



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

“DISEÑO ELÉCTRICO DE LOS SISTEMAS DE FUERZA, CONEXIÓN A TIERRA Y TRANSFERENCIA PARA UN EDIFICIO CON USO DE SUELO COMERCIAL Y CENTRO DE NEGOCIOS”.

**TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE LA CARRERA
INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA**

**PRESENTA:
LÓPEZ DE NAVA LÓPEZ CESAR**

ASESOR: ING. ADRIÁN PAREDES ROMERO

Bosques de Aragón, Estado de México, Febrero de 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



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:

Primeramente deseo agradecer todo el esfuerzo que mis padres “Gerardo López de Nava y Ma. Elena López” ha realizado durante mi vida tanto escolar como personal. Ha esos dos grandes seres maravillosos que dios mando para guiarme, les debo todo lo que he llegado a ser; doy gracias por cada momento y esfuerzo que han hecho para que pudiera llegar a ser lo que el día de hoy soy; sin duda deseo que sepan que no fue en vano cada hora de trabajo, desvelo y todo su esfuerzo dedicado para poder terminar lo que empecé hace muchos años. Sin duda el camino recorrido no ha sido fácil a través de toda mi trayectoria escolar desde principio hasta hoy, día en el cual concluyo mis estudios de ingeniería con esté trabajo, esto significa el término de una etapa y el comienzo de otra.

Agradezco también a mis hermanos, que de ellos he recibido grandes ejemplos de cómo continuar en este camino a pesar de las adversidades que se suscitaron y que a pesar de todo hay que levantarse siempre, que todo es posible si se desea y se trabaja duro para conseguirlo. “No hay meta difícil para el que de verdad desea dar su mayor esfuerzo”.

Deseo que sepa cada una de las personas con la que he convivido y que estuvieron apoyándome en mi trayecto con ejemplos, palabras de ánimo e incluso a aquellos que trataban de desalentarme en el camino, en ocasiones al punto de que con sus palabra herían los sentimientos de mis dos pilares, a sus comentarios buenos y malos que aunque no lo sepan, gracias ellos y sus palabras; motivaban y encendían más el deseo de mis padres y mío por concluir mi carrera universitaria y comenzar mi trayecto profesional, por todo lo anterior muchas gracias a todos.

Por último y no por ello menos importante deseo expresar mi gratitud a todos aquellos profesores que han ayudado con mi desempeño académico y el apoyo de muchos de ellos, su confianza, palabras de aliento, claro no falta los que te hacen menos y te digan que nos sirves para nada, pero no importa cuando la mayoría de ellos valoran lo que eres y tus pequeños logros, ¿qué más logro que terminar este proceso?, gracias a todos ustedes y quiero que se sientan parte de este objetivo que también es suyo.

Aún falta mucho por caminar y espero cada día dar lo mejor de mí y así seguir poniendo en alto el nombre de mi amada facultad, pero sobre todo el de mis padres ya que hoy les debo lo que soy y lo que seré, me han abierto un mundo de posibilidades y me han dejado la herencia más grande del mundo, que es el conocimiento.

Por mi raza hablará el espíritu.

**CÉSAR LÓPEZ DE NAVA LÓPEZ
ING. ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

INDICE	I
INTRODUCCIÓN	II
CAPÍTULO 1 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	1
1.1 Instalaciones eléctricas	1
1.1.1 Clasificación de instalaciones eléctricas	2
1.2 Elementos que constituyen una instalación eléctrica	3
1.2.1 Rectificador e inversor	7
1.2.2 Conductor eléctrico	9
1.2.3 Conductancia y conductividad eléctrica	10
1.3 Subestación Eléctrica	12
1.3.1 Riesgo de Incendio en subestación eléctrica	14
1.3.2 Mantenimiento a subestaciones eléctricas	16
1.4 Transformador	17
1.4.1 Inspección visual del transformador	18
1.5 Plantas de emergencia	18
1.5.1 Tipos de plantas de emergencia	20
1.5.2 Componentes principales de las plantas de emergencia	20
1.5.3 Ubicación típica de los componentes de una planta de emergencia	23
1.6 Baterías eléctricas	24
1.6.1 Reducción-oxidación	25
1.6.2 Tipos de celdas electroquímicas.	26
1.6.3 Tipos de baterías	27
1.6.4 Cuidados básicos de las baterías	31
1.6.5 Métodos básicos de pruebas	32
1.6.6 Métodos de prueba rápida de baterías	34
1.6.7 Fallas en las baterías	35
1.6.8 Tipos de falla en baterías Plomo-Ácido	39
1.7 Cargador de Batería	41
1.7.1 Tipos de cargadores de baterías.	41
CAPÍTULO 2 DISEÑO GENERAL NORMAS Y REGLAMENTOS	44
2.1 Objetivo y campo aplicación	44
2.2 Selección del equipo eléctrico	42
2.2.1 Características	47
2.2.2 Condiciones de instalación	47
2.2.3 Conductores eléctricos y aisladores.	48
2.2.4 Canalizaciones eléctricas	54
2.2.5 Instalación eléctrica de motores	56
2.3 Tableros Eléctricos	62
2.3.1 Consideraciones previas unidades de mando y señalización	63
2.3.2 Partes y piezas de un tablero eléctrico	64
2.3.3 Tipos de tableros eléctricos	66
CAPÍTULO 3 TIERRA FÍSICA Y CONDUCTORES DE PROTECCIÓN	69
3.1 Conductores de tierra	70
3.1.1 Conductores de protección (PE)	71
3.1.2 Secciones mínimas del conductor PE	72
3.1.3 Objetivos de una puesta a tierra	74
3.2 Puesta a tierra de Protección y Puesta a tierra funcional	75
3.3 Tensión de toque y Tensión de paso	76
3.4 Resistencia de la puesta a tierra	79
3.4.1 Cálculo de la resistencia de una puesta a tierra	80
3.4.2 Jabalina vertical	81
3.4.3 Jabalinas alineadas	86

3.4.4	Jabalinas dispuestas en circunferencia	88
3.4.5	Jabalinas dispuestas en triángulo	89
3.4.6	Jabalinas profundas	90
3.4.7	Conductor horizontal dispuesto linealmente	91
3.4.8	Conductores horizontales en otras disposiciones	92
3.5	Medida de la resistencia de una puesta a tierra	93
CAPÍTULO 4 SISTEMA AUXILIAR Y CÁLCULO DEL SISTEMA ELÉCTRICO		94
4.1	Cálculos, especificaciones y requerimientos bajo la NOM-001-SEDE-2005	97
4.2	Tableros	102
4.3	Obra Civil y Electromecánica	109
	4.3.1 Coordinación y Aprobación	110
	4.3.2 Tuberías	111
	4.3.3 Caja de Conexiones	113
	4.3.4 Conductores	113
	4.3.5 Conectores, cintas y marcadores	117
	4.3.6 Tableros e Interruptores	117
4.4	Tubo Conduit Metálico y Accesorios	119
	4.4.1 Tubo Conduit Rígido Pared Delgada	119
	4.4.2 Cajas y accesorios	120
	4.4.3 Accesorios para cajas registro metálicas troqueladas	120
4.5	Tableros de alumbrado, receptáculos, fuerza y distribución	121
4.6	Memoria de Cálculo	125
	4.6.1 Selección del Calibre	125
	4.6.2 Ecuaciones de Cálculo	128
4.7	Artículos de aplicación de la Norma Oficial Mexicanas (NOM)	130
CONCLUSIONES		133
ANEXO 1 ELEMENTOS A CONSIDERAR EN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA CON USO DE SUELO COMERCIAL		135
ANEXO 2 DIAGRAMAS UNIFILARES		152
ANEXO 3 COTIZACIÓN PLANTA DE EMERGENCIA		156
BIBLIOGRAFÍA		163

OBJETIVO

Argumentar mediante cálculos las necesidades eléctricas de operación de acuerdo al giro y/o características de los distintos espacios que comprenden el proyecto de un edificio de uso comercial para la selección adecuada de conductores, protecciones, canalizaciones, equipo de medición, obra eléctrica, etc.

- La propuesta de la red de distribución de media tensión se presenta como recomendación debiéndose de respetar en la medida de lo posible las trayectorias propuestas.

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones eléctricas comerciales construidas conforme a lineamientos técnicos y normativos modernos, contribuyen al ahorro de volúmenes considerables de energía eléctrica en la planta industrial y edificios comerciales, algunos ahorros pueden lograrse mediante un trabajo de reingeniería de la instalación eléctrica comercial, cuando la instalación eléctrica comercial ya está terminada mientras que otros se consiguen mediante un simple cambio de equipos o dispositivos.

El diseño de las instalaciones eléctricas comerciales debe estar bien fundamentado en la ciencia física y deben de tener su buen bagaje de casos de éxito en la experiencia operativa y la seguridad de la práctica de la instalación eléctrica comercial.

Cuando un administrador busca la reducción en el importe de la factura de la energía eléctrica, y esta la compra de una empresa suministradora como la Comisión Federal de Electricidad, hace bien en enfocarse en la reducción de pérdidas por efecto Joule en la instalación eléctrica comercial, su sistema de cableado y los equipos que la utilizan, la reducción de la demanda pico en su instalación eléctrica comercial también será motivo de especial atención y sobre todo vigilar el factor de potencia de las cargas conectadas a su instalación eléctrica.

Cada circuito de una instalación eléctrica comercial tiene algún valor inherente de resistencia y reactancia por lo que cada instalación eléctrica desperdicia alguna cantidad de energía eléctrica en forma de calor conocida en la profesión de instalador eléctrico como pérdidas por efecto Joule.

En tanto la energía eléctrica sea abundante y barata, los diseñadores de instalaciones eléctricas comerciales solo tendrán que preocuparse por validar la

temperatura a la que habrá de ser elevado el aislamiento del conductor de la instalación eléctrica comercial mientras esta conduce la corriente de la carga.

También en instalaciones eléctricas comerciales de circuitos para alimentar motores, la reducción instantánea de voltaje durante el arranque de este y la caída de tensión durante la operación normal del motor o de la carga conectada a la instalación eléctrica es motivo de tratamiento especial.

La energía eléctrica es un insumo indispensable para el desarrollo de la economía en su conjunto y para la producción de otros bienes y servicios, generando el incremento de recursos y en consecuencia también las actividades productivas del país.

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN), está conformado por ocho regiones, de las cuales el Sistema Central proporciona el Servicio Público de Energía Eléctrica, su función no solamente se limita al abasto de la energía eléctrica, sino que comprende atributos importantes que conforma su misión, como el proporcionar el servicio en condiciones adecuadas de cantidad, calidad, oportunidad, competitividad, atención a sus usuarios y preservación del medio ambiente.

El principal centro de consumo de energía lo constituye la zona metropolitana de la Ciudad de México, con una población cercana a los veinte millones de habitantes y una alta concentración industrial, comercial, de servicios y actividades gubernamentales; no dejando de ser importantes las cargas demandadas principalmente por el Estado de México y las de los Estados de Morelos, Hidalgo y Puebla, que en conjunto, por la configuración de la red eléctrica le dan la característica de un gran nodo receptor-distribuidor con alta densidad de carga concentrada en una zona geográficamente pequeña que esta inyectada básicamente por la generación que procede de los Sistemas Oriental y Occidental en tensiones de 230 y 400 kV.

Para comenzar, basta decir que existen diferentes definiciones de instalación eléctrica, sin embargo todas conllevan al mismo objetivo. En este trabajo se define como el conjunto de elementos interconectados para proveer energía eléctrica en la cantidad y tiempo que sea requerida en forma óptima y segura. En otras palabras, es el conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan, como: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitares, dispositivos sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, receptáculos, canalizaciones y soportes, entre otros.

En Mexico, las instalaciones eléctricas comerciales deben de diseñarse y construirse aplicando la Norma Oficial Mexicana, NOM-001-SEDE-2005 ahora vigente que tiene como propósito fundamental el garantizar la seguridad de las personas, animales y los bienes contra los riesgos que puedan resultar de la utilización de las instalaciones eléctricas comerciales e industriales.

En la tarea de diseñar una instalación eléctrica comercial es fundamental como primer paso determinar el valor de la carga eléctrica que va a ser alimentada.

Con esta información podrán seleccionarse adecuadamente los accesorios, circuitos derivados, centros de carga, circuitos alimentadores así como interruptores y tableros y los demás elementos que forman la instalación eléctrica. Casi ningún apartado de la NOM es tan útil para el propósito de diseñar una instalación eléctrica como el Artículo 220, el cual cubre los requisitos para determinar el número de circuitos derivados necesarios y calcular las cargas de estos, de los alimentadores y de las acometidas al edificio o local.

CAPÍTULO 1

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilicen. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, y soportes.

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas, (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o pisos).

1.1 Instalaciones eléctricas

Una instalación eléctrica debe de distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Además algunas de las características que deben de poseer son:

- a)** Confiables, es decir que cumplan el objetivo para lo que son, en todo tiempo y en toda la extensión de la palabra.
- b)** Eficientes, es decir, que la energía se transmita con la mayor eficiencia posible.
- c)** Económicas, o sea que su costo final sea adecuado a las necesidades a satisfacer.
- d)** Flexibles, que se refiere a que sea susceptible de ampliarse, disminuirse o modificarse con facilidad, y según posibles necesidades futuras.
- e)** Simples, o sea que faciliten la operación y el mantenimiento sin tener que recurrir a métodos o personas altamente calificados.
- f)** Agradables a la vista, pues hay que recordar que una instalación bien hecha simplemente se ve “bien”.
- g)** Seguras, o sea que garanticen la seguridad de las personas y propiedades durante su operación común.

1.1.1 Clasificación de instalaciones eléctricas

Para fines de estudio, nosotros podemos clasificar las instalaciones eléctricas como sigue:

Por el nivel de voltaje predominante:

- a) Instalaciones residenciales, que son las de las casas habitación.
- b) Instalaciones industriales, en el interior de las fábricas, que por lo general son de mayor potencia comparadas con la anterior
- c) Instalaciones comerciales, que respecto a su potencia son de tamaño comprendido entre las dos anteriores.
- d) Instalaciones en edificios, ya sea de oficinas, residencias, departamentos o cualquier otro uso, y que pudieran tener su clasificación por separado de las anteriores.
- e) Hospitales.
- f) Instalaciones especiales.

Por la forma de instalación:

- a) Visible, la que se puede ver directamente.
- b) Oculta, la que no se puede ver por estar dentro de muros, pisos, techos, etc. de los locales.
- c) Aérea, la que está formada por conductores paralelos, soportados por aisladores, que usan el aire como aislante, pudiendo estar los conductores desnudos o forrados. En algunos casos se denomina también línea abierta.
- d) Subterránea, la que va bajo el piso, cualquiera que sea la forma de soporte o material del piso.

Por el lugar de la instalación:

Las instalaciones eléctricas también pueden clasificarse en normales y especiales según, el lugar donde se ubiquen:

- a) Las instalaciones normales pueden ser interiores o exteriores. Las que están a la intemperie deben de tener los accesorios necesarios (cubiertas,

empaques y sellos) para evitar la penetración del agua de lluvia aun en condiciones de tormenta.

- b) Se consideran instalaciones especiales a aquellas que se encuentran en áreas con ambiente peligroso, excesivamente húmedo o con grandes cantidades de polvo no combustible.

Dentro de estas clasificaciones también se subdividen por el tipo de lugar:

- a) Lugar seco, aquellos no sujetos normalmente a derrames de líquidos.
- b) Lugar húmedo, los parcialmente protegidos por aleros, corredores techados pero abiertos, así como lugares interiores que están sujetos a un cierto grado de humedad poscondensación, tal como sótanos, depósitos refrigerados o similares.
- c) Lugar mojado, en que se tienen condiciones extremas de humedad, tales como intemperie, lavado de automóviles, instalaciones bajo tierra en contacto directo con el suelo, etc...
- d) Lugar corrosivo, en los que se pueden encontrar sustancias químicas corrosivas.
- e) Lugar peligroso, en donde las instalaciones están sujetas a peligro de incendio o explosión debido a gases o vapores inflamables, polvo o fibras combustibles dispersasen el aire.

