electrónico.
-  Lampara fluorescente de 2x32 T-8 Tipo Industrial. Marca New Light color blanco, con balastro electrónico, en servicio de alumbrado normal.
-  Lampara fluorescente de 4x32 T-8 Tipo Industrial. Marca New Light color blanco, con balastro electrónico, en servicio de alumbrado normal.

-  Lampara tipo sombrilla a base de cuatro focos incandescentes de 40 Watts. C/U.
-  Lampara fluorescente de 2x32 T-8 Mod GCL-232 acrílica envolvente. Marca LJ Iluminación, color blanco con balastro electrónico.
-  Lampara fluorescente de 2x32 T-8 Tipo Industrial. Marca New Light color blanco, con balastro electrónico, en sistema de emergencia.
-  Lampara fluorescente de 4x32 T-8 Tipo Industrial. Marca New Light, color blanco, con balastro electrónico, en sistema de emergencia.
-  Tablero de alumbrado y contactos, 3F, 4H, 220/127 V, 225 Amperes. Marca Federal Pacific electric
-  Tablero para equipo hidroneumático. 3F, 4H, 220/127 V, 50 Amperes.
-  Tablero de distribución servicio normal, marca SIEMENS.
-  Tablero de distribución servicio emergencia, marca SIEMENS.
-  Tubería conduit por faja, muro y/o estructura.
-  Tubería conduit por piso.
-  Tubo flexible.

NOTAS GENERALES

- Utilizar conductor de cobre suave con aislamiento tipo THW antiflama Dof 90.
- Usar tubería conduit galvanizada excepción de lo indicado en otra forma.
- Canalizaciones sin diámetro, cédula de cableado indicado son de 13 mmø (1/2") con 2 -12 y/o 2-12 y 1-12d
- La altura de los contactos será a 0.30 m., sobre nivel de piso terminado, excepción de lo indicado en otra forma
- La altura de los apagadores será a 1.30 m., sobre nivel de piso terminado excepción de lo indicado en otra forma
- Para las instalaciones a intemperie utiliza tubería pared gruesa galvanizada y cajas registro a prueba de agua.
- En las áreas donde haya equipo de computo así como sistema de cajas registradoras, las instalaciones serán a emergencia y se canalizaran en forma independiente con respecto a las demás instalaciones de emergencia y normal.
- Los contactos de capacidad no indicada serán de 180 Watts.
- Los alimentadores a circuitos derivado se calculan en tubo de acuerdo al artículo 310 - 16 y sus correlativos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999
- Toda la instalación llevara un conductor utilizado como tierra física dicho conductor será de cobre desnudo (sección 250 y sus correlativos) de la norma oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999.
- Las instalaciones de emergencia deben ser mantenidas completamente independientes de cualquier otro sistema de alambrado y equipo, Artículo (700 - 3 inciso (b) de NOM-001-SEDE-1999

CROQUIS DE LOCALIZACION

OBSERVACIONES:

REVISIONES:
No. FECHA OBSERVACIONES:

Relación de Planos de Instalación Eléctrica

E-A0-01	ALUMBRADO NORMAL
E-A0-02	ALUMBRADO EMERGENCIA
E-AC-03	ANTENA, VIDEO, COMUNICACION, SONIDO Y ALPARA
E-CO-04	CONTACTOS
E-AL-05	AIRE ACONDICIONADO Y ALIMENTADORES GENERALES
E-EAT-06	ALUMB. ESTACIONAMIENTO Y ACOMEDA TELEFONICA
E-OU-07	DIAGRAMA UNIFILAR
E-SUB-08	SUBSTACION CON TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL

ESPACIO PARA SELLOS DE APROBACION

CEDULA DE CABLEADO POR CIRCUITO

CIRCUITO	CARGA	CABLEADO	CANALIZACION
N-1	720.00	2-12 1-12 d.	Tubo
N-2	720.00	2-12 1-12 d.	Tubo
N-3	1,250.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-4	2,160.00	2-8 1-12 d.	Tubo
N-6	1,450.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-7	2,000.00	4-12 1-12 d.	Tubo
N-8	1,250.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-9	422.50	2-10 1-12 d.	Tubo
N-10	1,800.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-11	1,500.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-12	500.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-14	2,600.00	2-8 1-10 d.	Tubo
N-16	1,500.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-18	1,500.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-21	750.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-23	360.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-24,26,28	12,955.74	3-8 1-10 n. 1-10d	Tubo
N-25,27,29	11,336.27	3-8 1-10 n. 1-10d	Tubo
N-30,32	4,600.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-34,36	1,800.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-35	500.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-40,42	1,600.00	2-10 1-12 d.	Tubo

CEDULA DE CABLEADO POR CIRCUITO

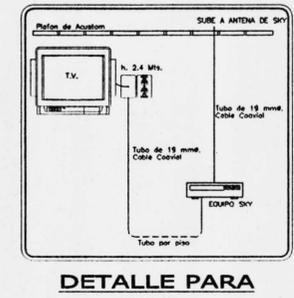
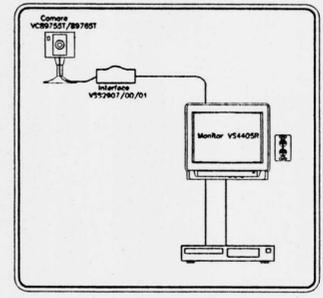
CIRCUITO	CARGA	CABLEADO	CANALIZACION
E-1	1,080.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-2	300.00	2-12 1-12 d.	Tubo
E-3	937.50	2-10 1-12 d.	Tubo
E-4	603.84	2-12 1-12 d.	Tubo
E-5	1,250.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-6	912.50	2-12 1-12 d.	Tubo
E-7	875.00	2-12 1-12 d.	Tubo
E-8	2,720.00	8-12 1-10 d.	Tubo
E-9	240.00	2-12 1-12 d.	Tubo
E-10	820.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-11	603.84	2-12 1-12 d.	Tubo
E-12	1,200.00	2-12 1-12 d.	Tubo
E-13	1,500.00	2-10 1-10 d.	Tubo
E-14	1,250.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-15	1,250.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-17	1,000.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-18,20	4,800.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-19	1,000.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-21,23	1,800.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-22,24,26	4,682.50	3-10 1-10 n. 1-10d	Tubo
E-25	720.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-27	1,000.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-28	1,937.50	2-10 1-12 d.	Tubo
E-29	1,500.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-30	500.00	2-10 1-12d.	Tubo
E-31,33,35	4,682.50	3-8 1-10 n. 1-10d	Tubo
E-32,34,36	13,336.40	3-8 1-10 n. 1-10d	Tubo
E-37	1,600.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-38	360.00	2-10 1-10 d.	Tubo
E-39	1,500.00	2-8 1-12d.	Tubo
E-40	5,257.80	2-4 1-10d.	Tubo
E-41	2,400.00	2-4 1-12 d.	Tubo
E-42	1,400.00	2-10 1-12 d.	Tubo