1.2 Elementos que constituyen una instalación eléctrica

En este subtema se da una descripción general de los elementos más comúnmente encontrados en una instalación eléctrica, la intención es familiarizar al usuario con la terminología y los conceptos que serán utilizados.

- 1) Acometida. Se entiende el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora, y el alimentador que abastece al usuario. La cometida también se puede entender como la línea aérea o subterránea según sea el caso que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición.

Además en las terminales de entrada de la acometida normalmente se colocan apartarrayos para proteger la instalación y el equipo de alto voltaje.

- 2) Equipos de Medición. Por equipo de medición se entiende a aquél, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato de compra-venta. Este equipo está sellado y debe de ser protegido contra agentes externos, y colocado en un lugar accesible para su lectura y revisión.
- 3) Interruptores. Un interruptor es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente.
 - Interruptor general. Se le denomina interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación y que se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora.
 - Interruptor derivado. También llamados interruptores eléctricos los cuales están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros.
 - Interruptor termo magnético. Es uno de los interruptores más utilizados y que sirven para desconectar y proteger contra sobrecargas y cortos circuitos. Se fabrica en gran cantidad de tamaños por lo que su aplicación puede ser como interruptor general. Tiene un elemento electrodinámico con el que puede responder rápidamente ante la presencia de un corto circuito.
- 4) Arrancador. Se conoce como arrancador al arreglo compuesto por un interruptor, ya sea termo magnético de navajas (cuchillas) con fusibles, un conductor electromagnético y un relevador bimetálico. El contactor consiste básicamente de una bobina con un núcleo de hierro que cierra o abre un juego de contactos al energizar o desenergizar la bobina.
- 5) Transformador. El transformador eléctrico, es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En las instalaciones

grandes pueden necesitarse varios niveles de voltaje, lo que se logra instalando varios transformadores (agrupados en subestaciones). Por otra parte pueden existir instalaciones cuyo voltaje sea el mismo que tiene la acometida y por lo tanto no requieran de transformador.

- 6) **Tableros.** El tablero es un gabinete metálico donde se colocan instrumentos con interruptores arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar para lograr una instalación segura confiable y ordenada.
 - **Tablero general.** El tablero general es aquel que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general. El transformador se conecta a la entrada del interruptor y a la salida de este se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados.
 - **Centros de Control de Motores.** En instalaciones industriales y en general en aquellas donde se utilizan varios motores, los arrancadores se agrupan en tableros compactos conocidos como centros de control de motores.
 - **Tableros de Distribución o derivado.** Estos tableros pueden tener un interruptor general dependiendo de la distancia al tablero de donde se alimenta y del número de circuitos que alimenten.
- 7) **Motores y Equipos Accionados por Motores.** Los motores se encuentran al final de las ramas de una instalación y su función es transformar la energía eléctrica en energía mecánica, cada motor debe tener su arrancador propio.
- 8) **Estaciones o puntos de Control.** En esta categoría se clasifican las estaciones de botones para control o elementos del proceso como: limitadores de carreras o de par, indicadores de nivel de temperatura, de presión entre otros. Todos estos equipos manejan corrientes que por lo general son bajas comparadas con la de los electos activos de una instalación.
- 9) **Salidas para alumbrado y contactos.** Las unidades de alumbrado, al igual que los motores, están al final de las instalaciones y son consumidores que

transforman la energía eléctrica en energía luminosa y generalmente también en calor.

Los contactos sirven para alimentar diferentes equipos portátiles y van alojados en una caja donde termina la instalación.

10) Plantas de Emergencia. Las plantas de emergencia constan de un motor de combustión interna acoplada a un generador de corriente alterna. El cálculo de la capacidad de una planta eléctrica se hace en función con las cargas que deben de operar permanentemente. Estas cargas deberán quedar en un circuito alimentador y canalizaciones dependientes.

11) Tierra o neutro en una Instalación Eléctrica.

- Tierra. Se consideran que el globo terráqueo tiene un potencial de cero se utiliza como referencia y como sumidero de corrientes indeseables.
- Resistencia a tierra. Este término se utiliza para referirse a la resistencia eléctrica que presenta el suelo de cierto lugar.
- Toma de tierra. Se entiende que un electrodo enterrado en el suelo con una Terminal que permita unirlo a un conductor es una toma de tierra.
- Tierra remota. Se le llama así a una toma de tierra lejana al punto que se esté considerando en ese momento.
- Sistemas de Tierra. Es la red de conductores eléctricos unidos a una o más tomas de tierra y provisto de una o varias terminales a las que puede conectarse puntos de la instalación.
- Conexión a tierra. La unión entre un conductor y un sistema de tierra.
- Tierra Física. Cuando se une sólidamente a un sistema de tierra que a su vez está conectado a la toma de tierra.
- Neutro Aislado. Es el conductor de una instalación que está conectado a tierra a través de una impedancia.
- Neutro del generador. Se le llama así al punto que sirve de referencia para los voltajes generados en cada fase.
- Neutro de trabajo. Sirve para conexión alimentado por una sola fase

- Neutro conectado sólidamente a tierra. Se utiliza generalmente en instalaciones de baja tensión para proteger a las personas contra electrocución.
- Neutro de un sistema. Es un potencial de referencia de un sistema que puede diferir de potencial de tierra que puede no existir físicamente.
- Neutro Flotante. Se la llama así al neutro de una instalación que no se conecta a tierra.

12) Interconexión. Para la interconexión pueden usarse alambres, cables de cobre o aluminio, estos pueden estar colocados a la vista en ductos, tubos o charolas.

El empalme de la conexión de las terminales de los equipos debe de hacerse de manera que se garantice el contacto uniforme y no existan defectos que representen una disminución de la sección. Las tuberías que se utilizan para proteger los conductores pueden ser metálicas o de materiales plásticos no combustibles también se utilizan ductos cuadrados o charolas. El soporte de todos estos elementos debe de ser rígido y su colocación debe hacerse de acuerdo con criterios de funcionalidad, estética, facilidad de mantenimiento y economía.

1.2.1 Rectificador e inversor

I. Rectificador Un rectificador es el elemento o circuito que permite convertir la Corriente Alterna en Corriente Directa. Esto se realiza utilizando diodos rectificadores, ya sean semiconductores de estado sólido, válvulas al vacío o válvulas gaseosas como las de vapor de mercurio.

Dependiendo de las características de la alimentación en corriente alterna que emplean, se les clasifica en monofásicos, cuando están alimentados por una fase de la red eléctrica, o trifásicos cuando se alimentan por tres fases.

Atendiendo al tipo de rectificación, pueden ser de media onda, cuando sólo se utiliza uno de los semiciclos de la corriente, o de onda completa, donde ambos semiciclos son aprovechados.

El tipo más básico de rectificador es el rectificador monofásico de media onda, constituido por un único diodo entre la fuente de alimentación alterna y la carga

- II. Inversor** La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de Corriente Directa a un voltaje simétrico de salida de Corriente Alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. Los inversores se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para controlar alta potencia. Los inversores también se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, etc, en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

Un inversor simple consta de un oscilador que controla a un transistor, el cual se utiliza para interrumpir la corriente entrante y generar una onda cuadrada. Esta onda cuadrada alimenta a un transformador que suaviza su forma, haciéndola parecer un poco más una onda senoidal y produciendo el voltaje de salida necesario. Una buena técnica para lograr esto es utilizar la técnica de PWM logrando que la componente principal senoidal sea mucho más grande que las armónicas superiores.

Los inversores más modernos han comenzado a utilizar formas más avanzadas de transistores o dispositivos similares, como los tiristores, los triac's o los IGBT's.

Los inversores más eficientes utilizan varios artificios electrónicos para tratar de llegar a una onda que simule razonablemente a una onda senoidal en la entrada del transformador, en vez de depender de éste para suavizar la onda.

Se pueden clasificar en general en dos tipos:

1. Inversores monofásicos.
2. Inversores trifásicos.

Tabla 1.1 Tensiones Nominales.

TENSIONES	
Baja	Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se considera instalación de baja tensión eléctrica aquella que distribuya o genere energía eléctrica para consumo propio y a las receptoras en los siguientes límites de tensiones nominales para Corriente Alterna igual o inferior a 1000 voltios y Corriente Directa igual o inferior a 1500 voltios.
Media	En los círculos profesionales se emplea el término Media Tensión para referirse a instalaciones con tensiones nominales entre 1 y 36 KV (kilovolts). Dichas instalaciones son frecuentes en líneas de distribución que finalizan en Centros de Transformación, en don se reduce la tensión hasta los 220 volts, dependiendo del uso final que requiera el abonado.
Alta	Se considera instalación de alta tensión eléctrica aquella que genere, transporte, transforme, distribuya o utilice energía eléctrica con tensiones superiores a los límites para Corriente Alterna superior a 1000 voltios y en Corriente Directa superior a 1500 voltios.

1.2.2 Conductor eléctrico

Para que la energía eléctrica fluya, se usan los conductores ya que es un material que ofrece poca resistencia al paso de la corriente eléctrica.

Los mejores conductores eléctricos son los metales y sus aleaciones, aunque existen otros materiales no metálicos que también poseen la propiedad de conducir la electricidad, como el grafito o las disoluciones y soluciones salinas (por ejemplo, el agua de mar) o cualquier material en estado de plasma.

Para el transporte de energía eléctrica, así como para cualquier instalación de uso doméstico o industrial, los mejores conductores son el oro y la plata, pero debido a su elevado precio, los materiales empleados habitualmente son el cobre (en forma de cables de uno o varios hilos), o el aluminio; metal que si bien tiene una conductividad eléctrica del orden del 60% inferior es, sin embargo, un material tres

veces más ligero, por lo que su empleo está más indicado en líneas aéreas de transmisión de energía eléctrica en las redes de alta tensión.

La aplicación de los conductores:

- Conducir la electricidad de un punto a otro (fluyen debido a la diferencia de potencial).
- Establecer una diferencia de potencial entre un punto A y B.
- Crear campos electromagnéticos (como en las bobinas y electroimanes).
- Modificar el voltaje (con el uso de transformadores).
- Crear resistencias (con el uso de conductores no muy conductivos).

1.2.3 Conductancia y conductividad eléctrica

La conductancia Eléctrica es la facilidad que presenta cualquier material al paso de la corriente eléctrica, por lo que es la propiedad inversa de la resistencia eléctrica

Tabla 1.2 Unidad conductancia eléctrica

SIEMENS	
Estándar:	Unidades derivadas del Sistema Internacional
Magnitud:	Conductancia eléctrica
Símbolo:	S
Nombrada por:	Werner von Siemens
Expresada en:	$1 \text{ S} = \frac{1}{\Omega}$ (Unidades básicas del Sistema Internacional)

A mayor conductancia la resistencia disminuye y viceversa, a mayor resistencia, menos conductancia, por lo que ambas son inversamente proporcionales.

La unidad de medida de la conductancia en el Sistema internacional de unidades es el Siemens.

Este parámetro es especialmente útil a la hora de tener que manejar valores de resistencia muy pequeños, como es el caso de los conductores eléctricos.

Se denomina siemens (o siemens) a la unidad derivada del SI para la medida de la conductancia eléctrica. Se nombró así por el ingeniero alemán Werner von Siemens.

$$S = \Omega^{-1} \quad \text{Ec.1.1}$$

La conductancia eléctrica se representa por la letra G cuya unidad es el siemens, y su inversa la resistencia eléctrica se representa por la letra R, cuya unidad es el ohm.

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V} \quad \text{Ec.1.2}$$

En donde I es la intensidad eléctrica o corriente eléctrica, y V es el voltaje (Tensión o diferencia de potencial eléctrico).

$$S = \Omega^{-1} = \frac{A}{V} = \frac{C^2 \cdot s}{Kg \cdot m^2} = \frac{A^2 \cdot s^3}{Kg \cdot m^2} \quad \text{Ec. 1.3}$$

Esta unidad también se denominaba mho (por ser la unidad inversa al ohm), pero este nombre no está en las actuales normas. Se representaba con una letra omega mayúscula invertida. La conductividad eléctrica es la capacidad de un cuerpo o medio específico para conducir la corriente eléctrica, es decir, para permitir el paso a través de él de partículas cargadas, bien sean los electrones, los transportadores de carga en conductores metálicos o semimetálicos, o iones, los que transportan la carga en disoluciones de electrolitos.

Por lo que la conductividad es la inversa de la resistividad, por tanto

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad \text{Ec. 1.4}$$

ρ = Resistividad

Y su unidad es el $\frac{S}{m}$ (siemens por metro). Usualmente la magnitud de la conductividad (σ) es la proporcionalidad entre el campo eléctrico \mathbf{E} y la densidad de corriente de conducción¹ \mathbf{J} :

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad \text{Ec. 1.5}$$

La conductividad en medios líquidos (Disolución) está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos o conductores electrolíticos.

La conductividad en líquidos, según la teoría de bandas de energía en sólidos cristalinos, son materiales conductores aquellos en los que las bandas de valencia y conducción se superponen, formándose una nube de electrones libres causante de la corriente al someter al material a un campo eléctrico. Estos medios conductores se denominan conductores eléctricos.

1.3 Subestación Eléctrica

Una subestación eléctrica es usada para la transformación de la tensión de la energía eléctrica. El componente principal (y más caro) de una subestación eléctrica es el transformador.

Las subestaciones eléctricas elevadoras se ubican en las inmediaciones de las centrales eléctricas para aumentar la tensión de salida de sus generadores. En España los niveles de tensión normalizados más habituales son 15, 20, 66, 132, 220 y 400 kV. De ellos, los dos últimos corresponden a la red de transporte (gestionada y operada por RED ELÉCTRICA) y el resto son de la red de distribución.

¹ Magnitud vectorial que tiene unidades de corriente eléctrica por unidad de superficie.

Cerca de las poblaciones y de los consumidores, se encuentran las subestaciones eléctricas reductoras que reducen el nivel de tensión para que sea apto para su uso por medianos consumidores (fábricas, centros comerciales, hospitales, etc). Dicha reducción tiene lugar entre tensiones de transporte (400 o 220kV) a tensiones de distribución. Repartidos en el interior de las ciudades existen centros de transformación (CT's) que bajan la tensión a 400V en trifásica (tres fases y neutro), la cual es apropiada para su distribución a pequeños consumidores, entre los que se encuentra el consumo doméstico. Para este tipo de consumo se utiliza en cada vivienda una fase y el neutro, por lo que la tensión que se mide con un polímetro es de 230 V. Figura 1.1



Figura 1.1 Subestación eléctrica

Las secciones principales están constituidas de la siguiente manera:

- Sección de medición
- Sección para las cuchillas de paso
- Sección para el interruptor²

Las secciones derivadas normalmente llevan interruptores, ya depende de que tipo, hacia transformadores.

² son dispositivos utilizados para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica.

Como norma general, se puede hablar de subestaciones eléctricas elevadoras, situadas en las inmediaciones de las centrales generadoras de energía eléctrica, cuya función es elevar el nivel de tensión, hasta 132, 220 o incluso 400 kV, antes de entregar la energía a la red de transporte. Las subestaciones eléctricas reductoras, reducen el nivel de tensión hasta valores que oscilan, habitualmente entre 13,2, 15, 20, 45 ó 66 kV y entregan la energía a la red de distribución. Posteriormente, los centros de transformación reducen los niveles de tensión hasta valores comerciales (baja tensión) aptos para el consumo doméstico e industrial, típicamente 400 V.

Además de transformadores, las subestaciones eléctricas están dotadas de elementos de maniobra (interruptores, seccionadores, etc. y protección fusibles, interruptores automáticos, etc. que desempeñan un papel fundamental en los procesos de mantenimiento y operación de las redes de distribución y transporte.

1.3.1 Riesgo de Incendio en subestación eléctrica

La ocurrencia de incendios en subestaciones es baja, pero el impacto que pueden provocar es catastrófico. Los incendios en subestaciones pueden impactar el suministro de energía a los usuarios, así como los activos y utilidades de las empresas. Cuando se proyecta una nueva subestación o se evalúa la operación de esta, es importante reconocer los riesgos de incendio, y los asociados con la mitigación de estos incendios. Los objetos físicos o condiciones que producen peligros potenciales de incendio son llamados riesgos de incendio. Cada riesgo tiene los siguientes atributos:

- La probabilidad de que un incendio pueda ocurrir durante un específico intervalo de tiempo.
- la magnitud del posible incendio.
- la consecuencia de las pérdidas potenciales.