SIMBOLOGIA

- Caja registro de distribución.
- ⊗ Contacto monophasico dipolo polarizado con tierra física para 15 Amperes, 127 Voltios, Marca Ancon Hart Catalogo M-5250-M Color marfil.
- Salida para antena
- Salida para sistema de comunicación
- Salida para sistema de sonido
- Salida telefónica
- Salida para sistema de video
- Salida para Sky
- ⊞ Tablero de alumbrado y contactos 3F, 4L, 220/127 V, 225 Amperes, Marca Federal Pacific Electric.
- ⊞ Tablero para medio Minicomputo. 3F, 4L, 220/127 V, 50 Amperes.
- ⊞ Tablero de distribución servicio normal, marca SIEMENS.
- ⊞ Tablero de distribución servicio emergencia, marca SIEMENS.
- Tubería conduit por loza, muro y/o estructura.
- - - - - Tubería conduit por piso.
- ~~~~~ Tubo flexible.

CEDULA DE CABLEADO

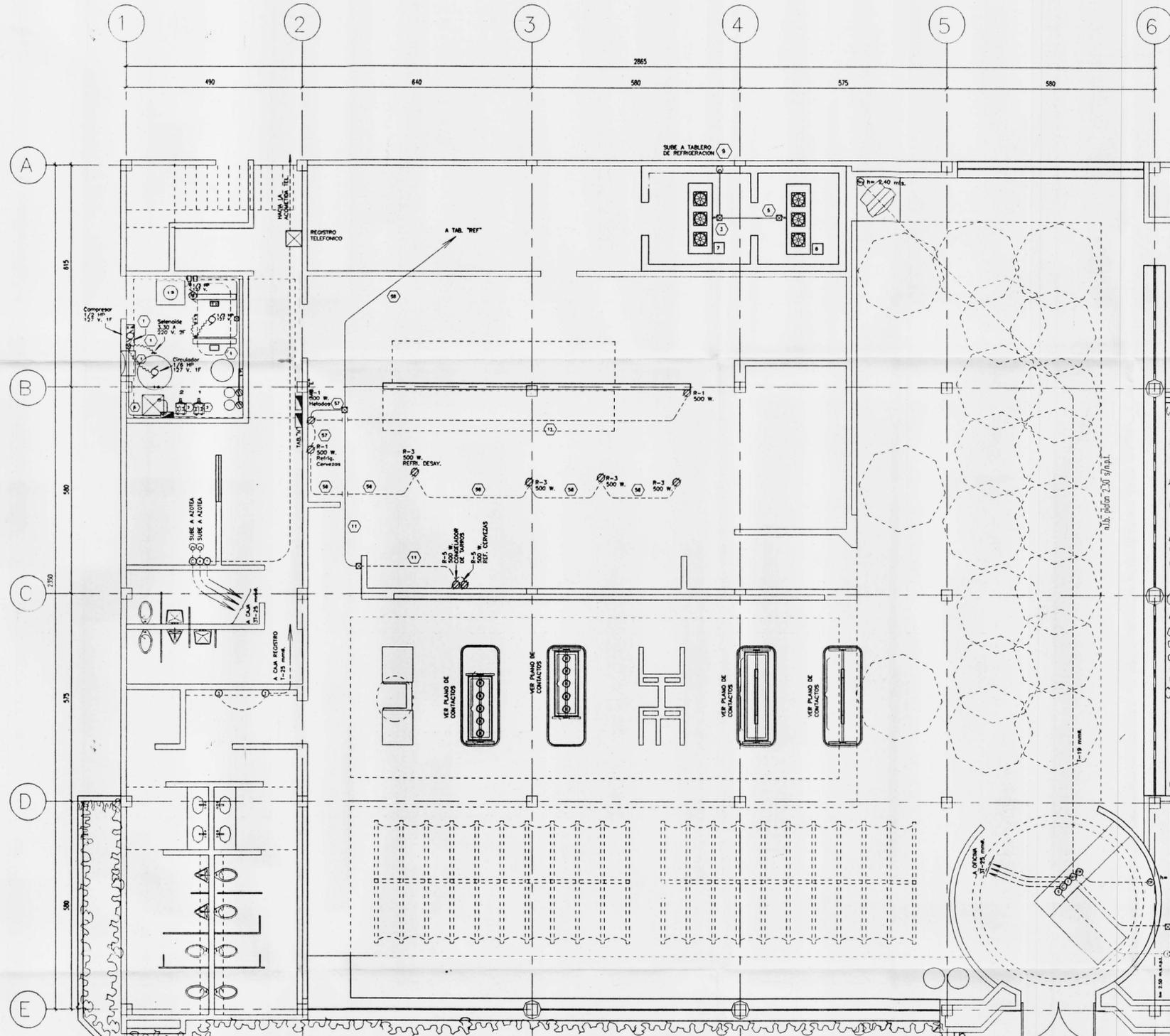
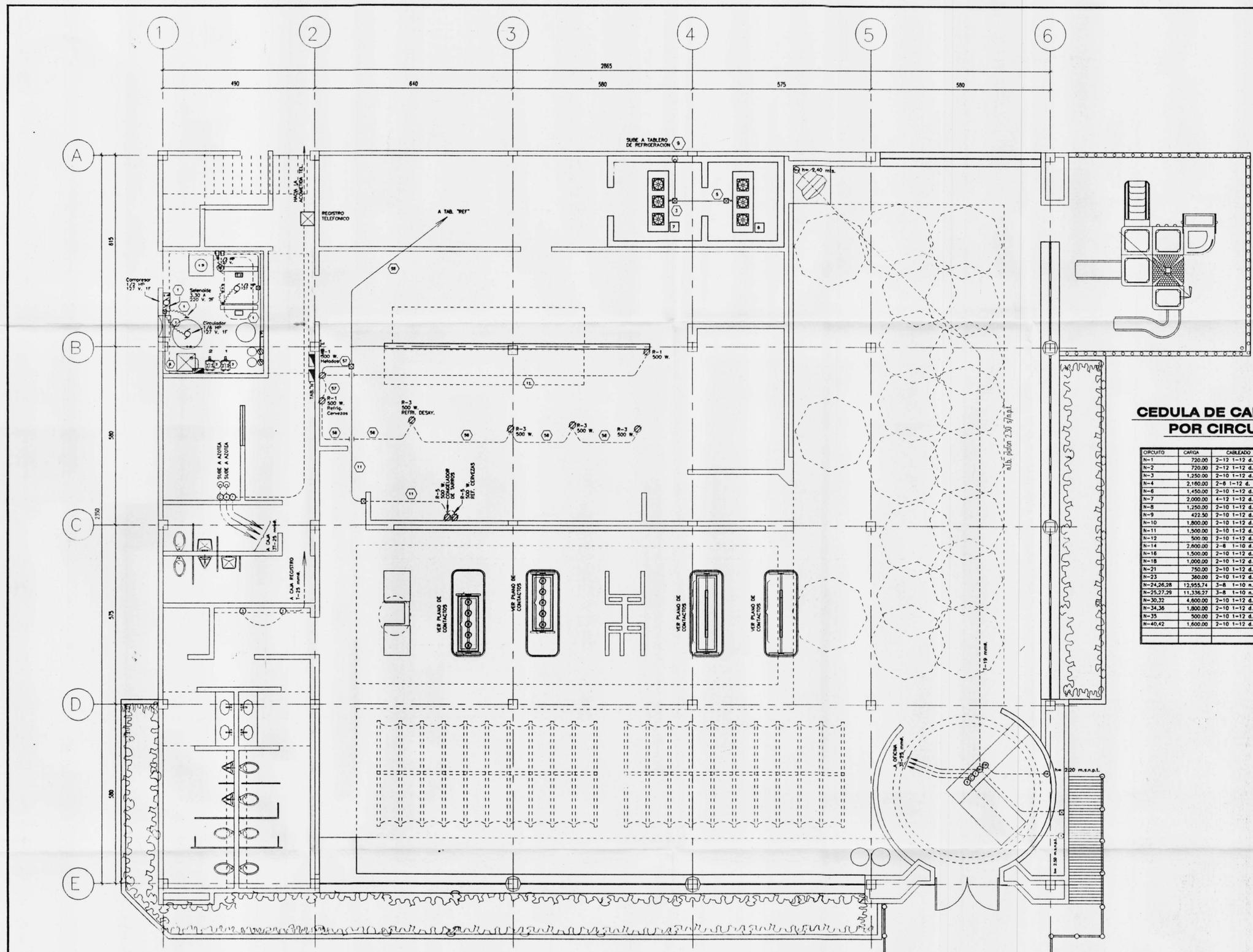
1	2-12	1-12d.	1-13mmø.		
2	3-12	1-12d.	1-13mmø.		
3	4-12	1-12d.	1-13mmø.		
4	6-12	1-12d.	1-19mmø.		
5	10-12	1-12d.	1-25mmø.		
6	2-10	1-12d.	1-13mmø.		
7	2-8	1-12d.	1-25mmø.		
8	2-8	2-8	1-10d.	1-25mmø.	
9	2-10	2-8	2-8	1-10d.	1-25mmø.

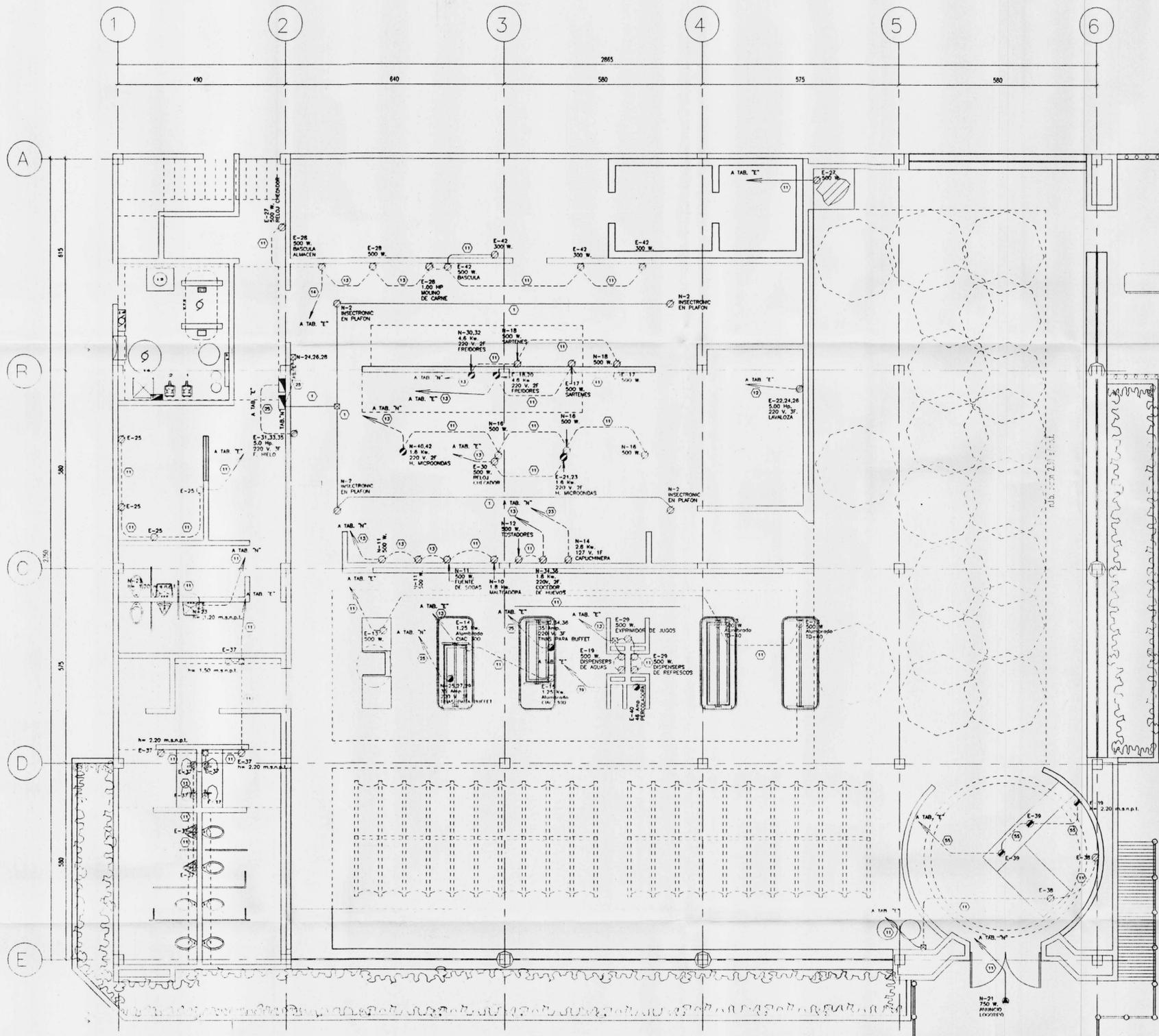


DETALLE PARA SKY

NOMIENCLATURA

- DEFUSOR CAMARA DE REFRIGERACION
- DEFUSOR CAMARA DE CONDELCACION
- BOMBA SIEMENS DE 3HP.
- BOMBA SIEMENS DE 3HP.
- CIRCULADOR DE 1/8 DE HP.
- CIRCULADOR DE 1/8 DE HP.
- CALDERA
- COMPRESOR
- TANQUE DE AGUA FRIA.
- TANQUE DE AGUA CALENTE.
- FILTROS





- ### NOTAS GENERALES
- Utilizar conductor de cobre suave con aislamiento tipo THW antiflama Daf 90.
 - Usar tubería conduit galvanizada excepción de la indicada en otra forma.
 - Canalizaciones sin diámetro, cédula de cableado indicado son de 13 mm² (1/2") con 2 - 12 y/o 2-12 y 1-12d.
 - La altura de los contactos será a 0.30 m., sobre nivel de piso terminado, excepción de lo indicado en otra forma.
 - La altura de los apagadores será a 1.30 m., sobre nivel de piso terminado excepción de lo indicado en otra forma.
 - Para las instalaciones a intemperie utiliza tubería pared gruesa galvanizada y cajas registro a prueba de agua.
 - En las áreas donde haya equipo de computa así como sistema de cajas registradoras, las instalaciones serán a emergencia y se canalizaran en forma independiente con respecto a las demás instalaciones de emergencia y normal.
 - Los contactos de capacidad no indicada serán de 180 Watts.
 - Los alimentadores a circuitos derivados se calculan en tubo de acuerdo al artículo 310 - 16 y sus correlativos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999.
 - Toda la instalación llevará un conductor utilizado como tierra física dicho conductor será de cobre desnudo (sección 250 y sus correlativos) de la norma oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999.
 - Todo el cableado se hará con código de colores siendo esto como sigue: Fase A color Rojo, B color Azul, C Negro Neutro color Blanco, en los sistemas de informática, se utilizará un conductor Verde para tierra física, que no exime de colocar el cable desnudo correspondiente a la tierra física del sistema, Artículo 250 y sus correlativos de la NOM-001 SEDE-1999.
 - Las instalaciones de emergencia deben ser mantenidas completamente independientes de cualquier otro sistema de alarmado y equipo, Artículo (700 - 9 inciso (b) de NOM-001-SEDE-1999.

CEDULA DE CABLEADO POR CIRCUITO

CIRCUITO	CARGA	CABLEADO	CANALIZACION
N-1	720.00	2-12 1-12 d.	Tubo
N-2	720.00	2-12 1-12 d.	Tubo
N-3	1,250.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-4	2,160.00	2-6 1-12 d.	Tubo
N-6	1,450.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-7	2,000.00	4-12 1-12 d.	Tubo
N-8	1,250.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-9	422.50	2-10 1-12 d.	Tubo
N-10	1,800.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-11	1,500.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-12	500.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-14	2,800.00	2-8 1-10 d.	Tubo
N-16	1,500.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-18	1,000.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-21	750.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-23	350.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-24,26,28	12,955.74	3-8 1-10 n. 1-10d.	Tubo
N-25,27,29	11,336.27	3-8 1-10 n. 1-10d.	Tubo
N-30,32	4,600.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-34,36	1,800.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-35	500.00	2-10 1-12 d.	Tubo
N-40,42	1,600.00	2-10 1-12 d.	Tubo

CEDULA DE CABLEADO POR CIRCUITO

CIRCUITO	CARGA	CABLEADO	CANALIZACION
E-1	1,080.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-2	300.00	2-12 1-12 d.	Tubo
E-3	937.50	2-10 1-12 d.	Tubo
E-4	803.84	2-12 1-12 d.	Tubo
E-5	1,250.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-6	912.50	2-12 1-12 d.	Tubo
E-7	875.00	2-12 1-12 d.	Tubo
E-8	2,720.00	8-12 1-10 d.	Tubo
E-9	240.00	2-12 1-12 d.	Tubo
E-10	620.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-11	803.84	2-12 1-12 d.	Tubo
E-13	1,200.00	2-12 1-12 d.	Tubo
E-14	1,500.00	2-10 1-10 d.	Tubo
E-15	1,250.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-17	1,000.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-18,20	4,600.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-19	1,000.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-21,23	1,600.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-22,24,26	4,862.50	3-10 1-10 n. 1-10d.	Tubo
E-25	720.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-27	1,000.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-28	1,932.50	2-10 1-12 d.	Tubo
E-29	1,500.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-30	500.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-31,33,35	4,662.50	3-8 1-10 n. 1-10d.	Tubo
E-32,34,36	13,336.40	3-8 1-10 n. 1-10d.	Tubo
E-37	1,820.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-38	260.00	2-10 1-12 d.	Tubo
E-39	1,500.00	2-6 1-12d.	Tubo
E-40	5,257.80	2-4 1-10d.	Tubo
E-41	2,400.00	2-4 1-12 d.	Tubo
E-42	1,400.00	2-10 1-12 d.	Tubo

SIMBOLOGIA

- Caja registro de distribución.
- Contacto monofásico doble polarizado con tierra física para 15 Amperes, 127 Volt. Marca Arrow Hart Catalogo M-5790-M Color morfi.
- Contacto monofásico para sistemas de informática para 15 Amperes, 127 Volt. Marca Hubel Cat. 02000 Color naranja.
- Contacto monofásico a 220 Volt. Con tierra física para 15 Amperes, 127 Volt. Marca Arrow Hart Catalogo 7310-B Color morfi.
- Contacto trifásico de boquilla para 20 A. 125/250 V. Marca Arrow Hart Catalogo 7410-B.
- Contacto trifásico de boquilla para 50 A. 250 VCA / 600 VCD. Marca Arrow Hart Cat. 7380.
- Salida especial de capacidad indicada.
- Tablero de alumbrado y contactos 3F, 4H, 220/127 V. 225 Amperes, Marca Federal Pacific Electric.
- Tablero para equipo hidráulico, 3F, 4H, 220/127 V. 50 Amperes.
- Tablero de distribución servicio normal, marca SIEMENS.
- Tablero de distribución servicio emergencia, marca SIEMENS.
- Tubería conduit por lata, muro y/o estructura.
- Tubería conduit por piso.
- Tubo flexible.

NOMENCLATURA

- 1.0 DIVISOR CAMARA DE REFRIGERACION
- 2.0 DIVISOR CAMARA DE CONGELACION
- 3.0 BOMBA SIEMENS DE 3HP.
- 4.0 BOMBA SIEMENS DE 5HP.
- 5.0 CIRCULADOR DE 1/8 HP.
- 6.0 CIRCULADOR DE 1/8 HP.
- 7.0 CALDERA
- 8.0 COMPRESOR
- 9.0 TANQUE DE AGUA FRIA.
- 10.0 TANQUE DE AGUA CALIENTE.
- 11.0 FILTROS

CEDULA DE CABLEADO

1	2-12	1-12d.	T-13mm ²
11	2-10	1-12d.	T-13mm ²
12	3-10	1-12d.	T-13mm ²
13	4-10	1-12d.	T-13mm ²
14	8-10	1-12d.	T-19mm ²
23	2-8	1-12d.	T-19mm ²
25	3-8	1-10n.	T-25mm ²
38	2-4	1-10d.	T-25mm ²
55	2-6	1-10d.	T-25mm ²

PROYECTO

TESIS PROFESIONAL

PROPIETARIO

DIRECCION

SISTEMA

CONTACTOS

REALIZACION: WILSON OLIVERA ESCALAS

INSTRUMENTACION: INGENIERO EN ELECTRICIDAD

REVISOR: DR. RAUL BARRON VELAZQUEZ

TABLERO "N" DE 42 CIRCUITOS 3F-4H, 220/127 VOLTS, CON INTERRUPTOR GENERAL DE 3P-200 A. E INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DERIVADOS INDICADOS.

CIRCUITO	No	WATTS TOTALES	I.T.M. AMPERES	F A S E S		
				A	B	C
1	12	720.00	1P-20	720.00		
2		720.00	1P-20	720.00		
3	2	1,250.00	1P-20	1,250.00		
4	V A C	2,160.00	1P-30	2,160.00		
5	20	1,450.00	1P-20	1,450.00		
6	11 1	2,000.00	1P-20	2,000.00		
7	20	1,250.00	1P-20	1,250.00		
8		472.50	1P-20	472.50		
9	1	1,800.00	1P-20	1,800.00		
10		1,500.00	1P-20	1,500.00		
11	3	500.00	1P-20	500.00		
12						
13	V A C	2,600.00	1P-30	2,600.00		
14						
15	V A C	1,500.00	1P-20	1,500.00		
16						
17	V A C	1,000.00	1P-20	1,000.00		
18						
19	V A C	1,000.00	1P-20	1,000.00		
20	V A C					
21	V A C	750.00	1P-20	750.00		
22						
23		360.00	1P-20	360.00		
24,26,28		12,955.74	3P-40	4,318.58	4,318.58	4,318.58
25,27,29		11,336.27	3P-40	3,778.75	3,778.75	3,778.75
30,32		4,600.00	2P-30	2,300.00		
31	V A C					
33	V A C	1,800.00	2P-20	900.00	900.00	
34,36		500.00	1P-20	500.00		
35						
37,39,41		1,600.00	2P-20	800.00	800.00	
40,42						
SUMA	19 8 2 9 41 11 1 3	52,774.51	3P-200	17,687.33	17,679.84	17,407.34

DESBALANCEO

17,687.33 - 17,407.34 x 100 = 1.58 %
17,687.33

TABLERO "E" DE 42 CIRCUITOS 3F-4H, 220/127 VOLTS, CON INTERRUPTOR GENERAL DE 3P-200 A. E INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DERIVADOS INDICADOS.

CIRCUITO	No	WATTS TOTALES	I.T.M. AMPERES	F A S E S		
				A	B	C
1	14	1,080.00	1P-20	1,080.00		
2	2 2	300.00	1P-20	300.00		
3	8	937.50	1P-20	937.50		
4	17	603.84	1P-20	603.84		
5	2	1,250.00	1P-20	1,250.00		
6		912.50	1P-20	912.50		
7		875.00	1P-20	875.00		
8	4	2,720.00	1P-30	2,720.00		
9	4	240.00	1P-20	240.00		
10	2	620.00	1P-20	620.00		
11		603.84	1P-20	603.84		
12	12	1,200.00	1P-20	1,200.00		
13		1,500.00	1P-20	1,500.00		
14		1,250.00	1P-20	1,250.00		
15		1,250.00	1P-20	1,250.00		
16	V A C					
17	2	1,000.00	1P-20	1,000.00		
18,20		4,600.00	2P-30	2,300.00	2,300.00	
19		1,000.00	1P-20	1,000.00		
21,23		1,600.00	2P-20	800.00	800.00	
22,24,26		4,840.50	3P-20	1,554.16	1,554.16	1,554.16
25	4	720.00	1P-20	720.00		
27		1,000.00	1P-20	1,000.00		
28	2	1,932.50	1P-20	1,932.50		
29		1,500.00	1P-20	1,500.00		
30		500.00	1P-20	500.00		
31,33,35		4,840.50	3P-20	1,554.16	1,554.16	1,554.16
32,34,36		13,336.40	3P-40	4,445.46	4,445.46	4,445.46
37		1,620.00	1P-20	1,620.00		
38		360.00	1P-20	360.00		
39		1,500.00	1P-20	1,500.00		
40		5,257.80	1P-50	5,257.80		
41		2,400.00	1P-30	2,400.00		
42	1	1,400.00	1P-20	1,400.00		
SUMA	24 2 2 16 34 16 2 1 11 2 2 10 10 4 34	64,994.36	3P-200	21,278.78	21,695.42	21,480.12

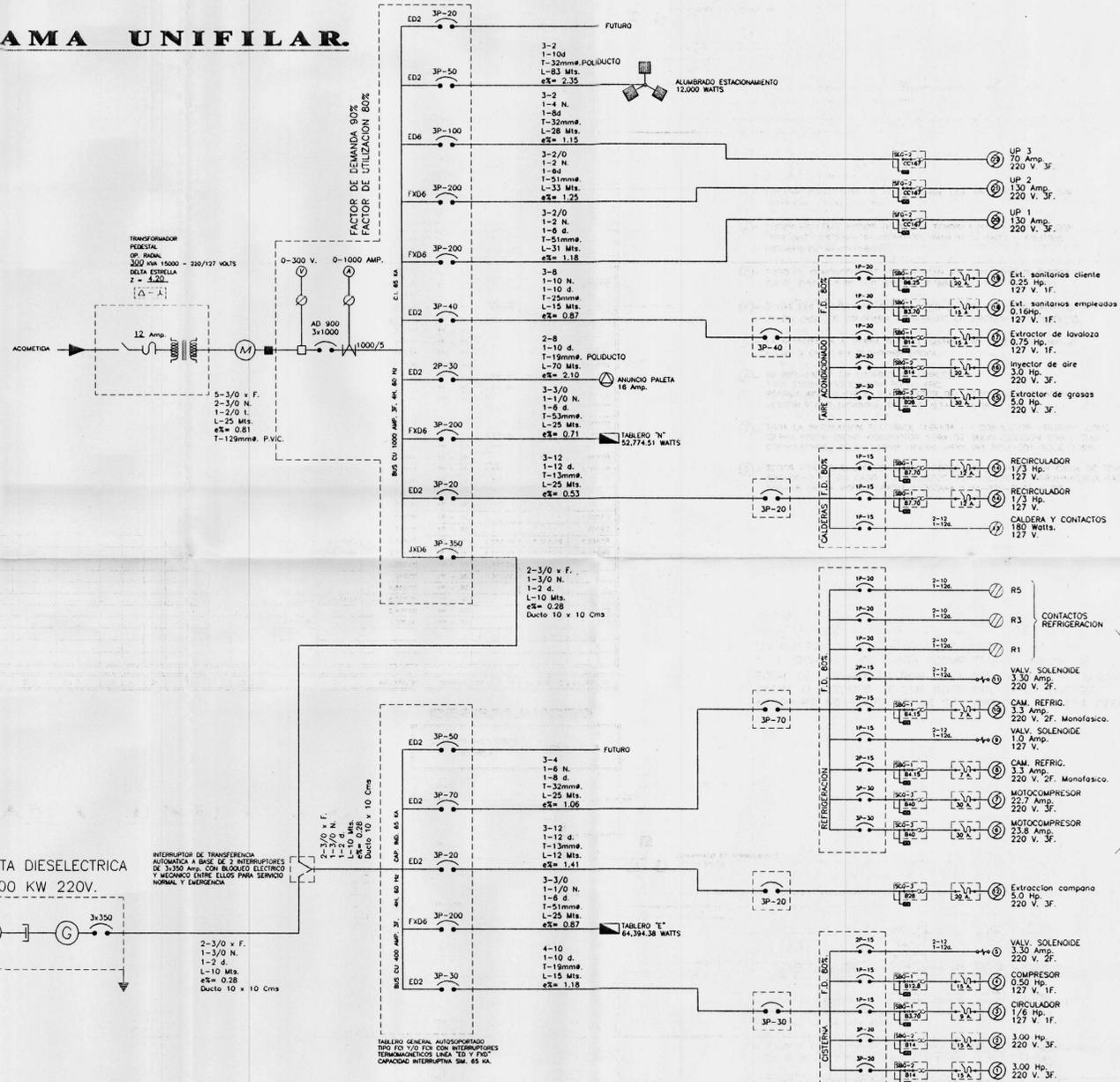
DESBALANCEO

21,695.42 - 21,278.78 x 100 = 1.92 %
21,695.42

CUADRO DE MOTORES

MAQUINA	MOTOR	ARRANCADOR				INTERRUPTOR									
		HP	KW	AMPS	FASES	REG. D.G.E.	TIPO MAGNETICO	TENSION ELEMENTAL	REG. D.G.E.	TIPO TERM.	ELEM.	REG. D.G.E.			
CISTERNA	01	3.0000	2.69	8.68	220	3	ITEM NDM SBC-2	X	B14	SQUARE D NDM	FAL32020	H21	15.0000	SQUARE D NDM	
	02	3.0000	2.69	8.68	220	3	ITEM NDM SBC-2	X	B14	SQUARE D NDM	FAL32020	H21	15.0000	SQUARE D NDM	
	03		0.20	2.89	127	1	ITEM NDM SBC-1	X	B12.8	SQUARE D NDM	FAL12015	H21N	12.0000	SQUARE D NDM	
	04	0.5000	0.59	6.50	127	1	ITEM NDM SBC-1	X	B12.8	SQUARE D NDM	FAL12020	H21N	15.0000	SQUARE D NDM	
	05	Solenoid	1.16	1.30	220	2	ITEM NDM SAG-11	X	B4.15	SQUARE D NDM	FAL22015	H21	5.6000	SQUARE D NDM	
REFRIGERACION	06	Motorcompresor	7.25	21.80	220	3	ITEM NDM SGC-3	X	B40	SQUARE D NDM	FAL32045	H21	45.0000	SQUARE D NDM	
	07	Motorcompresor	6.91	22.70	220	3	ITEM NDM SGC-3	X	B40	SQUARE D NDM	FAL32045	H21	45.0000	SQUARE D NDM	
	08	Comara Ref.	1.16	1.30	220	2	ITEM NDM SBC-1	X	B4.15	SQUARE D NDM	FAL22015	H21	5.6000	SQUARE D NDM	
	09	Solenoid	0.11	1.60	127	1	ITEM NDM SBC-1	X	B1.45	SQUARE D NDM	FAL22015	H21	7.0000	SQUARE D NDM	
	10	Comara Ref.	1.16	1.30	220	2	ITEM NDM SBC-1	X	B4.15	SQUARE D NDM	FAL22015	H21	5.6000	SQUARE D NDM	
EXTRACTOR EMERGENCIA	11	Solenoid	1.16	1.30	220	2	ITEM NDM SBC-1	X	B4.15	SQUARE D NDM	FAL22015	H21	5.6000	SQUARE D NDM	
	12		5.0000	5.56	13.74	220	3	ITEM NDM SGC-3	X	B28	SQUARE D NDM	FAL32030	H21	25.0000	SQUARE D NDM
	CALDERAS	13	Recirculadores	0.29	5.69	127	1	ITEM NDM SBC-1	X	B7.70	SQUARE D NDM	FAL12015	H21N	9.0000	SQUARE D NDM
		14	Caldera	0.18	1.77	127	1	ITEM NDM SBC-1	X	B2.40	SQUARE D NDM	FAL12015	H21N	7.0000	SQUARE D NDM
	AIRE ACOND.	15	5.0000	5.56	13.74	220	3	ITEM NDM SGC-3	X	B28	SQUARE D NDM	FAL32030	H21	25.0000	SQUARE D NDM
16		3.0000	2.69	8.68	220	3	ITEM NDM SBC-2	X	B14	SQUARE D NDM	FAL32020	H21	15.0000	SQUARE D NDM	
17		0.7500	0.80	9.93	127	1	ITEM NDM SBC-1	X	B14	SQUARE D NDM	FAL12020	H21N	15.0000	SQUARE D NDM	
18		0.1700	0.20	2.89	127	1	ITEM NDM SBC-1	X	B3.70	SQUARE D NDM	FAL12015	H21N	12.0000	SQUARE D NDM	
19		0.2500	0.29	4.25	127	1	ITEM NDM SBC-1	X	B6.25	SQUARE D NDM	FAL12015	H21N	7.0000	SQUARE D NDM	
UP 1		44.58	130.00	220	3										
UP 2		44.58	130.00	220	3										
UP 3		24.00	70.00	220	3										

DIAGRAMA UNIFILAR.



RESUMEN DE CARGAS SISTEMA EMERGENCIA

SISTEMA	TABLERO	WATTS TOTALES	A	B	C
EMERGENCIA	TAB. "E"	64,394.36	21,278.78	21,695.42	21,420.12
EMERGENCIA	Extracción campana	5,561.09	1,853.69	1,853.69	1,853.69
EMERGENCIA	C.C.M. CISTERNA	9,081.68	3,002.57	3,165.63	2,913.47
EMERGENCIA	C.C.M. REFRIG.	24,481.23	8,122.31	8,622.31	7,736.61
S U M A S	EMERGENCIA	103,518.36	34,257.35	35,337.05	33,923.89

DESBALANCEO

35,337.05 - 33,923.89 x 100 = 3.99 %
35,337.05

RESUMEN DE CARGAS SISTEMA NORMAL

SISTEMA	TABLERO	WATTS TOTALES	A	B	C
NORMAL	TAB. "N"	52,774.51	17,687.33	17,679.84	17,407.34
NORMAL	Anuncio Paleta	6,336.00	3,168.00	3,168.00	
NORMAL	C.C.M. AIRE ACOND.	10,582.94	3,354.62	3,235.88	3,992.40
NORMAL	C.C.M. CALDERAS	1,520.62	540.00	490.31	490.31
NORMAL	U.P. 1	44,581.68	14,860.56	14,860.56	14,860.56
NORMAL	U.P. 2	44,581.68	14,860.56	14,860.56	14,860.56
NORMAL	U.P. 3	24,005.52	8,001.84	8,001.84	8,001.84
NORMAL	ALUM. ESTACIONAMIENTO	12,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00
S U M A S	NORMAL	196,382.95	66,472.91	66,296.99	63,613.01

DESBALANCEO

DESBALANCEO

66,472.91 - 63,613.01 x 100 = 4.30 %
66,472.91

RESUMEN GENERAL DE CARGAS

SISTEMA	TABLERO	WATTS TOTALES	A	B	C
NORMAL	TAB. "N"	52,774.51	17,687.33	17,679.84	17,407.34
NORMAL	Anuncio Paleta	6,336.00	3,168.00	3,168.00	
NORMAL	C.C.M. AIRE ACOND.	10,582.94	3,354.62	3,235.88	3,992.40
NORMAL	C.C.M. CALDERAS	1,520.62	540.00	490.31	490.31
NORMAL	U.P. 1	44,581.68	14,860.56	14,860.56	14,860.56
NORMAL	U.P. 2	44,581.68	14,860.56	14,860.56	14,860.56
NORMAL	U.P. 3	24,005.52	8,001.84	8,001.84	8,001.84
NORMAL	ALUM. ESTACIONAMIENTO	12,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00
EMERGENCIA	TAB. "E"	64,394.36	21,278.78	21,695.42	21,420.12
EMERGENCIA	Extracción campana	5,561.09	1,853.69	1,853.69	1,853.69
EMERGENCIA	C.C.M. CISTERNA	9,081.68	3,002.57	3,165.63	2,913.47
EMERGENCIA	C.C.M. REFRIG.	24,481.23	8,122.31	8,622.31	7,736.61
S U M A S	NORMAL	196,382.95	66,472.91	66,296.99	63,613.01
S U M A S	EMERGENCIA	103,518.36	34,257.35	35,337.05	33,923.89
S U M A S	GENERAL	299,901.33	100,730.26	101,634.04	97,536.90

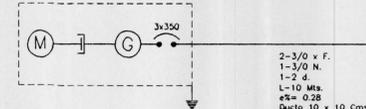
DESBALANCEO

101,634.04 - 97,536.90 x 100 = 4.03 %
101,634.04

LISTA DE MATERIALES

CONCEPTO	MARCA	REG. D.G.E.
APAGADORES Y ACCESORIOS	BRONCO	NOM-1
CAJAS REGISTRO	FANSA	NOM-1
CONDUCTORES ELECTRICOS	LATINCAISA	NOM-1
CONECTORES Y CONTRAS	FANSA	NOM-1
CONTACTOS POLARIZADOS	ARROW HART	NOM-1
INTERRUPTORES TERM.	FEDERAL PACIFIC	NOM-1
TABLEROS DE CIRCUITOS	FEDERAL PACIFIC	NOM-1
TABLEROS GENERALES	SIEMENS	NOM-1
TRANSFORMADOR	VOLTRAN	NOM-1
TUBERIA CONDUIT	CATUSA	NOM-1

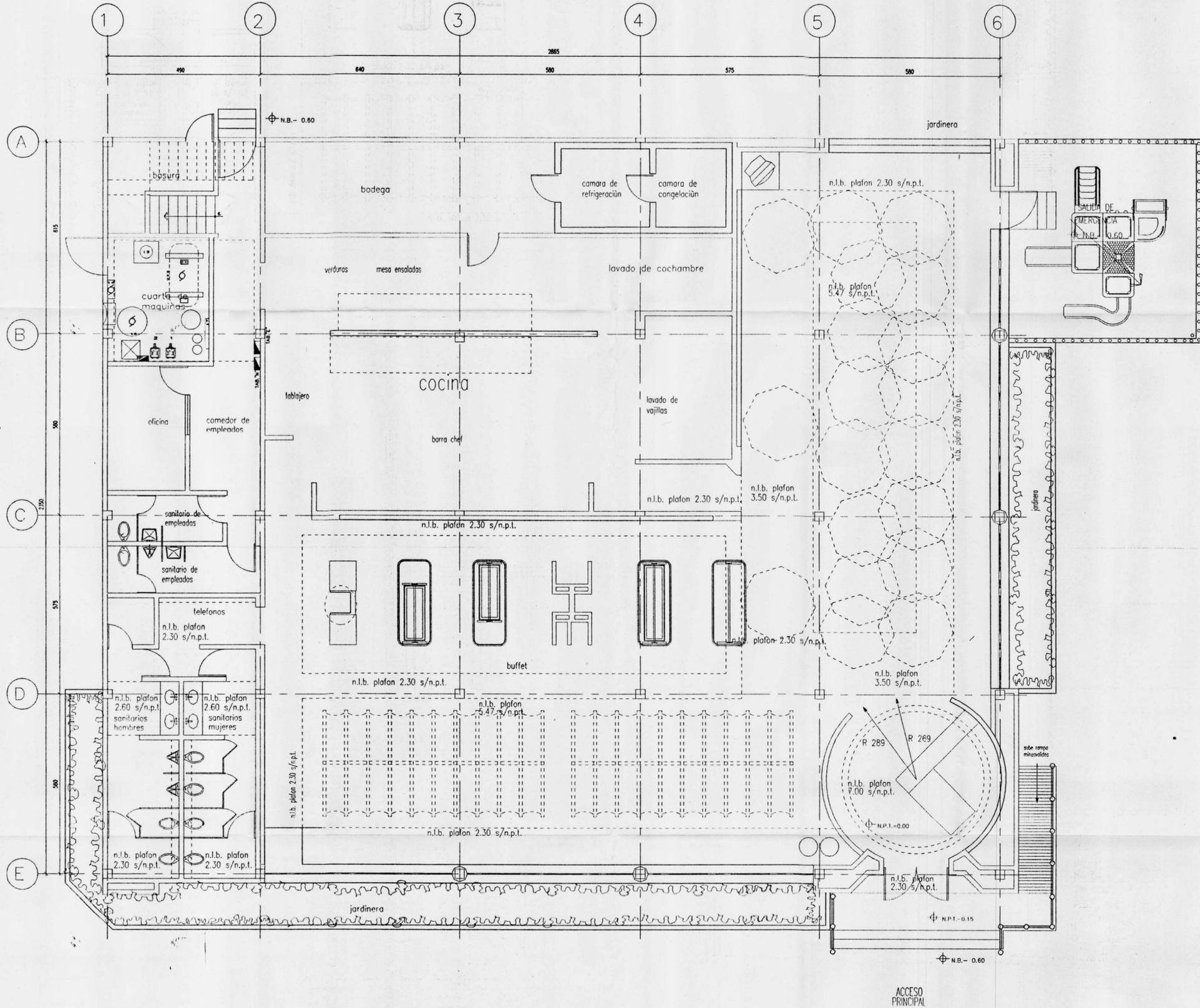
PLANTA DIELECTRICA
100 KW 220V.



NOTAS

- UTILIZAR CONDUCTOR DE COBRE SUAVE CON AISLAMIENTO TIPO THW ANTIFLAMA VINILAT DAF 90
- TODOS LOS ELECTRODOS DE TIERRA TENDRAN MANGA PLASTICA CON TAPA QUE LOS HAGA REGISTRABLES PARA MEDICIONES Y PRUEBAS FUTURAS DE MANTENIMIENTO.
- TODO EL CONDUCTOR DE ESTE SISTEMA IRA DIRECTAMENTE ENTERRADO EN EL PISO A 0.60 MTS. MINIMO DE NIVEL DE PISO TERMINADO
- TODAS LAS CONEXIONES DEBERAN SER EXOTERMICAS TIPO CADWELD. EN SU CASO SE COLOCARAN ZAPATAS DE COMPRESION (PONCHABLES).
- LA RESISTENCIA A TIERRA DE ESTE SISTEMA NO DEBERA SER MAYOR A LOS 5 OHMS EN CUALQUIER EPOCA.
- SE INSTALARAN EN LUGARES ACCESIBLES: TRES EXTINGUIDORES CON POLVO ABC, PERTIGA AISLADA DE 8" Y ALREDEDOR DEL CERCO SE INSTALARAN LETREROS QUE INDIQUEN, PELIGRO ALTA TENSION.
- TODA LA INSTALACION ELECTRICA LLEVARA UN CONDUCTOR UTILIZADO COMO TIERRA FISICA, DICHO CONDUCTOR SERA DESNUDO (SECCION 250 Y SUS CORRELATIVOS) DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1999.
- TODOS LOS CONDUCTORES ALIMENTADORES SE CALCULAN POR CADA DE TENSION AMPACIADA EN SU CASO Y CORREGIDOS POR FACTOR DE AGRUPAMIENTO, TABLA 310-16 DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1999.

* N O T A . - LOS MOTORES DERIVADOS DE ESTE TABLERO DE REFRIGERACION TIENE UN DISPOSITIVO PARA ARRANQUE EN SECUENCIA CON UN INTERVALO DE 30 SEGUNDOS ENTRE EL PRIMERO Y EL SIGUIENTE ASI HASTA ACOMPLETAR EL ARRANQUE TOTAL DEL GRUPO, ES POR ESTO QUE DURANTE EL ARRANQUE INICIAL O DESPUES DE UNA INTERRUPCION DE ENERGIA EL GRUPO NO PODRA TOMAR SU CORRIENTE A PLENA CARGA.



CROQUIS DE LOCALIZACION

OBSERVACIONES:

REVISIONES:

Nº. FECHA OBSERVACIONES:

Relación de Planos de Instalación Eléctrica

E-A0-01	ALUMBRADO NORMAL
E-A0-02	ALUMBRADO EMERGENCIA
E-AC-03	ANTENA, VIDEO, COMUNICACION, SONIDO Y ALARMA
E-CO-04	CONTACTOS
E-AA-05	AIRE ACONDICIONADO Y ALIMENTADORES GENERALES
E-EAT-06	ALAMB. ESTACIONAMIENTO Y ACOMETIDA TELEFONICA
E-DU-07	DIAGRAMA UNIFILAR
E-SUB-08	SUBESTACION CON TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL

ESPACIO PARA SELLOS DE APROBACION

PROYECTO

TESIS PROFESIONAL

PROPIETARIO

DIRECCION

SISTEMA

Nº. DE PLANO

REALIZACION/REVISOR/DISEÑADOR

ESCALA:

IMPRESION/COPIA/REPRODUCCION

FECHA:

ANEXOS.

A continuación se transcribirán las tablas requeridas en este proyecto:

Tabla 4.5.1. THREE-PHASE MOTOR SkVA, SPF, EFF AND RPF.

HP	NEMA MOTOR CODE LETTERS												MOTOR FACTORS		
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	SPF	EFF	RPF
¼	0.5	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.9	0.82	62.8	0.55
½	1.0	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	3.0	3.3	3.8	4.2	4.7	5.9	0.82	62.8	0.55
1/3	1.5	2.5	2.8	3.2	3.6	4.0	4.5	5.0	5.7	6.4	7.1	8.9	0.78	69.3	0.64
1	2	3	4	4	5	5	6	7	8	8	9	12	0.76	73.0	0.70
i-1/2	3	5	6	6	7	8	9	10	11	13	14	18	0.72	76.9	0.76
2	4	7	8	8	9	11	12	13	15	17	19	24	0.70	79.1	0.79
3	6	10	11	13	14	16	18	20	23	25	28	35	0.66	82.5	0.82
5	10	15	19	21	24	26	30	33	38	42	47	59	0.61	83.8	0.85
7-1/2	15	25	28	32	36	40	45	50	57	64	71	89	0.56	85.1	0.87
10	20	33	38	42	47	53	59	67	75	85	95	118	0.53	85.9	0.87
15	30	50	57	64	71	79	89	100	113	127	142	177	0.49	86.9	0.88
20	40	67	75	85	95	106	119	134	151	170	190	236	0.46	87.6	0.89
25	50	84	94	106	119	132	149	167	189	212	237	295	0.44	88.0	0.89
30	60	100	113	127	142	159	178	201	226	255	285	354	0.42	88.4	0.89
40	80	134	151	170	190	212	238	268	302	340	380	475	0.39	88.9	0.90
50	100	167	189	212	237	265	297	335	377	425	475	590	0.36	89.6	0.90
60	120	201	226	255	285	318	357	402	453	510	570	708	0.36	89.6	0.90
75	150	251	283	318	356	397	446	502	566	637	712	885	0.34	90.0	0.90
100	200	335	377	425	475	530	595	670	755	849	949	1180	0.31	90.5	0.91
125	250	418	471	531	593	662	743	837	943	1062	1187	1475	0.29	90.9	0.91
150	300	502	566	637	712	794	892	1004	1132	1274	1424	1770	0.28	91.2	0.91
200	400	669	754	849	949	1059	1189	1339	1509	1699	1899	2360	0.25	91.7	0.91
250	500	836	943	1061	1186	1324	1486	1674	1886	2124	2374	2950	0.24	92.0	0.91
300	600	1004	1131	1274	1424	1589	1784	2009	2264	2549	2849	3540	0.22	92.3	0.92
350	700	1171	1320	1486	1661	1853	2081	2343	2641	2973	3323	4130	0.19	93.1	0.92
400	800	1338	1508	1698	1898	2118	2378	2678	3018	3398	3798	4720	0.19	93.1	0.92
500	1000	1673	1885	2123	2373	2648	2973	3348	3773	4248	4748	5900	0.17	93.8	0.92

EFF = RUNING EFICIENT.

RPF = RUNING POWER FACTOS.

Tabla 1.3. Número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit.

Tipo de conductor	Calibre de conductor AWG MCM	Diámetro nominal de tubo (mm)									
		13mm (1/2")	19mm (3/4")	25mm (1")	32mm (1-1/4")	38mm (1-1/2")	51mm (2")	63mm (2-1/2")	76mm (3")	89mm (3-1/2")	102mm (4")
T, TW y THW	14*	9	16	25	45	61	---	---	---	---	---
	14	8	14	22	39	54	---	---	---	---	---
	12*	6	12	20	35	48	78	---	---	---	---
	12	6	11	17	30	41	68	---	---	---	---
	10*	5	10	15	27	37	61	---	---	---	---
	10	4	8	13	23	32	52	---	---	---	---
	8	2	4	7	13	17	28	40	---	---	---
RHW y RHH (sin cubierta exterior)	14*	6	10	16	29	40	65	---	---	---	---
	14	5	9	15	26	36	59	---	---	---	---
	12*	4	8	13	24	33	54	---	---	---	---
	12	4	7	12	21	29	47	---	---	---	---
	10*	4	7	11	19	26	43	61	---	---	---
	10	3	6	9	17	23	38	53	---	---	---
	8	1	3	5	10	13	22	32	49	---	---
RHW y RHH (sin cubierta exterior). T, TW y THW.	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	---
	4	1	1	3	5	7	12	16	27	36	47
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34
	1/0	---	1	1	2	3	5	8	12	16	21
	2/0	---	1	1	1	3	5	7	10	14	18
	3/0	---	1	1	1	2	4	6	9	12	15
	4/0	---	---	1	1	1	3	5	7	10	13
	250	---	---	1	1	1	2	4	6	8	10
	300	---	---	---	1	1	2	3	5	7	9
	350	---	---	---	1	1	1	3	4	6	8
	400	---	---	---	1	1	1	2	4	5	7
	500	---	---	---	1	1	1	1	3	4	6
	14*	3	6	10	18	25	41	58	---	---	---
	14	3	6	9	17	23	38	53	---	---	---