El cableado es el mayor peligro ya que son una combinación de fuente de ignición y al mismo tiempo contienen materiales inflamables (fuel supply and ignition source). Una falla en un cable puede ser suficiente para que incendie el aislamiento que contiene, y podría derivar en un incendio mayor y grandes cantidades de humo tóxico. El peligro creado por equipo enfriado por aceite mineral, como transformadores, reactores, e interruptores es porque el aceite es una fuente inflamable que puede ser iniciada por una falla dentro del equipo.

Algunas de las causas de que se produzcan arcos internos dentro del aceite son:

- filtración de agua o humedad
- falla del aislamiento del núcleo
- corrientes de falla exteriores
- fallas en el cambiador de taps

Estos arcos pueden producir gases de ruptura como hidrógeno o acetileno. Dependiendo del tipo de falla y su severidad, los gases pueden producir suficiente presión para romper la estructura del tanque del transformador o hacer que los bushings (Boquillas) de cerámica presenten rupturas o fugas de aceite. Una vez que se daña el tanque o los bushing, hay una alta probabilidad de que ocurra un incendio.

Una de las acciones que podemos realizar para prevenir que el aceite se dañe, es realizar pruebas de calidad y gases disueltos. Las pruebas son: humedad en el aceite, tensión interfacial, acidez, color, visual, rigidez dieléctrica, factor de potencia, gravedad específica, análisis de gases disueltos (hidrógeno, metano, etano, etileno, acetileno, monóxido de carbón, dióxido de carbón).

Anteriormente solo se realizaba la prueba de rigidez dieléctrica con copa en campo. Actualmente esta prueba ya no es suficiente para saber la situación interna de nuestro transformador, es necesario mandar a hacer las pruebas a

laboratorio certificado y con eso seremos más preventivos, y por ende minimizaremos el riesgo de incendio en nuestra subestación.

1.3.2 Mantenimiento a subestaciones eléctricas

La subestación es la parte medular de toda instalación eléctrica. Cualquier falla en este importante equipo, nos da como resultado interrupciones de energía, las cuales significan pérdidas de dinero en las empresas. Además, en una falla ponemos en riesgo de accidente a nuestro personal y daños a otros equipos que se encuentren cerca. Por esto, es importante llevar a cabo un buen mantenimiento (predictivo-preventivo) a la subestación y todos sus componentes

Las pruebas más importantes son:

PRUEBAS ELÉCTRICAS:

- Factor de potencia
- Relación de transformación.
- Resistencia de aislamiento.

PRUEBAS AL ACEITE AISLANTE:

- Humedad en el aceite.
- Tensión interfacial.
- Acidez.
- Color.
- Visual.
- Rigidez dieléctrica.
- Factor de potencia a 25 grados centígrados.
- Gravedad específica.
- Gases disueltos.
- Presencia de PCB's.

1.4 Transformador

El transformador es un aparato empleado para transferir la energía eléctrica a un circuito de corriente alterna a otro, sin variar la frecuencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal, es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño. Figura 1.2



Figura 1.2 Transformador eléctrico

Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente y por lo general enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado, fabricado bien sea de hierro dulce o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

1.4.1 Inspección visual del transformador

- Nivel de aceite.
- Condición y limpieza de boquillas.
- Condición de pintura.
- Verificar condición de medidores (presión, temperatura, nivel de aceite, etc.).
- Presencia de fugas de aceite.
- Verificar funcionamiento adecuado de ventiladores de enfriamiento.
- Anclaje (sobre todo en lugares sísmicos).
- INSPECCIONES/PRUEBAS EN ÁREA DE SUBESTACIÓN:
- Verificar condiciones de aisladores.
- Verificar condición de KPF's (prueba apertura/cierre), ajuste y lubricación.
- Prueba de resistencia de aislamiento en nodos sistema de tierra.
- Condición de cerco perimetral, candados y anuncios de precaución.
- Pintura de estructura.
- Análisis termográfico (antes de desenergizar el transformador).

1.5 Plantas de emergencia

Los propietarios de casas y de empresas deciden comprar plantas eléctricas por tres motivos generales:

- No hay red eléctrica disponible
- No llega suficiente potencia de la red eléctrica como para cubrir las necesidades.
- Para protegerse frente a la posibilidad de pérdidas periódicas o habituales de potencia de la red eléctrica que pueden ocasionar, entre otras cosas, pérdidas económicas, de potencia, de luz, apagado de equipos de mantenimiento de las constantes vitales, pérdida de producción, de datos archivados y de productos, de ganado o incluso de vidas humanas. Figura 1.3



Figura 1.3 Planta de Emergencia

El tipo de planta eléctrica que necesita dependerá de sus exigencias energéticas, del lugar donde se ubicará y si funcionará de forma continua o bien sólo cuando haya interrupciones de suministro eléctrico.

Las plantas eléctricas se pueden conectar a la red doméstica con un conmutador de transferencia. La electricidad constante de la red principal llega al lugar por medio de cables eléctricos. Cuando se produzca una interrupción del aporte de electricidad de la red principal a consecuencia de algún fallo, el conmutador de transferencia enviará una señal a la planta eléctrica, que se pondrá en funcionamiento y enviará la electricidad generada a las instalaciones. Cuando se restablezca el suministro de la red principal, el conmutador de transferencia bloqueará la salida de energía de la planta eléctrica y esta función volverá de nuevo a la red principal. Existen dos tipos de conmutadores en la actualidad: el manual y el automático.

Un conmutador de transferencia es el panel conectado al sistema de distribución eléctrico de un local para permitir el uso de una planta eléctrica. Evita que la planta eléctrica se alimente de la red eléctrica principal que podría ocasionar graves daños a los técnicos que estén trabajando en la línea intentando restablecer la electricidad.

1.5.1 Tipos de plantas de emergencia

Existen diferentes tipos de plantas de eléctricas de emergencia, los cuales se mencionan a continuación:

- **Plantas de emergencia manuales:** Son aquellas que requieren para su funcionamiento que se operen manualmente con un interruptor para arrancar o parar dicho elemento. Es decir, que no cuenta con la unidad de transferencia de carga sino a través de un interruptor de operación manual (switch o botón pulsador).
- **Plantas de emergencia semiautomáticas:** Son aquellas que cuentan con un control automático, basado en un microprocesador, el cual le proporciona todas las ventajas de una planta automática como: protecciones, mediciones, y operación pero que no cuenta con un sistema de transferencia.
- **Plantas de emergencia automáticas:** Este tipo de plantas cuentan con un control basado en un microprocesador, el cual provee a la planta un completo grupo de funciones para:
 - Operación
 - Protección
 - Supervisión

Contienen funciones estándar y opcionales en su mayoría programables por estar basada la operación en un microprocesador provee un alto nivel de certeza en sus funciones como: mediciones, protecciones, funciones de tiempo, y una alta eficiencia, en su sistema de transferencia.

1.5.2 Componentes principales de las plantas de emergencia

Las plantas eléctricas automáticas están compuestas principalmente de:

- I. **Motor:** El motor de combustión interna puede ser de inyección mecánica o electrónica y está compuesto de varios sistemas que son:
 - a) Sistema de combustible
 - b) Sistema de admisión de aire

- c) Sistema de enfriamiento
- d) Sistema de lubricación
- e) Sistema eléctrico
- f) Sistema de arranque
- g) Sistema de protección

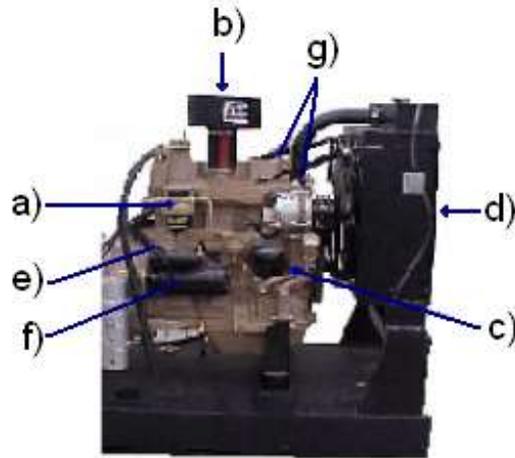


Figura 1.4 Partes del motor.

II. **Generador:** El generador síncrono de corriente alterna está compuesto de:

- a) Inductor principal
- b) Inducido principal
- c) Inductor de la excitatriz
- d) Inducido de la excitatriz
- e) Puente rectificador trifásico rotativo
- f) Regulador de voltaje estático
- g) Caja de conexiones

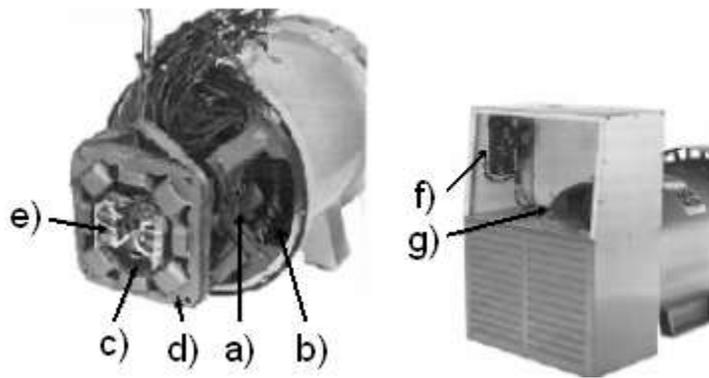


Figura 1.5 Partes del generador.

- III. Transferencia:** La unidad de transferencia puede ser cualquiera de las que se mencionan, según la capacidad del genset:
- Contadores electromagnéticos
 - Interruptores termomagnéticos
 - Interruptores electromagnéticos



Figura 1.6 Tipos de unidades de transferencia.

- IV. Circuito de control de transferencia:** Por medio de programación se implementan las funciones de transferencia (tiempos, configuración de operación) y ajustes como sea necesario para cada caso, en particular. El circuito consta de:
- Sensor de voltaje trifásico del lado normal, y monofásico del lado de emergencia.
 - Ajuste para el tiempo de: Transferencia, retransferencia, enfriamiento de la máquina, en caso de ser síncrona (tiempo de sincronía y configuración de operación.)
 - Relevadores auxiliares
 - Relevadores de sobrecarga
 - Tres modos de operación (manual, fuera del sistema y automático).
- V. Protección y control del motor:** El circuito del motor de arranque y protección de máquina consta de las siguientes funciones:
- Retardo al inicio del arranque (entrada de marcha)

- b) Retardo programable (3 y 5 intentos) y periodo de estabilización del genset. El control monitorea las siguientes fallas: Largo arranque, baja presión de aceite, alta temperatura, sobre y baja velocidad, no-generación, sobrecarga, bajo nivel de combustible, nivel de refrigerante (opcional), paro de emergencia y cuenta con algunos casos de entradas y salidas programables dependiendo del control que se use.
- c) Solenoides de la maquina: Solenoide auxiliar de arranque (4x). Válvula de combustible. O contacto para alimentar ECU en caso de ser electrónica.
- d) Fusibles (para la protección del control de medición). Cuenta con indicador de fallas el cual puede ser: Alarma audible, mensaje desplegado en el display, indicador luminoso (tipo incandescente o led)

VI. Instrumentos del tablero: Los instrumentos de medición que se instalan normalmente en el genset son

- a) Voltímetro de C.A. con su conmutador
- b) Amperímetro de C.A. con su conmutador
- c) Frecuencímetro digital integrado en el controlador

1.5.3 Ubicación típica de los componentes de una planta de emergencia

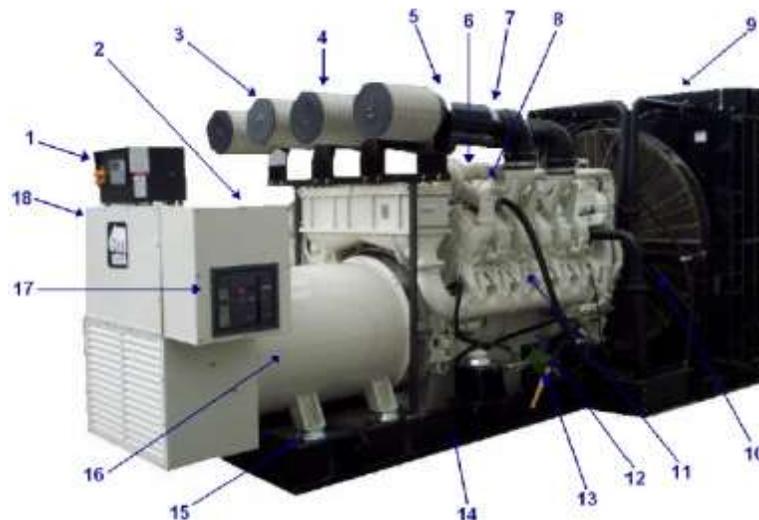


Figura 1.7 Componentes de una planta de emergencia.

Tabla 1.3 Descripción de los componentes

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Panel de control
2	Placa de datos montada en generador (situado en la parte posterior de la figura)
3	Filtros de aire
4	Soporte de baterías y baterías (situado en la parte posterior de la figura)
5	Motor/es de arranque (situado en la parte posterior de la figura)
6	Alternador (situado en la parte posterior de la figura)
7	Bomba de combustible (situada en la parte posterior de la figura)
8	Turbo
9	Radiador
10	Guarda del ventilador
11	Motor de combustión interna
12	Carter
13	Bomba para drenar el aceite del carter
14	Base estructural
15	Amortiguador
16	Generador
17	Interruptor
18	Regulador de voltaje automático (situado en la parte posterior de la figura)

1.6 Baterías eléctricas

Es un dispositivo electroquímico que consta de dos o más placas conductoras (eléctricamente hablando) y un elemento que las rodea (electrolito), ambas placas interactúan con el electrolito generando una reacción química, como consecuencia de la misma se producirá un desplazamiento de carga eléctrica que al cerrar el circuito externamente da como resultado la circulación de corriente eléctrica proceso de descarga de la batería.

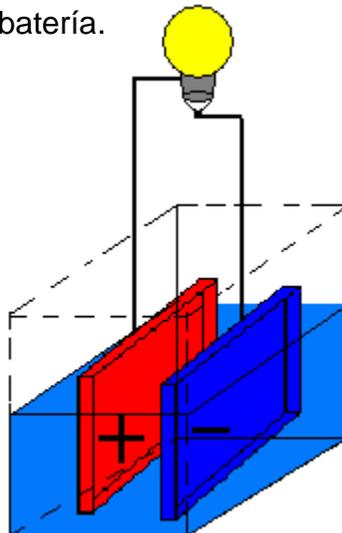


Figura 1.8 Celda Voltaica.

Lo que muestra la figura 1.8 es una celda o vaso que cuando se construye de determinada manera se obtienen unos 2.4 voltios, entonces para obtener una batería de 6 voltios (aproximadamente) se necesitaran 3 vasos, y para una de 12 Voltios (aproximadamente) se necesitaran 6 celdas o vasos.

La forma de conectarlos es en serie, es decir un positivo conectado con un negativo, la figura 1.9 muestra el interior de una batería, de las comunes, donde puede apreciarse la conexión entre las distintas celdas electroquímicas. Sin embargo este proceso termina, ya que en algún momento toda la energía química almacenada en la batería se agota, sin embargo este proceso es reversible, es decir, si de alguna forma le hacemos circular corriente a la batería pero en sentido inverso al anterior reconvertiremos energía eléctrica en energía química, este es el proceso de carga de la batería.

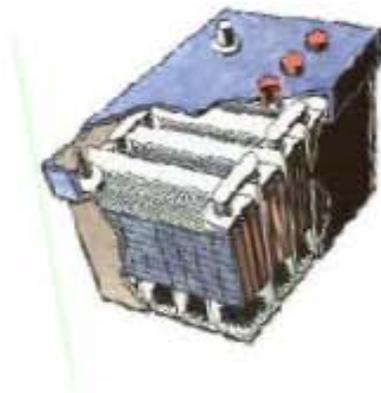


Figura 1.9 Vista batería por dentro.