12*	3	5	9	16	21	35	50	---	---	---	
12	3	5	8	14	19	32	45	---	---	---	
10*	2	4	7	13	18	29	41	---	---	---	
10	2	4	6	12	16	26	37	---	---	---	
RHW y RHH (con cubierta exterior)	8	1	2	4	7	9	16	22	35	47	---
	6	1	1	2	5	7	11	15	24	32	41
	4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
	2	---	1	1	3	4	7	9	14	19	24
	1/0	---	1	1	1	2	4	6	9	12	16
	2/0	---	1	1	1	2	4	6	9	12	16
	3/0	---	---	1	1	1	3	4	7	9	12
	4/0	---	---	1	1	1	2	4	6	8	10
	250	---	---	---	1	1	1	3	5	6	8
	300	---	---	---	1	1	1	3	4	5	7
	350	---	---	---	1	1	1	2	4	5	6
	400	---	---	---	1	1	1	1	3	4	6
	500	---	---	---	---	1	1	1	3	4	5

*Alambres.

⁷ Gilberto Enriquez Harper. El ABC del Alumbrado y las Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión, 2ª Edición. Editorial LIMUSA (Noriega Editores) 2001, Página 32.

Tabla 1.9. Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de PVC.

CALIBRE AWG Ó KCM	VINANEL NYLON 'RH'RUH						VINANEL 900 TW'T'TWH					
	1/2" 13mm	3/4" 19mm	1" 25mm	1-1/4" 32mm	1-1/2" 38mm	2" 52mm	1/2" 13mm	3/4" 19mm	1" 25mm	1-1/4" 32mm	1-1/2" 38mm	2" 52mm
14	13	24	39				9	17	27			
12	10	18	29	49			7	13	21	36		
10	6	11	18	31	43		5	10	16	27	38	
8	3	6	10	18	25	41	2	5	8	14	19	32
6	1	4	6	11	15	25	1	2	4	7	10	17
4		1	4	7	9	15		1	3	5	8	13
2		1	2	5	6	11		1	1	4	5	9
1/0			1	3	4	7			1	2	3	6
2/0				1	3	5				1	3	5
3/0				1	3	4				1	1	4
4/0				1	1	4				1	1	3
250					1	3					1	2
300					1	2					1	1
400						1						1
500						1						1

Nota: Del calibre 6 en adelante se trata de cable.²¹

²¹ Gilberto Enriquez Harper. Guía Práctica para el Cálculo de Instalaciones Eléctricas. Editorial Limusa S.A. de C.V. Primera edición 1994. Página 81.

Tabla 5.1. Fórmulas Eléctricas Usuales⁷

	Corriente Continua			Corriente Alterna	
	Una Fase	Dos Fases	Tres Fases		
Amperes Conociendo H.P.	$I = \frac{H.P. \times 746}{E \times N}$	$I = \frac{H.P. \times 746}{2 \times E \times N \times f.p.}$	$I = \frac{H.P. \times 746}{1.732 \times E \times N \times f.p.}$		
Amperes Conociendo K.W.	$I = \frac{K.W. \times 1000}{E}$	$I = \frac{K.W. \times 1000}{2 \times E \times f.p.}$	$I = \frac{K.W. \times 1000}{1.732 \times E \times f.p.}$		
Amperes Conociendo K.V.A	$I = \frac{K.V.A. \times 1000}{E}$	$I = \frac{K.V.A. \times 1000}{2 \times E}$	$I = \frac{K.V.A. \times 1000}{1.732 \times E}$		
K.W.	$K.W. = \frac{I \times E}{1000}$	$K.W. = \frac{I \times E \times f.p.}{1000}$	$K.W. = \frac{I \times E \times f.p. \times 1.732}{1000}$		
K.V.A.	$K.V.A. = \frac{I \times E}{1000}$	$K.V.A. = \frac{I \times E \times 2}{1000}$	$K.V.A. = \frac{I \times E \times 1.732}{1000}$		
Potencia en la flecha H.P.	$H.P. = \frac{I \times E \times N}{746}$	$H.P. = \frac{I \times E \times 2 \times N \times f.p.}{746}$	$H.P. = \frac{I \times E \times 1.732 \times N \times f.p.}{746}$		
Factor de Potencia	Unitario	$f.p. = \frac{W}{W \times 1}$	$f.p. = \frac{W}{2 \times E \times 1}$		$f.p. = \frac{W}{1.732 \times E \times 1}$

I = Corriente en amperes.

W = Potencia watts.

f.p. = Factor de potencia.

N = Eficiencia expresada en decimales (porcentaje).

f. = Frecuencia.

p. = Número de polos.

H.P. = Potencia en caballos (Horse Power).

E = Tensión entre fases en volts.

R.P.M. = Revoluciones por minuto.

K.W. = Potencia en Kilowatts.

K.V.A = Potencia aparente en Kilovolt amperes.

$$R.P.M. = \frac{1 \times 120}{P}$$

⁷ Gilberto Enríquez Harper. El ABC del Alumbrado y las Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión, 2ª Edición. Editorial LIMUSA (Noriega Editores) 2001, Página 291.

A continuación se transcriben algunos artículos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 "Instalaciones eléctricas (utilización)". Que se tomaron en cuenta para el desarrollo de este proyecto.

110-2. Aprobación. En las instalaciones eléctricas a que se refiere la presente NOM se aceptará la utilización de materiales y equipos que cumplan con las normas oficiales mexicanas, normas mexicanas o con las normas internacionales. A falta de éstas con las especificaciones del fabricante.

Los materiales y equipos de las instalaciones eléctricas sujetos al cumplimiento de normas oficiales mexicanas, normas mexicanas o normas internacionales, deben contar con un certificado expedido por un organismo de certificación de productos acreditado y aprobado.

En caso de no existir norma oficial mexicana o norma mexicana aplicable al producto de que se trate, se podrá requerir el dictamen de un laboratorio de pruebas que haya determinado el grado de cumplimiento con las especificaciones técnicas internacionales con que cumplen, las del país de origen o a falta de éstas, las del fabricante.

Los materiales y equipos que cumplan con las disposiciones establecidas en los párrafos anteriores se consideraran aprobados para los efectos de esta NOM.

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. La conexión de los conductores a las terminales debe proporcionar una conexión segura, sin deterioro de los conductores y debe realizarse por medio de conectadores de presión (incluyendo tornillos de fijación), conectadores soldables o empalmes terminales flexibles. (Véase 311-3)

Excepción: Se permite la conexión por medio de tornillos o pernos y tuercas de sujeción de cables y tuercas para conductores de tamaño nominal de 5,26 mm² (10 AWG) o menores.

Las terminales para más de un conductor y las terminales utilizadas para conectar aluminio, deben estar así identificadas (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 al arco 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. 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 que tenga la menor temperatura de operación, como conectadores, otros conductores o dispositivos. Se permitirá 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.

1) Las terminales de equipos para circuitos de 100 A nominales o menos, o identificadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2) para conductores de tamaño nominal

2,082 a 42,41 mm² (14 a 1 AWG), deben utilizarse para conductores con temperatura de operación del aislamiento máxima de 60 °C.

Excepción 1: Se permite utilizar conductores de mayor temperatura nominal, siempre que la capacidad de conducción de corriente de los conductores se determine basándose en su capacidad a 60 °C según el tamaño nominal de los conductores usados.

Excepción 2: Se permite el uso de equipos con conductores en sus terminales de la mayor temperatura de operación a la capacidad de conducción de corriente superior, siempre que el equipo esté listado e identificado (aprobado conforme con lo establecido en 110-2) para usarse a la capacidad de estos conductores.

2) Las terminales de equipo para circuitos de más 100 A nominales, o identificadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2) para conductores mayores de 42,41 mm² (1 AWG), deben utilizarse solamente para conductores con temperatura nominal de operación del aislamiento máxima de 75 °C.

Excepción 1: Se permite utilizar conductores de mayor temperatura nominal, siempre que la capacidad de conducción de corriente de los conductores se determine basándose en su capacidad a 75 °C, según el tamaño nominal de los conductores empleados.

Excepción 2: Se permite el uso de equipos con conductores, en sus terminales, de mayor temperatura de operación a la capacidad de conducción de corriente superior, siempre que el equipo esté listado e identificado (aprobado conforme con lo establecido en 110-2) para usarse a la capacidad de estos conductores.

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 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 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 la toma de corriente eléctrica más lejana 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 eléctricos de cocina domésticos. Los conductores de los circuitos derivados de estufas domésticas, hornos montados en la pared, y otros aparatos eléctricos de cocina domésticos, 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 cocinas eléctricas, 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 cocina eléctrica doméstica 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 eléctricos de cocina, 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 2,082 mm² (14 AWG).

Excepción 1: Los conductores derivados para esas cargas deben tener una capacidad de conducción de corriente no-menor a 15 A en los circuitos de capacidad nominal menor de 40 A, y no-menor a 20 A en los circuitos de capacidad nominal de 40 o 50 A, y sólo cuando esos conductores sirvan a cualquiera de las siguientes cargas:

a. Portalámparas individuales o dispositivos individuales cuyas tomas de corriente eléctrica no sobresalgan más de 457 mm de cualquier parte del casquillo o portalámparas.

b. Aparatos eléctricos 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. Aparatos 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 de aparatos, como están permitidos en 240-4.

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, se debe aplicar el Artículo 430. Cuando un circuito suministre energía sólo a equipo de aire acondicionado, de refrigeración o ambos, se debe aplicar el Artículo 440. En circuitos que suministren energía a cargas consistentes en equipo de utilización fijo con motores de más de 93,25 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 se debe basar 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, sin aplicación de ningún factor de ajuste, deberá 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 y listados 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.

215-2. Capacidad nominal y tamaño nominal mínimos del conductor. Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de conducción de corriente no-inferior a 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 apartados (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 permitirá utilizar lo indicado en el Artículo 310, Nota 3, y en las Notas a la capacidad de conducción de corriente de las Tablas de 0 a 2000 V para calcular el tamaño nominal de los conductores.

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 (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 deberá 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 intensidad máxima 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 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).

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, podrán tener la carga del neutro determinada como se indica en 220-22.

Tabla 220-36. Método opcional para el cálculo de los factores de demanda de los conductores del alimentador y entrada de acometida de restaurantes nuevos