1.6.1 Reducción-oxidación

Se denomina reacción de reducción-oxidación, óxido-reducción, o simplemente reacción redox, a toda reacción química en la cual existe una transferencia electrónica entre los reactivos, dando lugar a un cambio en los estados de oxidación de los mismos con respecto a los productos.

Para que exista una reacción redox, en el sistema debe haber un elemento que ceda electrones y otro que los acepte:

- El agente reductor es aquel elemento químico que suministra electrones de su estructura química al medio, aumentando su estado de oxidación, es decir, siendo oxidado.
- El agente oxidante es el elemento químico que tiende a captar esos electrones, quedando con un estado de oxidación inferior al que tenía, es decir, siendo reducido.

Cuando un elemento químico reductor cede electrones al medio se convierte en un elemento oxidado, y la relación que guarda con su precursor queda establecida mediante lo que se llama un par redox. Análogamente, se dice que cuando un elemento químico capta electrones del medio se convierte en un elemento reducido, e igualmente forma un par redox con su precursor oxidado.

1.6.2 Tipos de celdas electroquímicas.

Hay dos tipos fundamentales de celdas y en ambas tiene lugar una reacción redox, y la conversión o transformación de un tipo de energía en otra:

- La celda voltaica transforma una reacción química espontánea en una corriente eléctrica, como las pilas y baterías. También reciben los nombres de celda galvánica, pila galvánica o pila voltaica.
- La celda electrolítica transforma una corriente eléctrica en una reacción química de oxidación-reducción que no tiene lugar de modo espontáneo. En muchas de estas reacciones se descompone una sustancia química por lo que dicho proceso recibe el nombre de electrolisis. También reciben los nombres de celda electrolítica o cuba electrolítica. A diferencia de la celda voltaica, en la célula electrolítica, los dos electrodos no necesitan estar separados, por lo que hay un sólo recipiente en el que tienen lugar las dos semirreacciones.

Con todo esto tenemos en la tabla 1.4

Tabla 1.4 Diferencia baterías

Conversión irreversible	Conversión reversible
Energía Química a Eléctrica	Energía Química a Eléctrica y viceversa
Batería primaria o pilas	Batería secundaria o recargables

1.6.3 Tipos de baterías

Las baterías vienen en diferentes tamaños, tipos, amperajes/hora, tensiones y composiciones. Hay casi tantas descripciones de cómo se deben cargar las baterías exactamente como gente deseando ofrecer explicaciones. Es imposible discutir aquí todos los aspectos detalladamente. Sin embargo, aquí hay unas pautas básicas que le ayudarán a seleccionar la batería y asegurarse de que las baterías que utiliza tienen un mantenimiento mejor que la mayoría. La fuente que mejor le puede informar sobre los parámetros más adecuados para el convertidor es el fabricante o proveedor de la batería.

- I. **Baterías para automóviles:** Las baterías para automóviles y camiones están diseñadas para una alta potencia de arranque (muchísima corriente por muy poco tiempo), pero no para ciclos profundos. No las utilice en su UPS, a menos que no disponga de otro tipo de batería. Simplemente no durarán mucho en una aplicación de ciclos. El problema es que una vez descargada profundamente.
- II. **Baterías sin mantenimiento:** Este tipo de baterías se vende normalmente como batería marítima o RV, pero no suele ser adecuada para los sistemas UPS. Esta batería normalmente tiene una reserva adicional de electrolito líquido en cada célula para minimizar la necesidad de añadir electrolito. No es igual que una batería sellada.
- III. **Baterías de ciclo profundo:** Este es el mejor tipo de baterías para los sistemas de UPS, también se las conoce como estacionarias (entregan poca corriente durante mucho tiempo). Están diseñadas para tiempo (horas), generalmente es un parámetro medido en una fracción de 20

horas. Entonces, una batería. de 50AH indica que entrega 2,5 Ampere durante 20 horas.

- Corriente de carga máxima - Es la máxima corriente que puede circular a la batería en sentido inverso, es decir durante el proceso de carga, generalmente es el 10% del valor de capacidad de corriente a 1 hora, con el ejemplo anterior sería de 5 Ampere. Hay baterías que admiten hasta el 50% de su capacidad y algunos cargadores de baterías inteligentes cambian la corriente en función de la etapa de carga, al principio -cuándo la baterías esta descargada- lo hacen al máximo y luego lo van bajando hasta llegar al 10%.
- Corriente de mantenimiento o pérdida - Una vez cargada la batería esta sufre un proceso de autodescarga, a esa autodescarga se la llama corriente de perdida, es un fenómeno químico y aunque la batería no tenga conectada ninguna carga eléctrica se produce igualmente. Si la batería tiene conectada un circuito eléctrico externo y aunque este no consume nada, también se producirá la autodescarga. Los buenos cargadores de batería compensan esta autodescarga. Esta corriente de autodescarga es la responsable utilizar la mayoría de su capacidad antes de ser recargadas. Están disponibles en varios tamaños y tipos. Las más comunes son las baterías de electrolito líquido no selladas. Las baterías no selladas tienen cubiertas. Se debe revisar periódicamente para comprobar el nivel de electrolito. Cuando una célula esté baja, se deberá añadir agua destilada tras haber recargado la batería completamente. Si el nivel es extremadamente bajo, añada sólo la suficiente agua destilada como para cubrir las placas antes de recargar la batería. El volumen de electrolito aumenta durante el proceso de carga y la batería se desbordará si se llena del todo antes de recargarla. Sólo se deberá utilizar agua destilada, ya que cualquier impureza reducirá el rendimiento y la vida de la batería.

- IV. **Baterías selladas:** Otro tipo de baterías son las de células de gel selladas o electrolito absorbido. Éstas no utilizan tapas. El electrolito se encuentra en forma de gel en vez de líquido o está absorbido en un contenedor esponjoso, lo que permite montar la batería en cualquier posición. Las ventajas son que no necesita mantenimiento, tienen una larga vida (800 ciclos) y una baja auto descarga.

La figura 1.10 muestra el corte de una batería del tipo plomo-ácido con válvula reguladora (VRLA) y tecnología de recombinación de gases que evita la adición de agua periódica (mantenimiento) y la necesidad de someterlas a procesos de ecualización, indispensables en otros tipos de baterías. Entre las características más sobresalientes de estas baterías, podemos destacar..... Recargables: 250 a 1200 ciclos según profundidad de descarga. Larga vida útil: Cinco años en condiciones normales. Electrolito inmovilizado: No requiere mantenimiento. Rejillas de Plomo-Calcio: Maximiza la vida útil y operación. Versátiles: Se pueden utilizar en cualquier posición. Confiables: Permiten descargas rápidas y profundas (High Rate). Robustas: Se recuperan de descargas profundas.

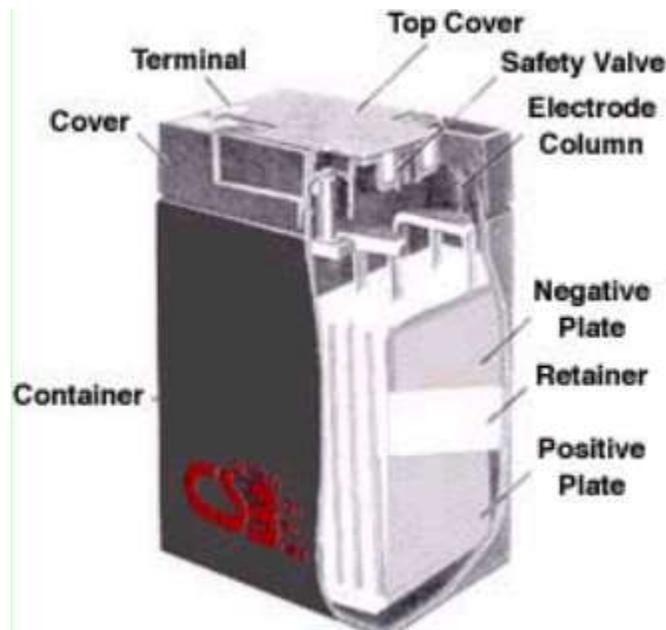


Figura 1.10 Corte de batería sellada

- V. Baterías de Níquel-Cadmio y Níquel-Hierro:** Algunas UPS usan baterías de Níquel-Cadmio (NiCad) y Níquel-Hierro (NiFe), que se deben cargar a un voltaje más alto para alcanzar la carga completa. Para permitir el uso del convertidor con baterías de NiCd, en algunos convertidores simplemente hay que ajustar la tensión de carga 2 voltios más y en otros convertidores es necesario cortar una resistencia limitadora que permite aumentar estos dos voltios. La variable fundamental es la vida útil, suelen llegar a 10 o 15 años y no tienen mantenimiento, solo es necesario efectuarle revisiones periódicas. Los parámetros del Voltaje de Flotación para las baterías de NiCd/NiFe también deberán fijarse según las recomendaciones del fabricante de la batería. Acuérdesse de sumar 2 voltios a la escala que se muestra cuando realice el ajuste.
- VI. Bancos de baterías en UPS:** Como conformar un banco de baterías para una UPS, habitualmente es necesario combinar distintas cantidades de estas. Solo en los equipos más pequeños alcanza con solo unas baterías. En los equipos grandes se utilizan combinaciones serie paralelos de distintas baterías, de hecho son todas baterías iguales, de la misma capacidad y preferentemente fabricadas juntas, sino se presentan innumerables inconvenientes que detallaremos. La figura 1.11 muestra la forma de conectar diferentes cantidades de baterías. Se concluye que al colocar en paralelo baterías iguales, de igual voltaje y de igual capacidad de multiplica la capacidad tantas veces como baterías se coloquen en paralelo y el voltaje del conjunto queda constante. Y que al conectarlas en serie, se multiplica el voltaje tantas veces como baterías se conecten en serie, quedando la capacidad constante. La configuración serie/paralelo es una combinación de ambas conclusiones. Si las baterías que se conectan en cualquiera de estas configuraciones no son iguales hay problemas serios y la calidad del banco será la de la batería que se encuentra peor, desmejorando el comportamiento del resto, por este motivo no se deben mezclar baterías de distintas calidades, marcas, modelos, fechas de producción, características y tipos. También es importante cuidar algunos

detalles constructivos de estos bancos por ejemplo con los cables, los cables que conecten a las baterías entre ellas para crear un banco de baterías deben de ser cables gruesos. Generalmente el cable no debe ser más pequeño que el cable principal que vaya al inversor. Si el cable principal es 4 mm², las conexiones entre las baterías deben de ser también de 4 mm², todos deben tener la misma longitud, los internos y los externos, los mismos terminales y el mismo método de sujeción de los terminales al borne de la batería.

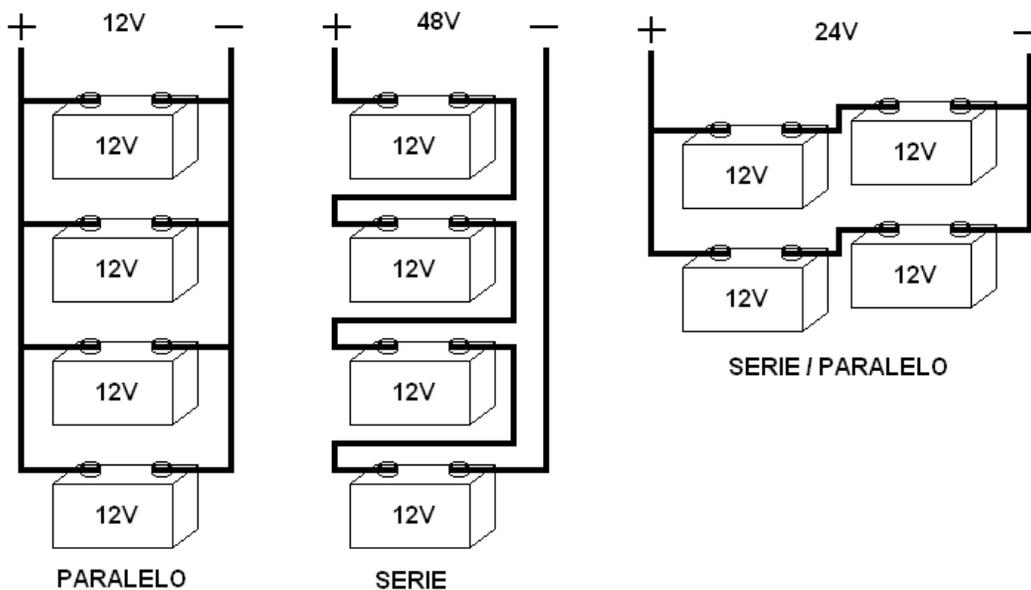


Figura 1.11 Conexión de baterías serie y paralelo.

1.6.4 Cuidados básicos de las baterías

La cuestión comienza con la instalación del banco, además de los cuidados a la hora de conformarlo -detallados antes- hay que considerar también el lugar donde se lo ubica, preferentemente a cubierto de inclemencias climáticas, que no someta a las baterías a temperaturas extremas, recordar que el frío le quita rendimiento y el calor le quita vida útil, y si la batería intercambia gases con el exterior, es necesario proveer al lugar de instalación la correcta ventilación y el correcto tratamiento de los gases emanados, recordar que si el banco es grande el gaseo

puede ser importante, lo cual lo convierte en nocivo y peligroso para las personas y los bienes, ya que se producirá en las inmediaciones del banco una importante corrosión. Debe cuidarse el acceso al lugar, ya que personal no calificado corre riesgo de muerte. Las baterías pueden producir corrientes extremadamente altas si son cortocircuitadas hay que ser muy cuidadoso cuando se trabaje con ellas. Las baterías deben estar situadas en un lugar accesible, sin que nada obstruya el acceso a sus terminales. Deben estar situadas lo más cerca posible a las UPS. No sitúe la baterías en el mismo lugar que el inversor en el caso de baterías no selladas (en baterías selladas estará bien).

1.6.5 Métodos básicos de pruebas

Todos los métodos se basan en la medida de resistencia, característica que revela la capacidad de la batería para suministrar corriente. La resistencia interna provee información útil para detectar problemas e indicar cuando una batería debe ser reemplazada. Sin embargo, la resistencia únicamente no posee una relación lineal con la capacidad de la batería. El incremento de resistencia interna solamente se relaciona con el envejecimiento y brinda algunas indicaciones de posibles fallos.

Por ejemplo cuando se realiza una medición de la resistencia interna de un mismo conjunto de celdas nuevas VRLA (Batería Regulada por Válvula.), es común notar una variación del 8 %. El proceso de fabricación y los materiales utilizados son solamente dos de las variables que contribuyen a dicha variación. En vez de basarse en una lectura absoluta de resistencia, los técnicos de servicio toman una instantánea de la resistencia de las celdas cuando se instala la batería y luego miden las pequeñas variaciones a medida que las celdas envejecen. Un aumento de resistencia del 25 % indica una caída de rendimiento de aproximadamente un 80 %. Los fabricantes de baterías aceptan las devoluciones en garantía si la resistencia interna aumenta un 50 %.

Ahora bien, ¿Qué es la resistencia interna e impedancia?, estos términos que se usan frecuentemente de forma incorrecta cuando se habla de la conductividad de una batería.

La resistencia es puramente resistiva y no tiene reactancia. No existe desfase entre tensión y corriente, es decir ambas van en fase. Un radiador es una carga resistiva pura de ese tipo. Funciona igualmente bien con corriente continua (DC) y con corriente alterna (AC).

La mayoría de las cargas eléctricas, incluyendo la batería, contienen una componente de reactancia. La parte reactiva de la carga varía con la frecuencia. Por ejemplo, la reactancia capacitiva disminuye a medida que la frecuencia aumenta. Un condensador es un circuito abierto para señales DC, es decir no puede pasar la corriente a través de él. Por el contrario una inductancia pura actúa en la dirección opuesta y su reactancia aumenta a medida que la frecuencia aumenta. Una bobina o inductancia pura es un cortocircuito para señales DC. Una batería combina la resistencia óhmica, así como la reactancia capacitiva e inductiva. El término impedancia engloba los tres tipos.