Carga total conectada (kVA)	Factor de demanda para todo eléctrico (por ciento)	Factor de demanda para no todo eléctrico (por ciento)
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.

240-3. Protección de los conductores. Los conductores que no sean cordones flexibles y cables de aparatos eléctricos, se deben proteger contra sobrecorriente según su capacidad de conducción de corriente, tal como se especifica en 310-15, excepto los casos permitidos o exigidos por los siguientes apartados:

a) Riesgo de pérdida de energía. No será 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.

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 con varias salidas 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.

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 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).

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 deberán ajustar proporcionalmente según el área en mm^2 de su sección transversal.

Cuando solo 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 sobrecorriente, pero no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

Excepción 1: Un conductor de puesta a tierra de equipo no inferior a $0,8235 \text{ mm}^2$ (18 AWG) de cobre y no menor al 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 tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc (A)	Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,082 (14)	---
20	3,307 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15 (4)
300	21,15 (4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	42,41 (1)	67,43 (2/0)
800	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
1000	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
1200	85,01 (3/0)	126,7 (250)
1600	107,2 (4/0)	177,3 (350)
2000	126,7 (250)	202,7 (400)
2500	177,3 (350)	304 (600)
3000	202,7 (400)	304 (600)
4000	253,4 (500)	405,37 (800)
5000	354,7 (700)	608 (1200)
6000	405,37 (800)	608 (1200)

Véase limitaciones a la instalación en 250-92(a). Nota: Para cumplir lo establecido en 250-51, los conductores de tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en este Tabla.

310-4. Conductores en paralelo. Los conductores cobre o de aluminio de tamaño nominal 53,48 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 a 53,48 mm² (1/0 AWG) para alimentar instrumentos de medición, contactores, relés, 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 a 53,48 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 33,62 mm² (2 AWG) y mayores, en las instalaciones ya existentes.

NOTA: Lo indicado en la Excepción 4 se puede aprovechar para disminuir el calentamiento de los conductores con corrientes eléctricas con un alto contenido de armónicos de tercer orden neutros 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 nominal.
- 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 están formados con conductores en paralelo, deben cumplir los requisitos de esta Sección, excepto que deberán tener el tamaño nominal que se indica en 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 el Artículo 310, Nota 8(a), Notas a las Tablas de la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V.

310-15. Capacidad de conducción de corriente. Se permite calcular la capacidad de conducción de corriente de los conductores mediante los siguientes apartados (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

a). Disposiciones generales. Para la selección del tamaño nominal de los conductores, la alimentación, véase la Nota 2 de 215-2(b). capacidad de conducción de corriente de los conductores de 0 a 2000 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 sus observaciones correspondientes. La capacidad permisible de conducción de corriente de los conductores con aislamiento dieléctrico sólido, de 2001 a 35000 V, es la especificada en las Tablas 310-67 a 310-86 con sus Notas correspondientes.

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(b).
4. El cumplimiento de las normas de seguridad establecidas por las prácticas industriales y procedimientos normalizados.

Tabla 310-16. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)						Tamaño nominal AWG kcmil
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	TW* TWD* CCE TWD-UV	RHW*, THHW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT	RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2,	UF*	RHW*, XHHW*, BM-AL	RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	
	Cobre			Aluminio			
0,8235	---	---	14	---	---	---	18
1,307	---	---	18	---	---	---	16
2,082	20*	20*	25*	---	---	---	14
3,307	25*	25*	30*	---	---	---	12
5,26	30	35*	40*	---	---	---	10
8,367	40	50	55	---	---	---	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,03	400	475	535	320	385	435	750
405,37	410	490	555	330	395	450	800
456,04	435	520	585	355	425	480	900
506,71	455	545	615	375	445	500	1000
633,39	495	590	665	405	485	545	1250
760,07	520	625	705	435	520	585	1500
886,74	545	650	735	455	545	615	1750
1013,42	560	665	750	470	560	630	2000
FACTORES DE CORRECCION							
Temp. 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						Temp. ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	****	0,58	0,71	****	0,58	0,71	56-60
61-70	****	0,33	0,58	****	0,33	0,58	61-70
71-80	****	****	0,41	****	****	0,41	71-80

* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta NOM, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar 15 A para 2,082 mm² (14 AWG); 20 A para 3,307 mm² (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm² (10 AWG), todos de cobre.

8. Factores de ajuste.

a) **Más de tres conductores activos en un cable o canalización.** Cuando el número de conductores activos en un cable o canalización, sea mayor a tres, la capacidad de conducción de corriente se debe reducir como se indica en la siguiente Tabla.

Número de conductores activos	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 a 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(b).

NOTA: Para los factores de ajuste de más de tres conductores activos en una canalización o cable con diversas cargas, véase el Apéndice A, Tabla A-310-11.

b) Más de un ducto o canalización. Se debe conservar la separación entre ductos o canalizaciones.

9. Protección sobrecorriente. Cuando las capacidades nominales o el ajuste de los dispositivos de protección contra sobrecorriente no correspondan con las capacidades nominales y de valores de ajuste permitidos para esos conductores, se permite tomar los valores inmediatamente superiores.

10. Conductor neutro.

a) Un conductor neutro que transporte sólo la corriente desbalanceada de otros conductores del mismo circuito, no se considera para lo establecido en la Nota 8.

b) En un circuito de tres hilos consistente en dos fases y el neutro o un sistema de cuatro hilos, tres fases en estrella, un 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 la Nota 8.

c) En un circuito de cuatro hilos tres fases en estrella cuyas principales cargas sean no-lineales, por el conductor neutro pasarán armónicas de la corriente por lo que se le debe considerar como conductor activo.

11. Conductor de puesta a tierra o de empalme. Al aplicar lo establecido en la Nota 8, no se debe tener en cuenta el conductor de puesta o el empalmado a ésta.

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, 20 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 de 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, relé 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.

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 a 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: 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 a la indicada en la Tabla 430-22 (a), a menos que sea autorizado el utilizar un conductor de tamaño nominal menor.

Excepción 2: Para motores de c.a. 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 3: 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 a 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.

Tabla Excepción de 430 – 22(a). Por ciento para determinar el tamaño nominal de los alimentadores a motores de acuerdo con el régimen de trabajo

Clasificación del servicio	Por ciento de la corriente eléctrica nominal indicada en la placa			
	Régimen de trabajo del motor			
	5 minutos	15 minutos	30 y 60 minutos	Servicio continuo
De corto tiempo Accionamiento de válvulas, ascenso y descenso de rodillos	110	120	150	---
Servicio intermitente Ascensores 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.	85 110	90 120	95 150	140 200
<i>Cualquier motor debe considerarse en trabajo continuo, a menos que la naturaleza del aparato eléctrico que accione, no trabaje continuamente con carga, bajo ninguna condición durante su operación.</i>				

b) Envolventes de terminales separadas. Los conductores entre un motor estacionario de potencia nominal de 746 W (1 CP) o menor y con envoltorio de terminales separada, como se permite en 430-145 (b), pueden ser menores al tamaño nominal de 2,082 mm² (14 AWG), pero nunca menor a 0,823 mm² (18 AWG), siempre y cuando el conductor seleccionado tenga la capacidad de conducción de corriente especificada en el inciso a), arriba indicado.

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 a 1,15 125%
- Motores con indicación de elevación de temperatura no-mayor a 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 y 20 A 156%
- Motor a carga plena con corriente eléctrica de operación mayor a 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 1119 kW (1500 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 a 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 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 a 1,15. . . 125%
- Motores con indicación de elevación de temperatura no-mayor a 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 37,3 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.

430-110. 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 a 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 a 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 a la carga combinada del (los) motor(es), si la capacidad en amperes del desconectador no es menor a 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 a seis veces la corriente eléctrica de plena carga.

Tabla 430 – 148. Corriente eléctrica a plena carga (A) de motores monofásicos de 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 hasta 240 V.

kW	CP	115 V	127 V	208 V	230 V
0,124	1/6	4,4	4,0	2,4	2,2
0,186	1/4	5,8	5,3	3,2	2,9
0,248	1/3	7,2	6,5	4	3,6
0,373	1/2	9,8	8,9	5,4	4,9
0,559	3/4	13,8	11,5	7,6	6,9
0,746	1	16	14,0	8,8	8
1,119	1-½	20	18,0	11	10
1,49	2	24	22,0	13,2	12
2,23	3	34	31,0	18,7	17
3,73	5	56	51,0	30,8	28
5,60	7-½	80	72,0	44	40
7,46	10	100	91,0	55	50

Tabla 430 – 149. Corriente a plena carga (A), de motores a dos fases de 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 - 120 V, 220 - 240 V, 440 - 480 V y 550 - 600 V y 2200V – 2 400V.

KW	CP	MOTORES DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO				
		115 V	230 V	440 V	575 V	2 300 V
0,373	½	4	2	1	0,8	
1,119	1 ½	9	4,5	2,3	1,8	
3,73	5		13,2	6,6	5,3	
11,19	15		36	18	14	
22,38	30		69	35	28	
44,76	60		133	67	53	14
93,25	125		270	135	108	28

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 (A)						Motor síncrono, con factor de potencia unitario (A)				
		V										
		115	200	208	230	460	575	2300	230	460	575	2300
0,373	½	4,4	2,5	2,4	2,2	1,1	0,9					
0,560	3/4	6,4	3,7	3,5	3,2	1,6	1,3					
0,746	1	8,4	4,8	4,6	4,2	2,1	1,7					
1,119	1-½	12,0	6,9	6,6	6,0	3,0	2,4					
1,49	2	13,6	7,8	7,5	6,8	3,4	2,7					
2,23	3		11,0	10,6	9,6	4,8	3,9					
3,73	5		17,5	16,7	15,2	7,6	6,1					
5,6	7-½		25,3	24,2	22	11	9					
6,46	10		32,2	30,8	28	14	11					
11,19	15		48,3	46,2	42	21	17					
14,92	20		62,1	59,4	54	27	22					
18,65	25		78,2	74,8	68	34	27		53	26	21	
22,38	30		92	88	80	40	32		63	32	26	
29,84	40		120	114	104	52	41		83	41	33	
37,3	50		150	143	130	65	52		104	52	42	
44,76	60		177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
55,95	75		221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
74,60	100		285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
93,25	125		359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
119,9	150		414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
149,2	200		552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
186,5	250					302	242	60				
223,8	300					361	289	72				
261,1	350					414	336	83				
298,4	400					477	382	95				
335,7	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.

440-32. Una sola unidad sellada. Los conductores de un circuito derivado que alimenten un solo motor de compresor refrigerante hermético deben tener una capacidad de conducción de corriente no-menor a 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.

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%

CAPÍTULO 10 (4.10) TABLAS

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 envoltentes 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 Nota 8(a) a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 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 10-5A 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 NOM 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)

Tamaño nominal mm	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*) 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 C1 Número máximo de conductores y cables de aparatos en tubo (conduit) metálico tipo ligero (según la Tabla 1 del Capítulo 10) (continuación 1)

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable:		Diámetro nominal en mm									
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
TW	2,082	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
THW	3,307	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	8,367	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
RHH*	2,082	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
RHW*												
RHW-2*												
RHH*	3,307	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
RHW*												
RHW-2*												
TW	8,367	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	21,15	4	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
THW-2	26,67	3	1	1	3	5	7	12	20	31	40	52
	33,62	2	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	42,41	1	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31
	53,48	1/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	67,43	2/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	85,01	3/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	107,2	4/0	0	0	1	1	1	3	6	9	12	16
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	152,01	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	11
	177,34	350	0	0	0	1	1	1	4	6	7	10
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	304,02	600	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	380,03	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	405,37	800	0	0	0	0	1	1	1	3	3	5
	456,04	900	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	506,71	1000	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	633,39	1250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	760,07	1500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	886,74	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	1013,4	2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

*Los cables RHH, RHW y RHW-2, sin recubrimiento externo.

A continuación se transcriben algunos Catálogos de Lámparas.

Lámparas halógenas Iluminación.

SKU GRAINGER:

Energía Utilizada (Watts): Consumo nominal de energía en watts a su voltaje nominal

Bulbo: Forma del bulbo seguida por su diámetro máximo expresado en octavos de pulgada.

Base: Tipo de Base.

Código USA: Código utilizado en USA (5 dígitos).

Código México: Código utilizado en México (6 dígitos).

E: Significa que cumple con los estándares mínimos de eficiencia de USA.

Descripción: Identificación de la lámpara.

Volts: Voltaje nominal de operación.

Pza/Caja: Piezas por caja.

Información Adicional: Información importante de la lámpara.

Lúmenes: Lúmenes iniciales promedio después de las primeras 2 horas de operación.

Vida Media (horas): La vida nominal promedio en horas.

Haz de Luz Aprox:

Es el ángulo total del haz de luz, en el cual la intensidad de luz baja al 50% de su valor máximo. (sólo para reflectores).

CBCP:

Intensidad de luz (candelas) en el centro del haz o en su intensidad máxima. (sólo para reflectores).

Temperatura de Color (K):

Temperatura de color en grados Kelvin. Entre más baja más cálida es la luz y entre más alta más fría es su apariencia.

LCL (mm):

Distancia entre el el centro del filamento y el plano de referencia para el centro de luz (usualmente la base).

MOL (mm):

Dimensión máxima de longitud.

Filamento:

Diseño del filamento, donde una C = Filamento de bobina, CC = Filamento doble bobina, SR = Filamento recto. El número representa el arreglo de los soportes.

Energía Utilizada Watts	Bulbo	Base	Código USA	Código México	E	Descripción	Volts	Pza/Caja	Información Adicional	Lúmenes	Vida Media horas	Filamento	MOL mm	LCL mm	Temp de color °K	CBCP	Haz de Luz prox	SKU GRAINGER
PARES ALOJEN-IR																		
50	PAR30	Med	69473	31534		50PAR30/ HIR/NSP8	130	15	Concentrado Angosto (15, 55, 56, 80, 88)	770	3000	CC-8	92.1	—	2810	7000	8°	/A2xxxxx

50 — Potencia en Watts.

PAR — Forma del bulbo.

30/ — Diámetro máximo del bulbo en octavos de pulgada.

HIR/ — Tipo de lámpara H = Halógena; HIR = Halógena infrarroja.

NSP — Tipo de Haz FL = Difuso; SP = Concentrado; NFL = Difuso angosto; NSP = Concentrado angosto, etc.

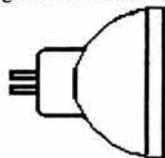
8° — Angulo de Haz.

(/) Indica que es una lámpara que consume menos energía que la lámpara que normalmente se utiliza. Revisar los watts, lúmenes y la vida para determinar cual lámpara cumple mejor con sus necesidades.

Lámparas halógenas Iluminación.



MR-11 GZ4

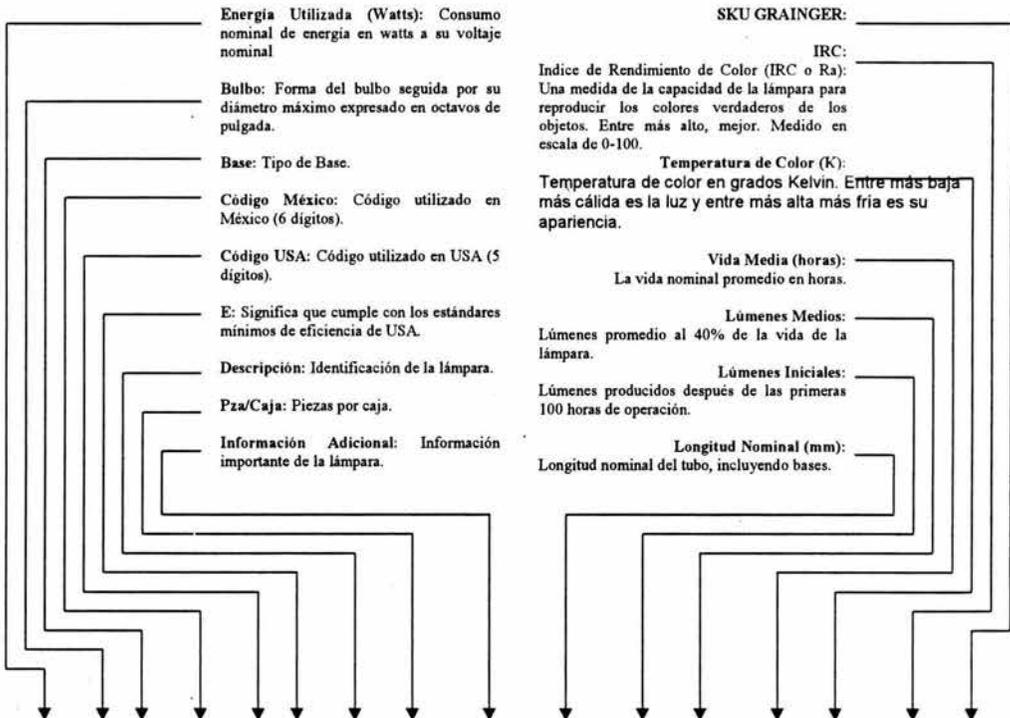


MR-16 GX5.3

Energía utilizada Watts	Bulbo	Base	Código México	Código USA	E	Descripción	Volt	z/ Cajas	Información Adicional	Um - enes	Vida Media horas	Filamento	MO L mm	LC L mm	Temp. de color °K	CBC P	Haz de Luz Aprox.	SKU RAINGE R
MR16 PRECISE																		
20	MR16	GX5.3	630013	25607		Q20MR16/BAB	12	10	Difuso, ANSIBAB (123)	---	2500	---	45.5	---	2925	460	36	A21KR35
50	MR16	GX5.3	630023	25579		Q50MR16/FL/EXN	12	10	Difuso, ANSLEXN (123)	---	2500	---	45.5	---	3050	1500	38	A21KX34
50	MR16	GX5.3	630073	25608		Q50MR16/NSP/EXT	12	10	Concentrado Angosto, ANSLEXT (123)	---	2500	---	45.5	---	3050	9150	13	A21KR36
50	MR16	GX5.3	630083	25609		Q50MR16/NFL/EXZ	12	10	Difuso Angosto, ANSLEXZ (123)	---	2500	---	45.5	---	3050	3000	24	A21KR37
MR11 PRECISE																		
20	MR11	GZ4	621203	30773		Q20MR11/FL/FTD	12	10	Difuso ANSIFTD (123)	---	2500	---	35.0	---	2925	600	29	A21KR33
35	MR11	GZ4	621653	25970		Q35MR11/FL/FTH	12	10	Difuso ANSIFTH (123)	---	2500	---	35.0	---	2925	1300	30	A21KR34
MR16 PRECISE COLOR CONSTANTE LARGA VIDA																		
50	MR16	GX5.3	691183	20839		Q50MR16/C/NSP15/EXT	12	20	Concentrado Angosto ANSLEXT (123)	---	5000	C-6	47.6	---	3050	10200	14	A21HC17
50	MR16	GX5.3	691173	20833		Q50MR16/C/CG/FL40/EXN	12	20	Difuso ANSLEXN (123)	---	5000	C-6	47.6	---	3050	1850	40	A21HC16
MR16 PRECISE COLOR CONSTANTE CON CUBIERTA LARGA VIDA																		
50	MR16	GX5.3	692143	20867		Q50MR16/C/CG/FL40-EX	12	20	Difuso ANSLEXN (123)	---	5000	C-6	47.6	---	3050	1720	40	A21ZP61
OTROS PRODUCTOS PARA MR'S																		
50	N.A.	500451	20398	20867		RANSFORMADOR	2	24	Transformador Magnético para MR-16 y MR-11	---	---	---	---	---	---	---	---	A21KR04
COLOR CONSTANTE LAMPARAS MR16																		
20	MR16	2-Pin	630063	20815		Q20MR16/C/NSP15°-ESX 10PK	12	20	Spot Angosto, ANSLESX	---	5000	C-6	47.6	---	2900	3600	13	A21GD76
50	MR16	2-Pin	691193	20835		Q50MR16/C/NNFL25°-ESX 10PK	12	20	Terminado Angosto, ANSLEXZ	---	5000	C-6	47.6	---	3050	3400	27	A21HC18

Notas:(123) Para usarse únicamente con equipo diseñado para los Watts y tipo de lámpara, con una ventilación adecuada para mantener la temperatura de la base y el bulbo dentro de los límites de seguridad. Para ahorrar en costos de energía, busque la lámpara con la luz que necesita y seleccione la de menor potencia (watts).

Lámparas Fluorescentes Iluminación.

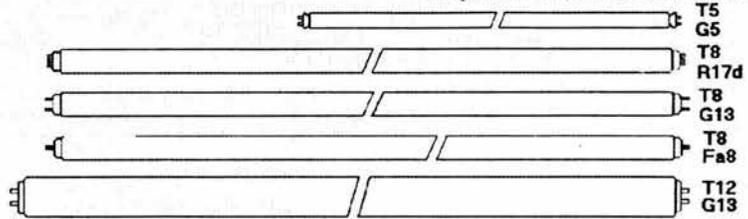


Energía Utilizada Watts	Bulbo	Base	Código México	Código USA	E	Descripción	Pza/Caja	Información Adicional	Longitud Nominal mm.	Lúmenes Iniciales	Lúmenes Medios	Vida Media horas	Temperatura de color °K	IRC	SKU GRAINGER
ARRANQUE PRECALENTADO															
14	T12	G-13	313013	19791	E	F14T12/D	30	Luz de Día	381	555	470	7500	6250	75	

- F — Lámpara fluorescente.
 14 — En Slimline = Largo del tubo en pulgadas. Arranque Rápido y precalentado = Watts nominales.
 T — Forma del bulbo T = Tubular.
 12/ — Diámetro del bulbo en octavos de pulgada.
 12 = 12/8" = 1 1/2"
 8 = 8/8" = 1
 5 = 5/8"
 D — Acabado: CW = Blanco frío; D = Luz de día; WW = Blanco cálido; LW = Blanco ligero; GO = Amarillo repelente; SP, SPX, etc...