La batería puede verse como un conjunto de elementos eléctricos. La Figura 1.12 ilustra el modelo básico de Randles para baterías de plomo como un circuito equivalente con resistencias y condensadores (R_1 , R_2 y C). La reactancia inductiva normalmente se omite porque juega un rol imperceptible en una batería a bajas frecuencias.

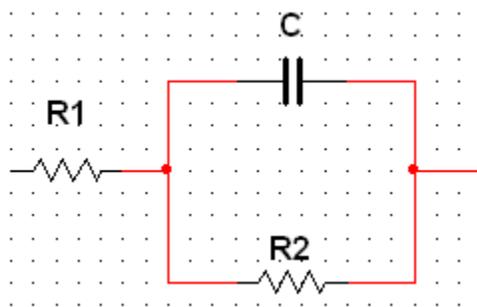


Figura 1.12 Modelo Randles de una batería de plomo.

La resistencia general de la batería consiste en resistencia óhmica pura, reactancia inductiva y capacitiva. Los valores de estos componentes son diferentes en cada batería probada.

1.6.6 Métodos de prueba rápida de baterías

Los distintos métodos de pruebas de baterías tienen factores favorables y sus limitaciones. Cada método provee una lectura de resistencia interna diferente cuando se mide en la misma batería. Ninguna de las lecturas es correcta o incorrecta. Por ejemplo, una celda puede llegar a tener lecturas de resistencia más altas con el método de carga DC que con una señal de 1000 Hertz AC. Esto indica simplemente que la batería funciona mejor con una carga AC que con una DC. Los fabricantes aceptan todas las variaciones en la medida que las lecturas sean tomadas con el mismo instrumento.

- a) **Método de carga DC:** La medición óhmica pura es uno de los métodos de prueba más viejos y más confiables. El instrumento aplica una carga que dura unos pocos segundos. La corriente de carga va desde 25 a 70 amperios, dependiendo del tamaño de la batería. La caída de tensión dividida por la corriente da el valor de resistencia (Ley de Ohm). Las lecturas son muy exactas y repetitivas. Los fabricantes dicen que las lecturas de resistencia se encuentran en el rango de los 10mW. Durante la prueba, la unidad se calienta y será necesario un enfriamiento entre mediciones.

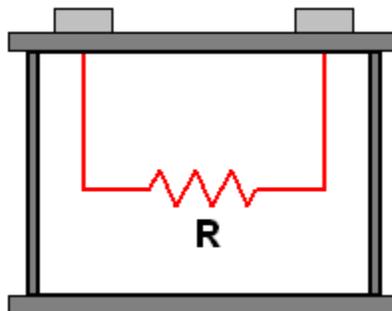


Figura. 1.13 Método de carga DC No se puede ver la verdadera integridad del modelo Randles. R1 y R2 aparecen como un único valor óhmico

La carga DC mezcla a $R1$ y $R2$ del modelo Randles en una única resistencia combinada e ignora el condensador. C es un componente muy importante de la batería y representa 1.5 faradios por cada 100 Ah de capacidad de celda.

- b) Método de conductancia AC:** En lugar de una carga DC, el instrumento inyecta en la batería una señal AC. Se elige una frecuencia entre 80 y 100 Hz para minimizar la reactancia. En esta frecuencia, la reactancia inductiva y capacitiva convergen, resultando en un retraso mínimo de tensión (compensándose sus efectos). Los fabricantes de equipos de conductancia AC dicen que las lecturas de resistencia de batería están en el rango de los 50mW. La conductancia AC se reactivó en 1992; los instrumentos son pequeños y no se calientan durante el uso.

La tecnología de frecuencia única ve a los componentes del modelo Randles como una impedancia compleja llamada el módulo Z . La mayoría de la contribución proviene de la conductancia de la primera resistencia.

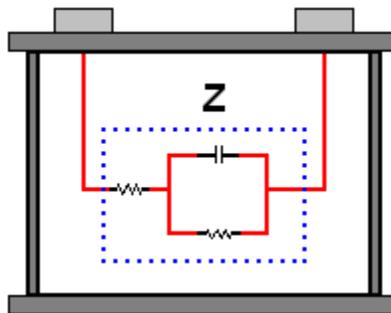


Figura. 1.14 Método de conductancia AC. No se pueden distinguir los componentes individuales del modelo de Randles y aparecen borrosos.

1.6.7 Fallas en las baterías

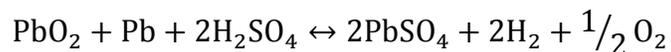
Para comprender porque fallan las baterías es necesario conocer un poco sobre su composición química. De acuerdo a esto, existen dos clases principales de baterías en uso hoy en día: Plomo-Ácido y Niquel Cadmio. Otras composiciones

químicas pueden encontrarse, tal como el litio, que prevalece en sistemas de baterías portátiles, pero no todavía en baterías de tipo fijas.

Volta fue quien invento la primera batería (no recargable) en 1800. Posteriormente, Planté invento la batería plomo-ácido en 1859. En 1881, Faure pegó las primeras placas de Plomo-Ácido. Con mejoras realizadas con el paso de las décadas, las baterías se han convertido en una fuente de poder de respaldo críticamente importante. Dentro de las mejoras y refinamientos desarrollados, se incluyen aleaciones mejoradas, diseños de rejillas, nuevos materiales para las cajas y las tapas y también mejoras de los sellos caja-tapa y de los terminales. Discutiblemente el desarrollo más revolucionario fue el de las baterías reguladas por válvula. Estas u otras muchas mejoras similares en la composición química de las baterías de níquel-cadmio han sido desarrolladas al paso de los años.

Descripción general de las baterías Plomo-Ácido

La reacción química básica en baterías Plomo-Ácido en un electrolito de ácido sulfúrico, donde el sulfato del ácido es parte de la reacción, es:



El ácido se agota en la descarga y se regenera en la recarga. Se forma hidrógeno y oxígeno durante las descargas y carga flotante (debido a que la carga flotante está neutralizando la auto-descarga).

Tipos de Fallas

- Corrosión de la rejilla o terminal positivo.
- Formación de sedimento (desprendimiento)
- Corrosión de cables de salida superior.
- Sulfatación de placas
- Sedimentación (trozos de placa)

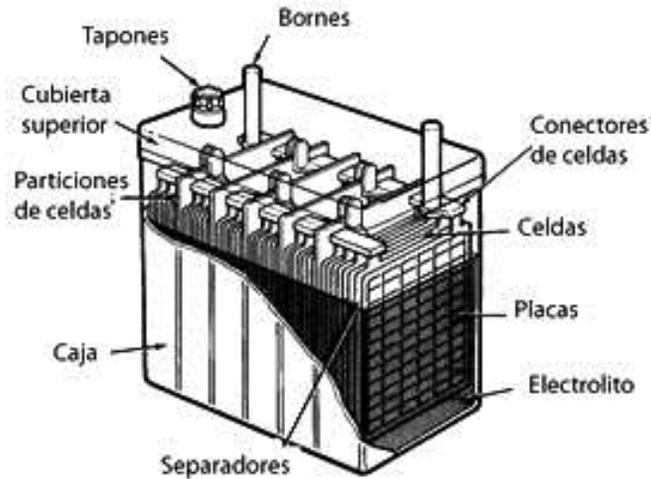


Figura 1.15 Partes de la batería.

Cada batería tiene varios tipos de fallas, algunos de las cuales son más frecuentes que otros. En baterías Plomo-Ácido sumergidas, los tipos de falla comunes son los mencionados anteriormente. Algunos de estos se manifiestan por sí mismos con eventos tales como la formación de sedimentos, debido a un excesivo número de ciclos de operación repetitivos. Otros ocurren naturalmente tales como el crecimiento de la rejilla positiva (oxidación). Sólo es cuestión de tiempo antes de que falle una batería. El mantenimiento y las condiciones ambientales pueden incrementar o disminuir el riesgo de falla prematura de la batería.

La falla más frecuente en las baterías de Plomo-Ácido sumergidas, es la corrosión de la rejilla o terminal positivo. Estas rejillas son aleaciones de plomo (plomo-calcio, plomo-antimonio, plomo-antimonio-selenio), que se convierten a óxido de plomo con el tiempo. Puesto que el óxido de plomo es un cristal más grande que la aleación de metal plomo, la placa crece. La tasa de crecimiento ha sido bien caracterizada y se toma en cuenta cuando se diseñan las baterías. En muchas hojas de datos de baterías, existe una especificación para holgura o espacio disponible en el fondo de la caja que permita el crecimiento de la placa de acuerdo con su vida útil nominal, por ejemplo durante 20 años.

Al final de la vida útil diseñada, las placas habrán crecido lo suficiente para expulsar la parte superior fuera de la batería. Pero, un excesivo número de ciclos de operación, temperatura y sobrecarga, pueden además incrementar la velocidad de corrosión de la rejilla positiva. La impedancia de la batería se incrementará con el tiempo y correspondientemente el incremento de la resistencia eléctrica de las rejillas para transportar la corriente.

La formación de sedimentos (desprendimientos) es una función del número de ciclos de operación que soporta la batería. Esto se ve más a menudo en baterías de UPS pero se puede ver también en otras. Al desprenderse trozos del material activo de las placas, estos se convierten en sulfato de plomo de color blanco. La formación de sedimentos es la segunda razón por la cual los fabricantes de baterías dejan un espacio en el fondo de las cajas, para permitir la acumulación de una cierta cantidad de sedimento antes de que estos puedan formar un corto a través de la base de las placas, haciendo por tanto inservible a la batería. Como consecuencia, la tensión flotante caerá y la magnitud de la caída de tensión dependerá de la magnitud del corto. El desprendimiento y formación de sedimentos en cantidades razonables, es un proceso normal de este tipo de baterías.

Algunos diseños de baterías incluyen placas eventuales en forma tal que el sedimento se sostiene contra la placa y no se permite que caiga al fondo. Por lo tanto, el sedimento no se forma en baterías con diseños de placas envueltas. La aplicación más común de placas envueltas es en baterías para los UPS.

La corrosión de los cables de salida superiores, que es la conexión entre las placas y los terminales, es una falla difícil de detectar aún con una inspección visual, puesto que ocurre cerca de la parte superior de la batería que está cubierta por la tapa. La batería fallará seguramente debido a la alta corriente de consumo que se produce cuando se desconecta la alimentación principal de AC. El calor desarrollado durante la descarga probablemente fundirá la rajadura abierta y

entonces sacará de línea todo el banco de baterías, resultando en una falla catastrófica.

La sulfatación de placa es uno de los tipos de falla más fácil de encontrar por medio de la impedancia. Una inspección visual completa puede encontrar algunas veces indicios de sulfatación de placa. La sulfatación es el proceso de convertir material activo de placa en sulfato de plomo, blanco e inactivo. Puesto que la impedancia encuentra muy bien fallas de rutas eléctricas, la sulfatación es uno de los problemas de ruta eléctrica que se encuentran fácilmente.

Finalmente, la sulfatación se debe a los ajustes bajos de tensión del cargador o recarga incompleta después de un apagón. Los sulfatos se forman cuando la tensión no se ajusta lo suficientemente alta.

1.6.8 Tipos de falla en baterías Plomo-Ácido

- Secado (pérdida de compresión)
- Sulfatación de placa
- Corto-circuitos suaves y severos
- Fuga en terminales
- Embalamiento térmico
- Corrosión de placa positiva

El secado es un fenómeno que ocurre debido a un excesivo calor (falta de ventilación apropiada); sobrecarga, que puede causar elevadas temperaturas internas, altas temperaturas en ambientes cerrados, etc. A elevadas temperaturas internas, las celdas selladas ventilarán a través del PRV. Cuando se ha ventilado suficientemente el electrolito, la lámina de fibra de vidrio ya no está más en contacto con las placas, incrementando así la impedancia interna y reduciendo la capacidad de la batería. En algunos casos, el PRV se puede sacar y agregar agua destilada (pero solamente en el escenario del peor de los casos y por parte de una

empresa de servicio autorizada puesto que sacar el PRV puede anular la garantía).

Este tipo de falla es detectado fácilmente midiendo la impedancia de las baterías y es también uno de los tipos de falla más comunes de las baterías VRLA.

Los corto-circuitos suaves (dendritas) y severos se presentan por diversas razones. Los severos son provocados típicamente por trozos de pasta empujando a través de la lámina y puenteando hacia la placa adyacente (polaridad opuesta). Los cortos suaves en cambio, son provocados por las descargas profundas. Cuando la gravedad específica del ácido cae demasiado bajo, el plomo se disolverá en él. Puesto que el líquido (y el plomo disuelto) están inmovilizados por la lámina de fibra de vidrio, cuando se recarga la batería, el plomo sale de la solución formando roscas de metal delgado de plomo, conocidas como dendritas dentro de la lámina. En algunos casos, las dendritas del plomo puntean a través de la lámina a la otra placa.

La tensión de flotación puede caer ligeramente pero la medición de la impedancia puede encontrar fácilmente este tipo de falla que se manifiesta como una disminución de la impedancia, al contrario del incremento típico del secado. El embalamiento térmico ocurre cuando los componentes internos de una batería se funden en una reacción autosostenida. Normalmente este fenómeno se puede predecir con anticipación de cuatro meses o en corto tiempo como dos semanas.

La impedancia se incrementará antes del embalamiento térmico según lo hace la corriente de flotación. El embalamiento térmico es relativamente fácil de evitar, simplemente usando cargadores compensados por temperatura y ventilando apropiadamente el cuarto/gabinete de baterías. Los cargadores compensados por temperatura reducen la corriente de carga según se incrementa la temperatura. Aun cuando el embalamiento térmico pueda evitarse con cargadores compensados por temperatura, la causa fundamental todavía está presente.

1.7 Cargador de Batería

Un cargador de baterías es el dispositivo utilizado para suministrar la corriente eléctrica o tensión eléctrica que almacenará una o varias pilas recargables o una batería. La carga de corriente depende de la tecnología y de la capacidad de la batería a cargar. Por ejemplo, la tensión que debería suministrarse para una recarga de una batería de auto de 12V deberá ser muy diferente a la de una batería de celular.

La gestión de carga de las baterías implica la medición del estado de carga y el mantenimiento de la misma en las mejores condiciones. Se debe controlar la cantidad de energía mediante el cálculo de las corrientes de carga y descarga.

1.7.1 Tipos de cargadores de baterías.

- a) Sencillo. Un cargador sencillo trabaja haciendo pasar una corriente continua o tensión, entre otras, por ejemplo para la tecnología de plomo- constante por la batería que va a ser cargada. El cargador sencillo no modifica su corriente de salida basándose en el tiempo de carga de la batería. Esta sencillez facilita que sea un cargador barato, pero también de baja calidad. Este cargador suele tardar bastante en cargar una batería para evitar daños por sobrecarga. Incluso así, una batería que se mantenga mucho tiempo en un cargador sencillo pierde capacidad de carga y puede llegar a quedar inutilizable.
- b) Mantenimiento, Un cargador de mantenimiento es un tipo de cargador sencillo que carga la batería muy despacio, a la velocidad de autodescarga; es el tipo de cargador más lento. Una batería puede dejarse en un cargador de este tipo por tiempo indefinido, manteniéndose cargada por completo sin riesgo de sobrecarga o calentamiento. Está indicado para el mantenimiento de la fuente de energía de sistemas desatendidos, como sistemas de alarma o de iluminación de emergencia.

- c)** Con temporizador, La corriente de salida de un cargador de este tipo se corta tras un tiempo predeterminado. Estos cargadores fueron los más comunes para baterías Ni-Cd de alta capacidad a finales de la década de 1990. Es frecuente encontrar a la venta este tipo de cargadores junto a un paquete de pilas. El tiempo de carga viene configurado para ellas. Si se utilizan en ellas otras pilas de menor capacidad, podrían sufrir una sobrecarga. De otro lado, si se cargan pilas de mayor capacidad que las originales solo quedarán cargadas parcialmente. Los avances en este tipo de tecnología incrementan la capacidad de las pilas cada ciclo, por lo que un cargador antiguo puede que solo cargue parcialmente las pilas actuales. Los cargadores basados en un temporizador tienen también el inconveniente de provocar sobrecargas en pilas que, aun siendo las adecuadas, no están totalmente descargadas cuando se ponen a cargar.
- d)** Inteligente, La corriente de salida depende del estado de la batería. Este cargador controla el voltaje de la batería, su temperatura y el tiempo que lleva cargándose, proporcionando una corriente de carga adecuada en cada momento. El proceso de carga finaliza cuando se obtiene la relación adecuada entre voltaje, temperatura y/o tiempo de carga. Un cargador inteligente típico carga la batería hasta un 85% de su capacidad máxima en menos de una hora, entonces cambia a carga de mantenimiento, lo que requiere varias horas hasta conseguir la carga completa.
- e)** Rápido, Un cargador rápido puede usar el circuito de control de la propia batería para conseguir una carga rápida de ésta sin dañar los elementos de sus pilas. Muchos de estos cargadores disponen de un ventilador para mantener la temperatura controlada. Suelen actuar como un cargador normal (carga en una noche) si se usan con pilas normales de NiMH, que no tienen un circuito de control. Algunos, como los fabricados por Energizer, pueden realizar una carga rápida de cualquier batería NiMH aunque ésta no disponga del circuito de control.
- f)** Por pulsos, Algunos cargadores usan tecnología de carga por pulsos en la cual se aplica un tren de pulsos de corriente continua a la batería, cuyo

tiempo de subida, anchura, frecuencia y amplitud son controlados con gran precisión. Se suele decir que esta tecnología funciona con baterías de cualquier tamaño, voltaje, capacidad o composición química, incluyendo baterías automovilísticas reguladas por válvulas. Empleando la carga por pulsos se pueden aplicar picos de alto voltaje sin sobrecalentar la batería. En una batería de plomo-ácido, esto descompone los cristales de sulfato de plomo, extendiendo la vida útil de la batería. Varios tipos de cargadores por pulsos están patentados mientras que otros tienen licencia libre. Algunos cargadores utilizan pulsos para comprobar el estado de la batería nada más conectar el cargador, luego continúan cargando a corriente constante durante el periodo de carga rápida y finalmente vuelven a utilizar la carga por pulsos cada cierto tiempo para mantener la carga.

- g)** Inductivas, Los cargadores inductivos hacen uso de la inducción electromagnética para cargar las baterías. Una estación de carga envía energía electromagnética por acoplamiento inductivo a un aparato eléctrico, el cual almacena esta energía en las baterías. La carga se consigue sin que exista contacto físico entre el cargador y la batería. Es el sistema de carga más utilizado en cepillos de dientes eléctricos; debido a que no existe contacto eléctrico no hay peligro de electrocución, cada inductancia está referida al campo magnético generado.

CAPÍTULO 2

DISEÑO GENERAL NORMAS Y REGLAMENTOS

El diseño de las instalaciones eléctricas se hace dentro de un marco legal. Un proyecto de ingeniería es una respuesta técnica y económicamente adecuada, que respeta las normas y códigos aplicables.

En México la Norma Oficial Mexicana (NOM) y Normas técnicas para Instalaciones eléctricas (NTIE) editadas por la dirección General de Normas, Constituyen el marco legal ya mencionado.

La estructura de esta Norma Oficial Mexicana (en adelante NOM), responde a las necesidades técnicas que requiere la utilización de las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional; se cuida el uso de vocablos y se respetan los términos habituales, para evitar confusiones en los conceptos. Asimismo se han ordenado los textos procurando claridad de expresión y unidad de estilo para una más específica comprensión. Lo que hará más fácilmente atendible sus disposiciones.

2.1 Objetivo y campo aplicación

El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- Los choques eléctricos.
- Los efectos térmicos.
- Sobrecorrientes.
- Las corrientes de falla
- Sobretensiones.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta norma garantiza el uso de la energía eléctrica en forma segura; asimismo esta norma no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

I. Campo de aplicación Esta NOM cubre a las instalaciones destinadas para la utilización de la energía eléctrica en:

- a) Propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda, institucionales, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de tensiones eléctricas de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.
- b) Casas móviles, vehículos de recreo, construcciones flotantes, ferias, circos y exposiciones, estacionamientos, talleres de servicio automotor, estaciones de servicio, lugares de reunión, teatros, salas y estudios de cinematografía, hangares de aviación, clínicas y hospitales, construcciones agrícolas, marinas y muelles, entre otros.
- c) Sistemas de emergencia o reserva propiedad de los usuarios.
- d) Subestaciones, líneas aéreas de energía eléctrica y de comunicaciones e instalaciones subterráneas.
- e) Centrales eléctricas para Cogeneración o Autoabastecimiento.
- f) Cualesquiera otras instalaciones que tengan por finalidad el uso de la energía eléctrica.

II. Esta NOM cubre:

- a) Circuitos alimentados con una tensión nominal hasta 600 V de corriente alterna o 1 500 V de corriente continua, y algunas aplicaciones especificadas arriba de 600 V de corriente alterna o 1 500 V de corriente continua.

Para corriente alterna, la frecuencia tomada en cuenta en esta norma es 60 Hz. Sin embargo no se excluye el uso de otras frecuencias para aplicaciones especiales.

- b)** Circuitos, que no sean los circuitos internos de aparatos, operando a una tensión superior a 600 V y que se derivan de una instalación con una tensión que no exceda de 600 V c.a., por ejemplo: los circuitos de lámparas a descarga, precipitadores electrostáticos.
 - c)** Todas las instalaciones del usuario situadas fuera de edificios;
 - d)** Alambrado fijo para telecomunicaciones, señalización, control y similares (excluyendo el alambrado interno de aparatos).
 - e)** Las ampliaciones o modificaciones a las instalaciones, así como a las partes de instalaciones existentes afectadas por estas ampliaciones o modificaciones.
- III. Los equipos eléctricos sólo están considerados respecto a su selección y aplicación para la instalación correspondiente. Esta NOM no se aplica en:
- a)** Instalaciones eléctricas en barcos y embarcaciones.
 - b)** Instalaciones eléctricas para unidades de transporte público eléctrico, aeronaves o vehículos automotores.
 - c)** Instalaciones eléctricas del sistema de transporte público eléctrico en lo relativo a la generación, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica utilizada exclusivamente para la operación del equipo rodante o de señalización y comunicación.
 - d)** Instalaciones eléctricas en áreas subterráneas de minas, así como en la maquinaria móvil autopropulsada de minería superficial y el cable de alimentación de dicha maquinaria.
 - e)** Instalaciones de equipo de comunicaciones que esté bajo el control exclusivo de empresas de servicio público de comunicaciones donde se localice.

2.2 Selección del equipo eléctrico

Todo equipo eléctrico utilizado en las instalaciones eléctricas debe cumplir con lo establecido en la Sección 110-2 de esta NOM.

2.2.1 Características

Cada equipo eléctrico seleccionado debe corresponder a las condiciones y características previstas para la instalación eléctrica; éstas deben en particular cumplir con los requisitos siguientes, cumpliendo con la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002.

- a) **Tensión:** Los equipos eléctricos deben ser adecuados para el valor máximo de la tensión al cual van a operar (valor eficaz en corriente alterna), así como también a las sobretensiones que pudieran ocurrir. Para ciertos equipos puede ser necesario tomar en cuenta la tensión eléctrica más baja que pudiera presentarse.
- b) **Corriente eléctrica:** Todos los equipos eléctricos deben seleccionarse considerando el valor máximo de la intensidad de corriente (valor eficaz en corriente alterna), que conducen en servicio normal, y considerando la corriente que pueda conducir en condiciones anormales, y el periodo (por ejemplo, tiempo de operación de los dispositivos de protección, si existen) durante el cual puede esperarse que fluya esta corriente.
- c) **Frecuencia:** Si la frecuencia tiene una influencia sobre las características de los equipos eléctricos, la frecuencia nominal de los equipos debe corresponder a la frecuencia susceptible de producirse en el circuito.
- d) **Potencia:** Todos los equipos eléctricos, seleccionados sobre la base de sus características de potencia, deben adecuarse para el servicio requerido del equipo, tomando en cuenta el factor de carga y las condiciones normales de servicio.

2.2.2 Condiciones de instalación

Todos los equipos eléctricos deben seleccionarse para poder soportar con

seguridad los esfuerzos y las condiciones ambientales característicos del lugar en donde se van a instalar, y a las que puedan someterse.

Existen otras normas que no son obligatorias que pueden servir de apoyo en aspectos no cubiertos por la NTIE son:

- a) National Electrical Code (NEC) (Código Nacional Eléctrico de EE.UU.) puede ser muy útil en algunas aplicaciones.
- b) El LPC (Código de protecciones contra descargas eléctricas de EE. UU.) Es un capítulo de la National Fire Protection Association (NFPA). Los proyectista mexicanos apoyan mucho este código debido que las NTIE tratan el tema con poca profundidad.

2.2.3 Conductores eléctricos y aisladores.

Se aplica este concepto a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad.

Un conductor eléctrico está formado propiamente de cobre. Este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí. Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio. Aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas.

El uso de uno y otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo.

Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos.

El tipo de cobre que se utiliza en la fabricación de conductores es el cobre electrolítico de alta pureza, 99,99%. Dependiendo del uso que se le vaya a dar, este tipo de cobre se presenta en los siguientes grados de dureza o temple: duro, semiduro y blando o recocido.

- I. Tipos de cobre para conductores eléctricos,
 - a) **Cobre de temple duro:** Conductividad del 97% respecto a la del cobre puro. Por esta razón se utiliza en la fabricación de conductores desnudos, para líneas aéreas de transporte de energía eléctrica, donde se exige una buena resistencia mecánica.
 - b) **Cobre recocido o de temple blando:** Conductividad del 100%. Como es dúctil y flexible se utiliza en la fabricación de conductores aislados. El conductor está identificado en cuanto a su tamaño por un calibre, que puede ser milimétrico y expresarse en mm^2 o americano y expresarse en AWG o MCM con una equivalencia en mm^2 .
- II. Partes que componen los conductores eléctricos Estas son tres muy diferenciadas:
 - a) El alma o elemento conductor.
 - b) El aislamiento.
 - c) Las cubiertas protectoras.
- III. El alma o elemento conductor Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.). De la forma cómo esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos. Así tenemos:
- IV. Según su constitución
 - a) **Alambre:** Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor. Se emplea en líneas aéreas,

como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.

- b) Cable:** Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

V. Según el número de conductores

- a) Monoconductor:** Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con el aislamiento y con o sin cubierta protectora.
- b) Multiconductor:** Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa del aislamiento y con una o más cubiertas protectoras comunes.

VI. El aislamiento El objetivo del aislamiento en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, el aislamiento debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel. Posteriormente la tecnología los cambió por aislantes artificiales actuales de uso común en la fabricación de conductores eléctricos.

Los diferentes tipos de aislamiento de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para el aislamiento de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neopreno y el nylon.

Si el diseño del conductor no consulta otro tipo de protección se le denomina aislamiento integral, porque el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a la vez.

Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre el aislamiento, esta última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta.

- VII. Las cubiertas protectoras El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad del aislamiento y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.

Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina «armadura» La «armadura» puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados.

Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina «pantalla» o «blindaje».

- VIII. Alma conductora Aislante Cubierta protectora Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a su aislación o número de hebras.

La parte más importante de un sistema de alimentación eléctrica está constituida por conductores.

Al proyectar un sistema, ya sea de poder; de control o de información, deben respetarse ciertos parámetros imprescindibles para la especificación de la cablería.

Voltaje del sistema, tipo (CC o CA), fases y neutro, sistema de potencia, punto central aterramiento.

- a) Corriente o potencia a suministrar.
- b) Temperatura de servicio, temperatura ambiente y resistividad térmica de alrededores.
- c) Tipo de instalación, dimensiones (profundidad, radios de curvatura, distancia entre vanos, etc.).
- d) Sobrecargas o cargas intermitentes.
- e) Tipo de aislamiento.

f) Cubierta protectora.

Todos estos parámetros están íntimamente ligados al tipo de aislamiento y a las diferencias constructivas de los conductores eléctricos, lo que permite determinar de acuerdo a estos antecedentes la clase de uso que se les dará. De acuerdo a éstos, podemos clasificar los conductores eléctricos según su aislamiento, construcción y número de hebras en monoconductores y multiconductores. Tomando en cuenta su tipo, uso, medio ambiente y consumos que servirán, los conductores eléctricos se clasifican en la siguiente forma:

- IX. Conductores para distribución y poder: Uso en instalaciones de fuerza y alumbrado (aéreas, subterráneas e interiores).
- a) **Cables armados:** Uso en Instalaciones en minas subterráneas para piques y galerías (ductos, bandejas, aéreas y subterráneas).
 - b) **Cordones:** Uso para servicio liviano, alimentación a: radios, lámparas, aspiradoras, jugueras, alimentación a máquinas y equipos eléctricos industriales, aparatos electrodomésticos y calefactores (lavadoras, enceradoras, refrigeradores, estufas, planchas, cocinillas y hornos, etc.).
 - c) **Cables portátiles:** Uso en soldadoras eléctricas, locomotoras y máquinas de tracción de minas subterráneas. Grúas, palas y perforadoras de uso minero. Resistente a intemperie, agentes químicos, a la llama y grandes sollicitaciones mecánicas como arrastres, cortes e impactos.
 - d) **Cables submarinos:** Uso en zonas bajo agua o totalmente sumergidos, con protección mecánica que los hacen resistentes a corrientes y fondos marinos.
 - e) **Cables navales:** Uso diseñados para ser instalados en barcos en circuitos de poder, distribución y alumbrado.

Dentro de la gama de alambres y cables que se fabrican en el país, existen otros tipos, destinados a diferentes usos industriales, como los cables

telefónicos, los alambres magnéticos esmaltados para uso en la industria electrónica y en el embobinado de partidas y motores de tracción, los cables para conexiones automotrices a baterías y motores de arranque, los cables para parlantes y el alambre para timbres.

- X. Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a sus condiciones de empleo. Para tendidos eléctricos de alta y baja tensión, existen en nuestro país diversos tipos de conductores de cobre, desnudos y aislados, diseñados para responder a distintas necesidades de conducción y a las características del medio en que la instalación prestará sus servicios.

La selección de un conductor se hará considerando que debe asegurarse una suficiente capacidad de transporte de corriente, una adecuada capacidad de soportar corrientes de cortocircuito, una adecuada resistencia mecánica y un comportamiento apropiado a las condiciones ambientales en que operará.

- a) Conductores de cobre desnudos
 - b) Líneas aéreas de redes urbanas y suburbanas.
 - c) Tendedos aéreos de alta tensión a la intemperie.
 - d) Líneas aéreas de contacto para ferrocarriles y trolley-buses.
 - e) Alambres y cables de cobre con aislamiento Estos son utilizados en:
Líneas aéreas de distribución y poder, empalmes, etc.
- XI. Instalaciones interiores de fuerza motriz y alumbrado, ubicadas en ambientes de distinta naturaleza y con diferentes tipos de canalización.
- a) Tendedos aéreos en faenas mineras (tronadura, grúas, perforadoras, etc.).
 - b) Tendedos directamente bajo tierra, bandejas o ductos.
 - c) Minas subterráneas para piques y galerías.
 - d) Control y comando de circuitos eléctricos (subestaciones, industriales, etc.).
 - e) Tendedos eléctricos en zonas de hornos y altas temperaturas.

- f) Tendidos eléctricos bajo el agua (cable submarino) y en barcos (conductores navales).

2.2.4 Canalizaciones eléctricas

Las canalizaciones eléctricas son los elementos utilizados para conducir los conductores eléctricos entre las diferentes partes de la instalación eléctrica. Las instalaciones eléctricas persiguen proveer de resguardo, seguridad a los conductores a la vez de propiciar un camino adecuado por donde colocar los conductores.