(/) Indica que es una lámpara que consume menos energía que la lámpara que normalmente se utiliza. Revisar los watts, lúmenes y la vida para determinar cual lámpara cumple mejor con sus necesidades.

Lámparas Fluorescentes Iluminación.



Energía utilizada Watts	Albó	Base	Código éxico	Código USA	E	Descripción	Pza/ aja	Información Adicional	ongitud Nominal mm.	úmenes Iniciales	úmenes Medios	Vida Media horas	temperatura de color °K	IRC	SKU GRAINGER
TRIMLINE T8															
17	T8	G13	93173	17033	E	F17T8/SP30	24	Tri-Fósforo RE 730	610	1375	1190	20000	3000	75	/A21HC67
17	T8	G13	94243	17035	E	F17T8/SP35	24	Tri-Fósforo RE 735	610	1375	1190	20000	3500	75	/A21HC77
17	T8	G13	91793	17036	E	F17T8/SP41	24	Tri-Fósforo RE 741	610	1375	1190	20000	4100	75	/A21HC55
17	T8	G13	93343	22642	E	F17T8/SPX30	24	Tri-Fósforo RE 830	610	1375	1230	20000	3000	84	/A21HC71
17	T8	G13	94253	22646	E	F17T8/SPX35	24	Tri-Fósforo RE 835	610	1375	1230	20000	3500	84	/A21HC78
17	T8	G13	93353	22647	E	F17T8/SPX41	24	Tri-Fósforo RE 841	610	1375	1230	20000	4100	80	/A21HC72
32	T8	G13	44573	15946	E	F32T8/SP30	36	Tri-Fósforo RE 730, Starcoat	1220	2850	2710	20000	3000	78	/A21GD85
32	T8	G13	93083	15947	E	F32T8/SP35	36	Tri-Fósforo RE 735, Starcoat	1220	2850	2710	20000	3500	78	/A21HC63
32	T8	G13	91823	15949	E	F32T8/SP41	36	Tri-Fósforo RE 741, Starcoat	1220	2850	2710	20000	4100	78	/A21HC56
32	T8	G13	93233	22655	E	F32T8/SPX30	36	Tri-Fósforo RE 830, Starcoat	1220	2950	2800	20000	3000	86	/A21HC70
32	T8	G13	91853	22656	E	F32T8/SPX35	36	Tri-Fósforo RE 835, Starcoat	1220	2950	2800	20000	3500	86	/A21HC57
32	T8	G13	91833	22657	E	F32T8/SPX41	36	Tri-Fósforo RE 841, Starcoat	1220	2950	2800	20000	4100	86	/A21KR70
32	T8	G13	94273	23460	E	F32T8/SPX50	36	Tri-Fósforo RE 850, Starcoat	1220	2800	2660	20000	5000	86	/A21KR82
59	T8	Fa8	93583	23407	E	F96T8/SP30	24	Tri-Fósforo RE 730	2440	5800	5310	15000	3000	75	/A21HC76
59	T8	Fa8	94293	23411	E	F96T8/SP35	24	Tri-Fósforo RE 735	2440	5800	5310	15000	3500	75	/A21HC79
59	T8	Fa8	93383	23412	E	F96T8/SP41	24	Tri-Fósforo RE 741	2440	5800	5310	15000	4100	75	/A21HC75
59	T8	Fa8	93363	23414	E	F96T8/SPX30	24	Tri-Fósforo RE 830	2440	5950	5440	15000	3000	84	/A21HC73
59	T8	Fa8	93163	23514	E	F96T8/SPX35	24	Tri-Fósforo RE 835	2440	5950	5440	15000	3500	84	/A21HC66
59	T8	Fa8	92623	23416	E	F96T8/SPX41	24	Tri-Fósforo RE 841	2440	5950	5440	15000	4100	80	/A21HC62
59	T8	Fa8	94303	23575	E	F96T8/SPX50	24	Tri-Fósforo RE 850	2440	5650	5100	15000	5000	80	/A21KX36
TRIMLINE T8 HO															
86	T8	R17	94933	12538	E	F96T8/SP41/H	24	Tri-Fósforo RE 741	2440	8000	7200	24000	4100	75	/A21K63

(/) Lámpara ahorradora de energía.³

³ GRAINGER S.A de C.V. Catálogo No. 3. Año 2000, Páginas 729, 731, 742 y 746 .

A continuación se transcriben algunos Catálogos de Equipo Eléctrico.

Interruptores Industriales en Caja Moldeada

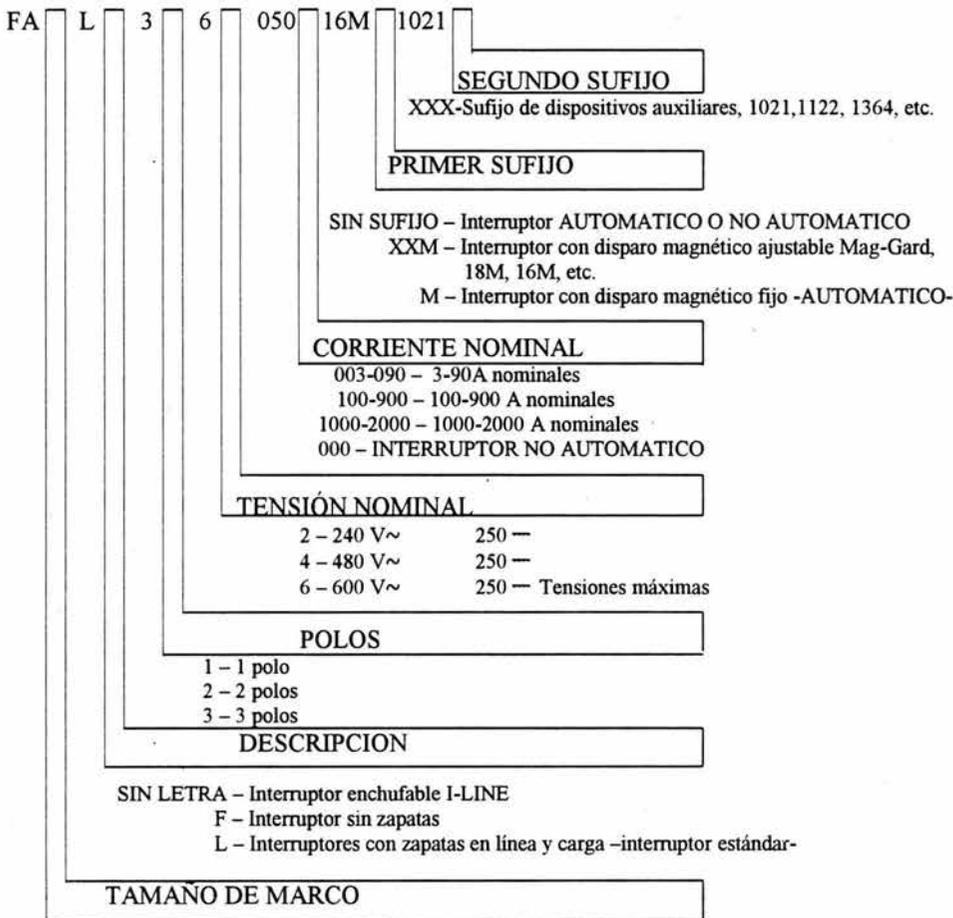
Interruptores Automáticos.

Información General.

Clase 600.

Lógica de Asignación de Número de Catálogo

NUMERO DE CATÁALOGO TIPICO



FA – Marco 100 A
KA – Marco 250 A
LA – Marco 400 A
MA – Marco 1000 A
PA – Marco 2000 A

NOTA: “A” es reemplazada por “H”
para interruptores de alta
capacidad interruptiva.

Aplicación: Los interruptores automáticos para protección de sobrecorriente y desconexión en sistemas de corriente alterna y directa están disponibles en capacidad interruptiva normal y alta y pueden ser montados individualmente o instalados en gabinetes industriales, tableros de alumbrado, tableros de distribución, unidades de enchufar, combinaciones magnéticas o centros de control de motores.

Normas de Construcción: Los interruptores automáticos están contruidos de acuerdo con la Norma Mexicana NMXJ-266. Adicionalmente el diseño cubre con la norma UL-489.

Mecanismo de Operación: Los interruptores automáticos cuentan con un mecanismo de disparo libre de apertura y cierre rápidos. Mediante una barra de disparo común se asegura la apertura y cierre simultáneo de todos los polos.

Mecanismo de Disparo: Los interruptores automáticos tienen una unidad de disparo permanente conteniendo elementos de disparo térmico y magnético individual en cada polo. Los elementos de disparo térmico están calibrados para una temperatura ambiente máxima de 40°C. Los marcos de 250 A y mayores cuentan con un disparo magnético instantáneo ajustable. Este ajuste externo permite que todos los polos del interruptor sean ajustados simultáneamente al mismo punto de disparo magnético.

Botón de Disparo: Un botón de disparo de color amarillo es localizado al frente de los interruptores. Esto permite verificar el mantenimiento del interruptor, circuitos de control, contactos de alarma y otro equipo asociado.

Indicación de Disparo: La palanca tipo "toggle" hasta 1200 A de marco cambia a la posición central y las tipo rotatoria 2000 A de marco cambia a la posición de reloj a las 4 cuando el interruptor ha sido disparado. El interruptor puede ser restablecido moviendo la palanca de la posición extrema de "OFF" a "ON".

Montaje: Los interruptores pueden ser montados y operados en cualquier posición.

Terminales: Todos los interruptores (1200 A y menores) son suministrados con zapatas mecánicas de aluminio para uso de conductores de cobre o aluminio.

Conexión Inversa: Los interruptores automáticos están aprobados para conexión inversa.

Accesorios: Una completa línea de accesorios incluyendo dispositivos de disparo en derivación, disparo en derivación por falla a tierra, disparo por baja tensión, contactos auxiliares y contactos de alarma son disponibles para todos los interruptores Square D.

Interruptores Industriales en Caja Moldeada
Interruptores Magnéticos MAG-GARD®
Información General.
Clase 680.

Interruptores De Disparo Magnético Instantáneo Ajustable.
Característica

Descripción: Interruptores de disparo magnético instantáneo ajustable marcos de 100, 250, 400 y 1000 amperes, tensión máxima 600 volts en corriente alterna 60 Hz en dos y tres polos. Corriente nominal de 3 a 1000 A.

Aplicaciones: Los interruptores MAG-GARD son usados para protección de motores contra corriente de corto circuito en combinación con arrancadores de motor que posean relevadores de sobrecarga. La selección debe hacerse de acuerdo a lo recomendado en la Norma Oficial Mexicana relativa a las instalaciones Eléctricas. Las capacidades interruptivas están establecidas en combinación con el arrancador. Los interruptores MAG-GARD han sido probados con éxito en combinación con arrancadores Square D a 22 000 A rcm simétricos, 600 V máximo en corriente alterna. El interruptor FA MAG-GARD en combinación con el módulo limitador de corriente CLM instalado en fábricas, en combinaciones clases 8539 y 9739 y en centros de control de motores clases 8993 y 8999, es adecuado para utilizarse en sistemas donde puedan presentarse corrientes de falla máxima de 100 000A rcm simétricos de 600 V. La línea MAG-GARD puede ser usada en instalaciones mineras para dar protección de cortocircuito a cables portátiles.

Normas de Construcción: Los interruptores MAG-GARD están contruidos satisfaciendo ampliamente los requerimientos de especificaciones y pruebas de la Norma Mexicana NMX-J-266. Adicionalmente, el diseño cubre las especificaciones de la Norma UL489 de Underwriters Laboratories.

Corriente Nominal: La corriente nominal de los interruptores MAG-GARD, es su capacidad de conducción continua de corriente. El exceder esta capacidad causara daños al interruptor. Dado que los interruptores MAG-GARD no poseen elementos de disparo térmico, los interruptores nos e calibran para una temperatura ambiente especifica. La Gama de Ajuste de Disparo, es el conjunto de valores de corriente dentro del cual puede seleccionarse el punto de disparo magnético instantáneo ajustable.

Mecanismo de Operación: La línea de interruptores MAG-GARD cuenta con mecanismos de disparo libre, de apertura y cierre rápidos. Una barra de disparo común asegura la apertura y cierre simultáneo de todos los polos.

Mecanismo de Disparo: Los interruptores MAG-GARD, cuentan con una unidad de disparo permanente, con elementos de disparo magnético en cada polo.

Indicación de Disparo: Cuando el interruptor es disparado, la palanca asume la posición central. El interruptor puede restablecerse moviendo la palanca hacia desconectado "OFF" y después hacia conectado "ON".

Ajuste de Disparo Magnético: Todos los interruptores MAG-GARD poseen ajuste de disparo magnético instantáneo. Un selector externo de disparo permite ajustar simultáneamente el mismo valor de disparo en todos los polos. El selector se localiza al frente del interruptor.

Botón de Disparo: Un botón de disparo manual es provisto en la cubierta del interruptor para disparar mecánicamente éste, permitiendo verificar la operación del interruptor, circuitos de control, dispositivos de alarma y demás equipo asociado.

Accesorios: Toda la línea de accesorios y dispositivos auxiliares disponibles para interruptores automáticos puede ser ensamblado en este tipo de interruptores.

Construcción I-LINE: La línea de interruptores MAG-GARD está disponible en versión I-LINE para montaje en tableros de distribución I-LINE. Adaptación sobre pedido.

Tablas de Selección

Corriente Nominal Amperes	Gama de Ajuste de Disparo Amperes	Tres Polos
		No. Catálogo
FA Marco de 100 A, Tensión Máxima 600 V~, 60 Hz.		
3	7-22	FAL3600311M
7	18-58	FAL3600712M
15	50-150	FAL3601513M
30	50-150	FAL3603013M
30	100-300	FAL3603015M
50	75-260	FAL3605014M
50	150-460	FAL3605016M
100	150-460	FAL3610016M
100	275-1000	FAL3610018M
KA Marco de 250 A, Tensión Máxima 600 V~, 60 Hz.		
250	625-1250	KAL3625025M
250	750-1500	KAL3625026M
250	875-1750	KAL3625029M
250	1000-2000	KAL3625030M
250	1125-2250	KAL3625031M
LA Marco de 400 A, Tensión Máxima 600 V~, 60 Hz.		
400	1125-2250	LAL3640031M
400	1250-2500	LAL3640032M
400	1500-3000	LAL3640033M
400	1750-3500	LAL3640035M
400	2000-4000	LAL3640036M
MA Marco de 1000 A, Tensión Máxima 600 V~, 60 Hz.		
1000	2500-5000	MAL36100040M
1000	3000-6000	MAL36100042M
1000	3500-7000	MAL36100044M
1000	4000-8000	MAL36100045M
1000	4500-9000	MAL36100046M
1000	5000-10000	MAL36100047M

Centros de Carga
Información General

Clase 1130



Centro de Carga QO.

Aplicación: Sistemas de Corriente Alterna.

Servicio: 1F-3H, 240/120 V~
3F-4H, 240/120 V~

Capacidad Interruptiva: 10000 A para zapatas principales.
22000 A para Interruptor principal.

Principal: Monofásico:

Zapatas Principales: 30A, 70A, 100A, 125A, 200A.

Interruptor Principal: 100 A.

Trifásicos:

Zapatas Principales: 125 A, 200 A.