- I. Canalización es un conducto cerrado diseñado para contener cables alambres buses-ductos, pueden ser metálicas o no metálicas. Aquí se incluyen los tipos de tuberías, ductos charolas, etc, que se utilizan para protegerlos del medio ambiente y esfuerzos mecánicos que pudieran tener haciéndola instalación más segura.
- II. *Tipos de tuberías.*
 - a) Tubo conduit de acero (metálico) Dependiendo de tipo usado se pueden instalar en exteriores o interiores, en áreas secas o Húmedas los hay de:
 - 1) Pared gruesa.
 - 2) Pared delgada.
 - 3) Tipo metálico flexible (greenfield).
 - b) Tubo conduit metálico rígido (pared gruesa) Este tipo de tubo conduit se suministra en tramos 3.05m de longitud en acero o aluminio y se encuentran disponibles en diámetros desde (1/2 plg), hasta (6 plg) cada extremo del tubo tiene una y uno de ellos tiene un cople. El tubo de acero normalmente es galvanizado.
 - c) Tubo metálico de pared delgada Estos son similares a los de pared gruesa pero tiene su pared interna mucho mas delgada, se pueden utilizar en instalaciones ocultas y visibles, embebido en concreto o embutido en mampostería, pero en lugares secos no expuestos a

humedad o ambientes corrosivos, estos tubos no tienen sus extremos roscados y tampoco usan los mismos conectores que los tubos metálicos rígidos de pared gruesa, de hecho usan sus propios conectores de tipo atornillado.

- d)** Tubo conduit- flexible de acero (metálico) El tubo conduit flexible de acero está fabricado a base de cintas galvanizadas y unidas entre sí a presión en forma helicoidal este es utilizado para la conexión de motores para evitar que las vibraciones se transmitan a las cajas de conexión y canalizaciones y cuando se hacen instalaciones en áreas donde se dificultan los dobleces.
- e)** Charolas para cables Las charolas o pasos de cable son conjuntos prefabricados en secciones rectas que se pueden unir para formar sistemas de canalizaciones en general se tienen disponibles tres tipos de charolas para cables.
- f)** Charolas de paso. Tienen un fondo continuo, ya sea ventilado o no ventilado y con anchos estándar de 15, 22, 30 y 60 cm., este tipo se usa cuando los conductores son pequeños y requieren de un transporte completo riel lateral conductores.
- g)** Charolas tipo escalera. Estas son de construcción muy sencilla consisten de dos rieles laterales unidos o conectados por barrotes individuales, por lo general se usan como soporte para los cables de potencia se fabrican en anchos estándar de 15, 22, 30, 45, 60 y 75 cm de materiales de acero y aluminio.
- h)** Charolas tipo canal. Estas están constituidas de una sección de canal ventilada se usan por lo general para soportar cables de potencia sencillos, múltiples o bien varios cables de control, se fabrican de acero o aluminio con anchos de 7.5 o 10 cm.
- i)** Canalizaciones superficiales. Las canalizaciones superficiales se fabrican en distintas formas en el tipo metálico y no metálico se usan generalmente en lugares secos no expuestos a la humedad y tienen conectores y herejes de distintos tipos para dar prácticamente

todas las formas deseables en las instalaciones eléctricas. Se pueden montar en pared, techo o piso según la necesidad.

2.2.5 Instalación eléctrica de motores

La instalación eléctrica para motores se debe de hacer siempre de acuerdo con las disposiciones de las normas técnicas para instalaciones eléctricas que se refieren no sólo a la instalación misma de los motores, sino, también a los requisitos que deben llenar los elementos que la conforman.

- I. Protección De Motores La explotación óptima de la capacidad de los motores se hace cada día más necesaria por su gran influencia en el concepto de rentabilidad de las instalaciones. Por otra parte, el mismo concepto exige que la instalación sólo se pare en aquellos casos absolutamente imprescindibles. Esto requiere necesariamente el empleo de un buen sistema de protección de motores.

Para que un buen motor funcione sin problemas es necesario satisfacer los tres puntos siguientes:

- a) Elección del motor según su utilización.
- b) Montaje correcto, mantenimiento regular y funcionamiento cuidadoso.
- c) Una buena protección que detecte los peligros, siempre que sea posible, desconecte el motor antes de la avería.

Cuando se produce un defecto en un motor no sólo hay que considerar el costo de la reparación del mismo, ya que muchas veces el costo de la parada de producción llega a ser más elevado que la reparación, como muy bien saben los responsables de producción y mantenimiento. De ahí la importancia de un buen sistema de protección que sólo actúe cuando haya un verdadero peligro, evitando las paradas innecesarias.

La experiencia nos demuestra la protección de motores continua siendo un problema, dado el número de averías que se producen cada año.

En este subtemas pretende dar información sobre las distintas posibilidades de protección existentes así como criterios orientativos sobre la elección más adecuada en cada caso.

- II. Problemas Actuales Sobre La Protección De Motores El resultado de un estudio hecho con más de 9.000 casos de defectos de motores en Inglaterra, Finlandia y Estados Unidos, indica que más de la mitad de los defectos producidos en los motores se deben a sobrecarga térmica, fallo de fase y humedad, aceite, polvo, etc.

Es importante destacar que estos defectos se han producido a pesar de la presencia de un sistema de protección normal, generalmente relés térmicos bimetalicos. Por otra parte, mientras que sólo el 25% de los casos de defectos corresponde a motores de potencia superior a los 40 kW, el costo de la reparación de los mismos supone casi el 80% del total, lo que demuestra claramente que una buena protección es tanto más necesaria cuanto mayor es la potencia del motor.

Los motores se dimensionan normalmente para una vida teórica del orden de 25.000 horas de servicio (aproximadamente 10 años) con el aislamiento sometido a una temperatura máxima admisible en permanencia (p.e. 120°C para clase B). Cuando se sobrepasa esta temperatura, la vida del motor se reduce según una regla generalmente aceptada, llamada regla de Montsinger¹.

Según esta regla, cuando a un motor se le hace trabajar en permanencia a 10°C por encima de su temperatura límite (p.e. 130°C para clase B), su vida se reduce aproximadamente a la mitad, de 25.000 horas a 10.000 horas, y si se le hace trabajar a 20°C más, su vida se reduce aproximadamente a la quinta parte, es decir, a unas 4.500 horas.

¹ **Regla De Montsinger**, conocida como la ley de los 10 °C, lo cual significa que, por cada diez grados que se supere la temperatura de diseño de la clase de aislamiento, éste se degrada un 50%, y viceversa http://www.tec.ac.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial_tecnologica/Revista_Tecnologia_Marcha/pdf/tecnologia_marcha_23-1/23-1%20p%2078-93.pdf

Esto equivale a decir que cuando se regula un relé térmico de forma incorrecta a una intensidad superior a la nominal del motor, es muy probable que éste trabaje por encima de su temperatura límite, lo que supone, como hemos visto, una reducción de la vida del mismo.

Los sistemas más usuales de protección de motores son:

- a) Relés Térmicos Bimetálicos** Los relés térmicos bimetálicos constituyen el sistema más simple y conocido de la protección térmica por control indirecto, es decir, por calentamiento del motor a través de su consumo.

En caso de sobrecarga, al cabo de un determinado tiempo definido por su curva característica, los bimetales accionan un mecanismo de disparo y provocan la apertura de un contacto, a través del cual se alimenta la bobina del contactor de maniobra. Este abre y desconecta el motor. Por otra parte, los relés térmicos tienen una curva de disparo fija y está prevista para motores con arranque normal, es decir, con tiempos de arranque del orden de 5 a 10 segundos. Así pues, el sistema de protección por relés térmicos bimetálicos es generalmente utilizado por ser, con mucho, el más simple y económico, pero no por ello se deben dejar de considerar sus limitaciones, entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- Curva de disparo fija, no apta para arranques difíciles.
- Ajuste impreciso de la intensidad del motor.
- Protección lenta o nula contra fallos de fase, dependiendo de la carga del motor.
- Ninguna señalización selectiva de la causa de disparo.
- imposibilidad de auto controlar la curva de disparo.

- b) Interruptor Automático De Motor** Los interruptores automáticos de motor utilizan el mismo principio de protección que los interruptores magneto térmicos. Son aparatos diseñados para ejercer hasta cuatro funciones:

- Protección contra sobrecargas.

- Protección contra cortocircuitos.
- Maniobras normales manuales de cierre y apertura.
- Señalización.

Este tipo de interruptores, en combinación con un contactor, constituye una solución excelente para la maniobra de motores, sin necesidad de fusibles de protección.

La protección magnética o disparador magnético de cortocircuito consiste en un electroimán por cuyo arrollamiento circula la corriente del motor y cuando esta alcanza un valor determinado se acciona bruscamente un núcleo percutor que libera la retención del mecanismo de disparo, obteniéndose la apertura de contactos en un tiempo inferior a 1 ms. La intensidad de funcionamiento del disparador magnético es de 11 a 18 veces la intensidad de reglaje, correspondiente a los valores máximo y mínimo del campo de reglaje. Otra característica interesante en este tipo de aparatos es la limitación de la corriente de cortocircuito por la propia resistencia interna del interruptor, correspondiente a los bimetales, disparadores magnéticos y contactos. Este efecto disminuye a medida que aumenta la intensidad nominal del aparato.

Estos interruptores, en su lateral izquierdo, disponen de un alojamiento para la colocación de un bloque de contactos auxiliares. Un contacto normalmente cerrado y otro normalmente abierto pueden servirnos para todas aquellas funciones de señalización que deseemos.

También es posible desconectar a distancia estos interruptores, ya que se dispone, en su lateral derecho, de alojamiento para colocar una bobina de disparo por emisión de tensión, o una bobina de disparo por mínima tensión.

Con todo lo dicho sobre los interruptores automáticos de motores KTA3–25, es posible llegar a la conclusión de que aunque estos interruptores no supongan el sistema ideal de protección, pueden sustituir ventajosamente a los grupos fusibles/relés térmicos utilizados para la protección de motores.

III. Protección Electrónica De Motores: El secreto de una buena protección está en simular lo más exactamente posible el comportamiento térmico del motor, lo que evidentemente no es nada fácil.

Son muchas las causas que afectan al buen funcionamiento de un motor y por lo tanto solamente un dispositivo electrónico es capaz de realizar los distintos reglajes y las distintas combinaciones necesarias para poder cubrir la casi totalidad de las posibles causas de avería que se pueden presentar en un motor. Seguidamente pasamos a describir dos modelos electrónicos para la protección de motores: el modelo CEF1 y el modelo CET3.

a) Relé Electrónico De Protección De Motor Cef1: Se trata de un aparato de fijación sobre rail omega en el que todos los elementos de mando y señalización se han dispuesto en la parte frontal del aparato.

El CEF1 realiza todas las funciones de simulación que le caracterizan mediante la señal extraída de tres transformadores de intensidad, incorporados en el propio aparato. De esta forma podemos decir que no hay una conexión directa del relé con el circuito de potencia que alimenta al motor.

El circuito electrónico del relé se alimenta con tensión alterna de 220V., lo cual quiere decir que en la gran mayoría de los casos obtendremos esta tensión entre una cualquiera de las fases de alimentación del motor y el neutro. Al igual que la mayoría de los relés electrónicos, la combinación de todas sus características y funciones se traduce finalmente en dos contactos, uno normalmente cerrado y otro normalmente abierto. Por lo general es el contacto normalmente cerrado el que se utilizará para desactivar la función memoria del contactor, en caso de detección de avería, y el normalmente abierto para la señalización.

Pasemos seguidamente a describir las distintas funciones que es capaz de realizar el relé CEF1.b Protección contra sobrecargas. La curva de variación por sobrecargas puede variarse a voluntad mediante conmutadores

deslizantes situados en la parte frontal del aparato. La selección de la curva se hace regulando el tiempo de disparo, para el que la intensidad resulta ser 6 veces la nominal entre 2 y 30 segundos, en escalones de 2 segundos. Disponer de una curva de disparo variable nos permitirá adaptarnos a la forma de arranque del motor, pues si se trata de un arranque rápido (p.e. en una bomba sumergida), elegiremos una curva rápida, y por el contrario si se trata de un arranque difícil (p.e. en centrifugadoras, molinos o grandes ventiladores), elegiremos una curva lenta.

- IV. Autocontrol de la curva de disparo: Mediante un pulsador situado en la parte frontal del aparato se puede realizar el Test “6xIn”, es decir, pulsando este botón simulamos las condiciones en las que la intensidad por el motor es seis veces la nominal, debiendo efectuarse el disparo en el tiempo prefijado.
- V. Señalización de sobrecarga: Cuando la intensidad del motor supera el 110% del valor ajustado para la intensidad nominal, existe un diodo luminoso (LED), que se ilumina de forma intermitente. Con ello se puede controlar la duración del arranque o ajustar la intensidad nominal a su justo valor.
- VI. Protección contra fallos de fase y asimetría: En el caso de fallo de fase o asimetría de las intensidades superiores al 25%, el relé CEF1 dispara en 1,5 segundos durante el arranque y en 3 segundos en marcha normal, independientemente de la carga del motor. El disparo queda señalizado mediante el LED correspondiente.
- VII. Protección térmica mediante sonda CTP: El CEF1 lleva incorporada la circuitería correspondiente al disparo por sondas térmicas. El disparo térmico, la ruptura o el cortocircuito de la sonda son señalizados mediante un LED.
- VIII. Pulsador reset: Después de un disparo del relé, este debe ser rearmado manualmente mediante un pulsador de “Reset” colocado en la parte frontal del aparato. Cuando el disparo se ha producido por sobrecarga, el rearme

tarda un tiempo en poder realizarse con el fin de dar tiempo a que se enfríe el motor.

- IX. Señalización del estado de funcionamiento: Un diodo luminoso, LED, de color verde, señala la presencia de alimentación y que el aparato está preparado para entrar en servicio. La conexión del relé es muy simple ya que se alimenta como hemos dicho anteriormente a 220V., los transformadores de intensidad incorporados obtienen la señal de mando del relé, y el contacto normalmente cerrado, 95–96, sirve para controlar la función memoria del contactor. El contacto normalmente abierto, 97–98, se utiliza como señalización.
- X. Criterios de Elección de un Sistema de Protección: Establecer unos criterios generales para la elección del sistema de protección más adecuado en cada caso no resulta fácil, entre otras razones porque la elección depende de la responsabilidad del funcionamiento del motor en el conjunto de la instalación.
- a) En primer lugar habrá que tener presente las características de los distintos sistemas de protección estudiados.
 - b) En segundo lugar es necesario considerar el precio de cada sistema de protección en comparación con el costo de un motor nuevo y con el coste de la reparación del mismo. Los precios aproximados se han indicado para la gama de potencias más usuales, considerando motores de jaula de ardilla, 380/660 V, forma B-3 y protección IP-54.

2.3 Tableros Eléctricos

Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico.

La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado,

garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados. Los equipos de protección y de control, así como los instrumentos de medición, se instalan por lo general en tableros eléctricos, teniendo una referencia de conexión estos pueden ser.

- Diagrama Unifilar
- Diagrama de Control
- Diagrama de interconexión

2.3.1 Consideraciones previas unidades de mando y señalización

La comunicación entre hombre y maquina agrupa todas las funciones que necesita el operador para controlar y vigilar el funcionamiento de un proceso.

El operador debe estar capacitado para que pueda percibir y comprender los sucesos y responder de una manera eficaz, a la solución de un determinado imprevisto.

I. Pilotos y pulsadores

- a)** Los pulsadores se usan en mandos generales de arranque y de parada, también en mandos de circuito de seguridad (paro de emergencia)
- b)** Pueden ser metálicos cromados para ambientes de servicio intensivo.
- c)** Totalmente plástico, para ambientes agresivos.

II. Balizas y columnas luminosas

- a)** Elementos de visualización óptica, nos indica el estado de un determinado proceso.
- b)** Baliza: consta de un único elemento luminoso.
- c)** Columnas: varios elementos luminosos, a veces con avisador acústico.