Interruptor Principal: 100 A.

Derivados: Interruptores QO Enchufables 3/4" Ancho
QO 15-70 A. 1, 2 y 3 Polos.
QO 100 A. 2 y 3 Polos.

Gabinetes: Interruptores de Disparo Rápido con Indicación de Disparo Visual
Frente Auto Ajustable.

Zapatas adecuadas para usarse con conductores de aluminio o cobre.

Gabinetes de acero con perforaciones falsas en la parte superior, inferior, en el respaldo y en los laterales.

Tableros de Alumbrado y Distribución

Información General

Normas y Especificaciones

Clase 1630, 1670, 2110.



NQOD

Tablero de Alumbrado y Distribución NQOD

NQOD - 240 V~, 48 V~

Anchos de 356 mm (14") y 508 mm (20")

Capacidad de Corriente Nominal:

100-600 A Zapatas Principales.

100-400 A Interruptor Principal.

Interruptores Derivados Atornillables o Enchufables

Marco QO (B)

1 P, 2P y 3P 15-100 A

1 Fase, 3 Hilos

3 Fases, 4 Hilos

Capacidad de Cortocircuito

10 kA sim 240 V~

5 kA sim 48 V~

NF

Tablero de Alumbrado y Distribución NF

NF-480/277 V~

NF-480Y/277 V~

Ancho de 508 mm (20")

Capacidad de Corriente Nominal:

125-600 A Zapatas Principales.

100-600 A Interruptor Principal.

Interruptores Derivados Atornillables Marco E

1 P, 2P, 3P 15-125 A

1 Fase, 3 Hilos

3 Fases, 4 Hilos

Capacidad de Cortocircuito

18 kA, 35 kA y 65 kA sim

I-LINE

Tablero de Distribución de Pared

I-LINE -600 V~ Máx., 250 V~

Tamaño 1, 2, 3

Capacidad de Corriente Nominal

400-1200 A Zapatas Principales.

100-1200 A Interruptor Principal.

Capacidad de Interruptores Derivados

15-1200 A

Capacidad de Cortocircuito

Tam. 1,2 y 3, 64kA sim. 240V~; 50kA sim. 480 V~

3 Fases - 4 Hilos

Acabado en Pintura Gris ANSI 49.

Los Tableros de Distribución y Alumbrado de Square'D son diseñados, fabricados y probados de acuerdo a los requerimientos de las últimas revisiones de las siguientes normas:

- NMX - J118 - 1 Tableros y distribución.
- UL67 - Panelboards (Tableros de Distribución).
- UL50 - Enclosures for Electrical Equipment (Gabinetes para Equipo Eléctrico).
- NMX - J - 235 gabinetes para Equipo Eléctrico.
- CSA C22.2, No. 29 - 1989 - Panelboards and Enclosed Panelboards (Tableros de Distribución y Gabinetes para Equipo Eléctrico).
- NFPA - National Electric Code (Código Nacional Eléctrico).
- NOM - 001 - Relativa a Instalaciones Eléctricas.

Los interruptores de Square'D son diseñados, fabricados y probados de acuerdo a los requerimientos de las últimas revisiones de las siguientes normas:

- NMX - J - 266 Interruptores Automáticos en caja moldeada.
- UL 489 - Molded Case Circuit Breakers (Interruptores en Caja Moldeada).
- CSA 22.2, No. 5 - 1986 - Molded Case Circuit Breakers (Interruptores en Caja Moldeada).

Interruptores para Tableros de Alumbrado y Distribución

Marco del Interruptor	No. de Polos	Rango de Capacidad	Capacidad Interruptiva de Cortocircuito A – rcm Simétricos											
			V~						V-					
			120	120/240	240	277	480Y/277	480	600	48	125	250	500	
QO/QOB	1	10-70	10k	10k	...	...	...	...	...	...	5k	...	...	...
	2	10-125	10k	10k	...	...	...	...	...	...	5k	...	...	...
	3	10-100	10k	10k	10k	...	...	...	...	...	5k	...	...	...
QO-GFI/ QOB-GFI	1	15-30	10k	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	2	15-60	10k	10k	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Q2	2	100-225	10k	10k	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	3	100-225	10k	10k	10k	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Q4	2	250-400	25k	25k	25k	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	3	250-400	25k	25k	25k	...	...	...	...	...	...	...	...	...
FY	1	15-30	18k	14k	14k	14k	...	...	...	...	...	...	...	...
FA 240V	1	15-100	10k	10k	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	2	15-100	10k	10k	10k	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	3	15-100	10k	10k	10k	...	...	...	...	...	...	...	...	...
FA 480V	1	15-100	25k	25k	18k	18k	18k	...	...	...	10k	...	...	...
	2	15-100	25k	25k	25k	...	18k	18k	...	...	...	10k	...	...
	3	15-100	25k	25k	25k	...	18k	18k	...	...	...	10k	...	...
FA 600V	2	15-100	25k	25k	25k	...	18k	18k	14k	...	10k	...	...	...
	3	15-100	25k	25k	25k	...	18k	18k	14k	...	10k	10k	...	...
FH	1	15-30	65k	65k	65k	65k	65k	...	...	...	10k	...	...	...
	1	35-100	65k	65k	25k	25k	25k	...	...	...	10k	10k	...	...
	2, 3	15-100	65k	65k	65k	...	25k	25k	18k	...	...	...	...	...
KA	2, 3	70-250	42k	42k	42k	...	25k	25k	22k	...	10k	10k	...	...
KH	2, 3	70-250	65k	65k	65k	...	35k	35k	25k	...	...	...	...	...
LA	2, 3	125-400	42k	42k	42k	...	30k	30k	22k	...	10k	10k	...	...
LH	2, 3	125-400	65k	65k	65k	...	35k	35k	25k	...	...	...	...	...
	2, 3	300-1000	42k	42k	42k	...	30k	30k	22k	...	14k	14k	...	...
MA	2, 3	300-800	42k	42k	42k	...	30k	30k	22k	...	14k	14k	...	...
	2, 3	300-1000	65k	65k	65k	...	65k	65k	25k	...	...	...	...	...
MH	2, 3	300-800	65k	65k	65k	...	65k	65k	25k	...	14k	14k	...	...
	2, 3	300-1000	65k	65k	65k	...	65k	65k	25k	...	...	...	...	...
NA	2, 3	600-1200	100k	100k	100k	...	50k	50k	25k	...	...	...	...	...
NC	2, 3	600-1200	125k	125k	125k	...	100k	100k	65k	...	...	...	...	...

CONCLUSIONES.

Al término de este trabajo de titulación se espera que pueda servir de apoyo a los futuros Ingenieros Mecánicos Eléctricos para realizar un proyecto de Instalación Eléctrica así como su desarrollo o puesta en servicio de este.

Los métodos utilizados en este trabajo se pueden aplicar para un buen desempeño de las instalaciones eléctricas residenciales, comerciales, industriales, etc.

Se aplicaron diferentes métodos que se conocen para realizar los cálculos eléctricos y la selección de los diferentes equipos que se utilizan para proporcionar un buen servicio así como la aplicación de las normas eléctricas vigentes en el momento.

Así como las consideraciones para elegir el equipo adecuado para la instalación a realizar, aunque para elegir equipos se debe tomar en cuenta a los diferentes distribuidores de equipos eléctricos que se encuentran en el mercado y sus diferentes precios en los equipos así como sus ventajas con respecto a otro para seleccionar aquel que convenga a los dueños como a la instalación para dar un buen servicio.

Se trato de abarcar algunas características de las instalaciones eléctricas, aunque en algunos puntos no se abarco mucho, por que esto podría haber afectado el desarrollo de este trabajo de investigación y aplicación.

Para mayor información pueden consultar los libros de apoyo empleados en este trabajo de tesis esperamos que estos puedan cubrir algunos puntos y objetivos que en este no se hayan abarcado, así como las direcciones electrónicas donde pueden obtener algunos catálogos eléctricos e información de algún equipo eléctrico y sus características.

BIBLIOGRAFÍA.

- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999. "Instalaciones eléctricas (utilización)". Editada 27 de Septiembre de 1999.
- Eugene A. Avallone y Theodore Baumeister III. Manual del Ingeniero Mecánico, 9ª Edición, Editorial Mc Graw-Hill, 1995. Capítulos 12.5 Iluminación y 15.1 Ingeniería eléctrica.
- GRAINGER S.A. de C. V. Catálogo No. 3. Año 2000.
- Agustín Castejón y Germán Santamaría. Tecnología Eléctrica, Editorial Mc Graw-Hill, Año 1993.
- NOM-007-ENERO-1995 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales, Editada el 1 Septiembre de 1995.
- Joseph H. Foley. Fundamentos de Instalaciones Eléctricas. Editorial Mc Graw-Hill, Septiembre de 1993. Capítulo 9 Apagadores, contactos y artefactos, 10 Protección contra sobrecorriente, 11 Entrada en servicio.
- Gilberto Enriquez Harper. El ABC del Alumbrado y las Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión, 2ª Edición, Editorial LIMUSA (Noriega Editores) 2001. Capítulo 1.8 Contactos, 6.3 Determinación de la capacidad de la subestación.
- www.alek.pucp.edu.pe/cursos/pregrado/iee215/introduccion/introduccion.htm
- Harry Mileaf. Electricidad Siete. Decimotercera reimpresión. Editorial Limusa (Noriega Editores) 1999 Páginas de la 7-54 a la 7-139.
- Dr. Orlando Silvio Lobosco y José Luiz Pereira de Costa Dias. Selección y Aplicación de Motores Eléctricos. Tomo 1, Páginas de la 146 a la 147.
- Chester L. Dawes. Tratado de Electricidad Tomo 2. Undécima reimpresión. Ediciones G. Gili, S.A. de C.V. 1986. Páginas de la 333 a la 334.
- E. Bonnafous Ingeniero E.S.M.E. Motores Eléctricos. Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona 1968, Páginas de la 146 a la 147.
- www.anser.com.ar/motoreselectricos1.htm
- Gilberto Enriquez Harper. El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales, Decimosexta reimpresión. Editorial LIMUSA, 2001. Capítulo 6 Fundamentos de Tableros Eléctricos.

- Ingeniero Sergio Martínez Navarro. Selección de Transformadores Tema 12. División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Agosto 1998. Páginas de la 3 a la 12.
- Ingeniero José Raull Martín. Diseño de Subestaciones Eléctricas. División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Septiembre 1998. Páginas de la 1 a la 3.
- Gilberto Enríquez Harper. Fundamentos de Sistemas de Energía Eléctrica, 1ª Edición 1985, Editorial LIMUSA, S. A. Capítulo 5 Elementos de Subestaciones Eléctricas.
- Gilberto Enríquez Harper. El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica, 1ª Edición 2001, Editorial LIMUSA, S. A. de C. V. Capítulo 6 Los Sistemas de Emergencia.
- Ingeniero Guillermo Vergara Caballero. Sistemas de Emergencia Tema 6. División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Agosto 1998. Páginas de la 2 a la 35.
- Pedro Camarena M. Instalaciones Eléctricas Industriales. Compañía Editorial Continental; S.A. de C.V. México 1979, Primera edición. Páginas de la 237 a la 238.
- Gilberto Enríquez Harper. Guía Práctica para el Cálculo de Instalaciones Eléctricas, 1ª Edición 1994, Editorial LIMUSA, S. A. de C. V.
- [www. instalita. com. mx/ catalogo. htm](http://www.instalita.com.mx/catalogo.htm)
- [www. osram. com. mx](http://www.osram.com.mx)
- [www. lighting. philips. com/ latinoamerica/ catalogos. shtml](http://www.lighting.philips.com/latinoamerica/catalogos.shtml)
- [www. gelighting. com/ na/ home](http://www.gelighting.com/na/home)
- Construlita Iluminación. Catálogo General 98/99.
- Italli Iluminación. Catálogo General 95
- [www. neotec. com. mx/ tableros/ tccm. htm](http://www.neotec.com.mx/tableros/tccm.htm)
- [www. condumex. com. mx/ transformadores. html](http://www.condumex.com.mx/transformadores.html)
- [www. deusa. com. mx/ federal. htm](http://www.deusa.com.mx/federal.htm)
- Ingeniero Becerril L. Diego Onesimo. Instalaciones Eléctricas Prácticas. 11ª Edición 1986. Consulta.