III. Norma IEC 60204-1, Esta norma establece los códigos de colores correspondientes a los mensajes que deben ser indicados:

- a)** Señalización luminosa, Figura 2.1
 - Rojo: Urgencia (Acción inmediata requerida)

- Amarillo / Naranja: anomalía (cheque y/o intervención requerida)
- Verde: funcionamiento normal (opcional)
- Azul: acción obligatoria (acción del operador requerida)
- Blanco: chequeo (opcional)

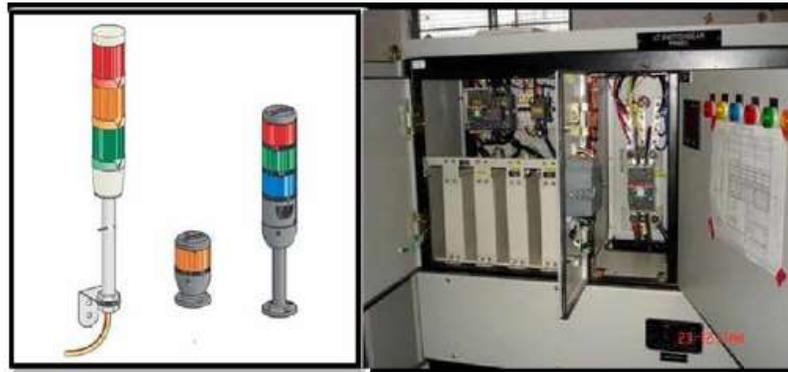


Figura 2.1 Señalización luminosa.

2.3.2 Partes y piezas de un tablero eléctrico

1. Elementos Físicos.
2. Láminas o chapas de hierro o acero.
3. Envolvente.
4. Soporte.
5. Compartimentos.
6. Caja de Control.
7. Cubículos.
8. Barras de Aluminio o de Cobre:
 - Barra colectora o principal
 - Barra Secundaria o de distribución
 - Barra de Neutro
 - Barra de Tierra
9. Tornillería:

- Unión de Chapas Exteriores.
- Fijación de Barras.
- Fijación de Aisladores.
- Fijación de Soportes.
- Fijación de Equipos.

10. Otros elementos:

- Aisladores de Fibra o baquelita
- Soportes de de Barras y Aisladores
- Cerraduras y Accionamientos
- Cableado

11. Componentes y Aparatos Eléctricos:

- Baja Tensión
- Interruptores Miniaturas
- Interruptores de Caja Moldeada y de Potencia
- Contactores y Relés de Sobrecarga
- Luces Pilotos y Señalización
- Equipos de Medición

10. Media y Alta Tensión:

- Interruptores de Potencia
- Seccionadores de fuerza y de tierra
- Arrancadores en Media Tensión
- Relés de Medición y Protección



Fig. 2.2 Interruptores Termomagnéticos.

2.3.3 Tipos de tableros eléctricos

De acuerdo con la ubicación en la instalación, los tableros reciben las designaciones siguientes:

1. Caja o gabinete individual de medidor: es aquel al que acomete el circuito de alimentación y que contiene el medidor de energía desde donde parte el circuito principal.
2. Esta caja o gabinete puede contener además, medios de maniobra, protección y control pertenecientes al circuito de alimentación.
3. Tablero Principal de distribución: Es aquel que se conecta a la línea principal y que contiene el interruptor principal y del cual se derivan el (los) circuito (s) secundarios.
4. Tablero o gabinete colectivo de medidores: Es aquel al que acomete el circuito de alimentación y que contiene los medidores de energía y los circuitos principales. Este tablero puede contener a los dispositivos de maniobra, protección y control pertenecientes al circuito de alimentación y a los interruptores principales pertenecientes a la instalación del inmueble, desde donde parten los circuitos seccionales. En este caso, los cubiles o gabinetes que albergan a los interruptores principales se comportan como tableros principales.
5. Tablero secundario de distribución: se conecta al tablero principal, comprenden una vasta categoría.

Ubicación de los tableros

- a) Lugar de instalación y grado de protección IP. Los tableros se instalarán en lugares secos, ambiente normal, de fácil acceso y alejados de otras instalaciones, tales como las de agua, gas, teléfono. Etc. Para lugares húmedos, mojados, a la intemperie o polvorientos, los tableros deberán construirse con el grado de protección IP adecuando al ambiente.

- b)** Pasillos y espacios libres de circulación. Delante de la superficie frontal del tablero, habrá un espacio libre suficiente para facilitar la realización de trabajos y operaciones, el cual no será menor que 1 metro. Para el caso en que los tableros necesiten acceso posterior, deberá dejarse detrás del mismo un espacio posterior no menor a 0,7 metros. En los casos en que el tablero tenga puerta posterior, deberá dejarse una distancia, con puerta abierta, de 0,5 m. Se deberá respetar la condición más desfavorable.
- c)** Iluminación de la sala. El recinto donde se ubicaran los tableros, deberá disponer de iluminación artificial adecuada, para operar en forma segura y efectiva los dispositivos de maniobra, y leer los instrumentos con facilidad.

CAPÍTULO 3

TIERRA FÍSICA Y CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Los materiales y dimensiones de los electrodos de tierra que integran una toma de tierra, son aquellos que soportan la corrosión y tienen una adecuada resistencia mecánica.

Los materiales y tipos de electrodos de tierra de uso común, son:

Tipos de electrodos de tierra:

- Cintas (pletinas) o conductor desnudo multifilar.
- Caños o barras (picas o jabalinas).
- Placas.

Materiales:

- Cobre.
- Acero galvanizado en caliente.
- Acero inoxidable.
- Acero con recubrimiento de cobre.

Como se desprende de la definición de toma de tierra, estos electrodos de tierra pueden ser utilizados como electrodos individuales o utilizarse distintos electrodos eléctricamente conectados entre sí para la ejecución de una toma de tierra.

Se recomienda la utilización de electrodos del mismo material, para evitar problemas de corrosión por par galvánico.

Las dimensiones mínimas de los electrodos están establecidas en el Reglamento de UTE¹ (Reglamento de baja tensión) , y se indican algunas a continuación:

¹ http://www.ute.com.uy/servicios_cliente/firmas_instaladoras/reglamento.htm

Tabla 3.1 Dimensiones mínimas de los electrodos

Electrodo	Diámetro/Sección	Largo	Superficie	Espesor
Placa de cobre			0.5 m ²	2 mm
Barra de cobre	14 mm	2 m		
Conductor desnudo multifilar	35 mm ²			
Cinta o pletina de cobre	35 mm ²			2 mm
Cable de acero galvanizado	95 mm ² - cada alambre 2.5 mm ²			

Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, gas, calefacción central), etc. no deben ser utilizadas como electrodos de tierra, pero si debe realizarse su conexión equipotencial a la barra principal de tierra.

3.1 Conductores de tierra

El Reglamento de Baja Tensión de UTE le llama Conductor de enlace con tierra y establece como sección mínima para el mismo 35 mm² en cobre, a menos que la línea repartidora sea de menor sección, en cuyo caso será de la misma sección que los conductores de fase.

En toda instalación debe preverse un borne o barra principal de tierra, para la conexión de los siguientes conductores:

- Conductores de tierra.
- Conductores de protección que no estén conectados a este terminal a través de otros conductores de protección.
- Conductores de conexión equipotencial principal.

La conexión al borne principal de tierra, debe realizarse de forma de poder desconectarse individualmente cada conductor conectado al mismo. Esta conexión además se realiza de forma que su remoción solo debe ser posible por medio de una herramienta.

En algún caso puede ser necesario instalar más de un borne o barra principal de tierra para realizar las conexiones indicadas. En este caso los conductores de tierra se conectan todos a la misma toma de tierra.

3.1.1 Conductores de protección (PE)

- Todo circuito debe incluir el conductor de protección, ya que el mismo provee la conexión a tierra de todas las masas de la instalación.
- Los mismos conducen las corrientes de falla de aislación, entre un conductor de fase y una masa, a través del neutro de la fuente.
- El conductor PE es conectado a otro conductor PE o al borne principal de tierra de la instalación, y este a los electrodos de tierra a través del conductor de tierra.
- Los conductores de protección deben ser aislados e identificados con los colores verde/amarillo y deben estar protegidos contra daños mecánicos y químicos.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- Conductores aislados formando parte de cables multipolares.
- Conductores aislados agrupados con otros cables.
- Conductores aislados separados.

No se permite usar como conductores de protección, elementos conductores extraños, como por ejemplo:

- Cañerías de agua.
- Cañerías que contengan gases o líquidos inflamables.
- Soportes de canalizaciones.
- El conductor PE no debe incluir ningún medio de desconexión, asegurando la continuidad del circuito de protección.
- Las partes conductoras que se conectan al conductor PE, no deben quedar conectadas en serie con dicho conductor.

En resumen cuando hablamos de conexión a tierra nos referimos a una ligazón metálica directa, sin dispositivo de protección, de sección suficiente, entre determinados elementos de la instalación (masas), y uno o un grupo de electrodos enterrados en el suelo.

3.1.2 Secciones mínimas del conductor PE

La sección de los conductores de protección se selecciona en función de la sección del conductor de fase.

En ambos casos, deben tenerse en cuenta las secciones mínimas establecidas en el RBT:

Para conductores de protección con protección mecánica: 2 mm²

Para conductores sin protección mecánica: 4 mm²

- a) Relación entre las secciones de los conductores de protección y los conductores de fase.

Tabla 3.2 Relación entre las secciones de conductores

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S_{PE} (mm ²)
	Si el conductor de protección es del mismo material que el conductor de fase
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$\frac{S}{2}$

Si la aplicación de la Tabla conduce a valores no normalizados, se utilizan los conductores que tengan la sección normalizada mayor más próxima.

- b) La sección de los conductores de protección no debe ser menor que el valor determinado por la siguiente expresión:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde,

S es la sección del conductor en mm²,

I es el valor eficaz en Amperios de la corriente de defecto a tierra, que puede circular por el conductor de protección,

t es el tiempo de funcionamiento del dispositivo de corte, en segundos,

k es un factor que depende del tipo de material del conductor de protección, del tipo de aislamiento y de las temperaturas inicial y final.

Esta expresión es aplicable para tiempos de desconexión que no excedan los 5s.

En las Tablas siguientes se dan los valores de k para las situaciones de instalación y materiales usuales.

Tabla 2.3 Valores de k para los conductores de protección aislados que no forman parte de cables multipolares o no agrupados con otros cables

Aislamiento del conductor	Temperatura (°C)		Material del conductor
	Inicial	Final	Cobre
PVC 70 °C (S ≤ 300 mm ²)	30	160	Valores de k 143
PVC 70 °C (S > 300 mm ²)	30	140	133
EPR o XLPE 90 °C	30	250	176

Tabla 3.4 Valores de k para los conductores de protección que forman parte de un cable multipolar o agrupados con otros cables o conductores aislados.

Aislamiento del conductor	Temperatura (°C)		Material del conductor
	Inicial	Final	Cobre
			Valores de k
PVC 70 °C ($S \leq 300 \text{ mm}^2$)	70	160	115
PVC 70 °C ($S > 300 \text{ mm}^2$)	70	140	103
EPR o XLPE 90 °C	90	250	143

Si la aplicación de la fórmula conduce a valores no normalizados, se utilizan los conductores que tengan la sección normalizada mayor más próxima.

3.1.3 Objetivos de una puesta a tierra

Los objetivos generales de una puesta a tierra son:

- Permitir la descarga a tierra de una corriente de falla a tierra
- Mantener los potenciales producidos por las corrientes de falla dentro de los límites de seguridad y/o asegurar la actuación de los sistemas de protección en el tiempo adecuado, de vista de la seguridad de las personas y del equipamiento.
- Mantener un potencial de referencia en algún punto del sistema eléctrico o electrónico.

En términos generales, podemos decir que la o las puestas a tierra de una instalación eléctrica deberán diseñarse y ejecutarse para satisfacer las prescripciones de seguridad, y los requerimientos funcionales de las instalaciones. En vista de lo anterior se definen dos tipos de puestas a tierra, las puestas a tierra funcionales y las puestas a tierra de protección.

3.2 Puesta a tierra de Protección y Puesta a tierra funcional

- **Puesta a tierra de protección:** Es la puesta a tierra cuyo objetivo es proteger a las personas y animales contra los riesgos derivados de contactos con partes conductoras que, estando no sometidas normalmente a tensión, puedan estar sometidas a tensiones peligrosas como consecuencia de un defecto de aislamiento de la instalación (MASAS). Para lograr este objetivo de protección debe realizarse una puesta a tierra adecuada, y conectar a la misma todas las masas de la instalación.
- **Puesta a tierra funcional:** Es la puesta a tierra cuyo objetivo es asegurar el correcto funcionamiento del equipamiento eléctrico y permitir un correcto y confiable funcionamiento de la instalación. Dependiendo de las características de la instalación, la puesta a tierra de protección y la funcional pueden ser independientes o en una misma puesta a tierra combinarse ambas funciones. En este último caso, en el diseño de la puesta a tierra debe darse prioridad a las prescripciones establecidas para la puesta a tierra de protección.

Ejemplo:

Consideramos una instalación alimentada en 400V de la red de distribución de baja tensión, en la que se produce una falla de aislamiento en un motor trifásico entre una fase y masa.

Distinguimos dos casos:

Caso A: NO ESTA REALIZADA LA CONEXIÓN A TIERRA DE LA MASA DEL MOTOR

En este caso la tensión de choque que queda establecida en la masa del motor será:

$$V_{ch} = V_N = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230V$$

Siendo V_{ch} : Tensión de choque Por lo que queda establecida una tensión de choque peligrosa para las personas.

Caso B: ESTA REALIZADA LA CONEXIÓN DE LA MASA DEL MOTOR A LA PUESTA ATIERRA DE PROTECCIÓN

En este caso la tensión de choque que aparece en la masa del motor será:

$$V_{ch} = R_T \times I_f = R_T \times \frac{V_N}{R_{TN} + R_T}$$

$$I_{ch} = \frac{V_{ch}}{R_h}$$

Siendo

R_T Resistencia a de la puesta a tierra de protección

R_{TN} Resistencia de la puesta a tierra del neutro

R_h Resistencia del cuerpo humano

I_{ch} Corriente de choque

Considerando $R_{TN} = 5\Omega$:

Tabla 2.5

$R_T (\Omega)$	$V_{ch} (V)$	$I_{ch} (mA)$
50	200	133
5	110	73
1,47	50	

De donde vemos que para que la tensión de choque llegue a un valor no peligroso, para ambientes secos (50V), se requeriría un valor de resistencia de la puesta a tierra de protección, de 1.47 Ω .

3.3 Tensión de toque y Tensión de paso

La tensión de toque y la tensión de paso son dos parámetros que se definen para el diseño de las puestas a tierra y están relacionados con la seguridad de las personas.

Tensión de toque: es la diferencia de potencial entre un punto del elemento conductor, situado al alcance de la mano de una persona y un punto en el suelo situado a 1m de la base de dicho elemento.

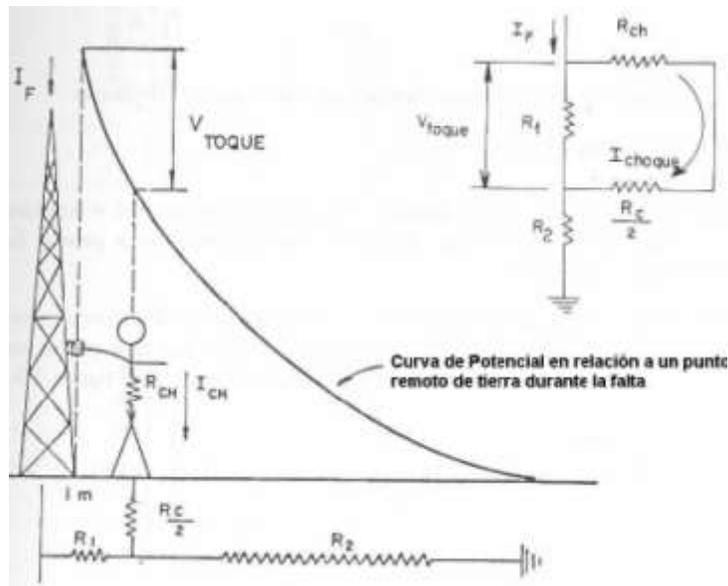


Figura 3.1 Tensión de choque.

Considerando el circuito equivalente de la Figura 3.1, se puede calcular:

$$V_{toque} = \left(R_{ch} + \frac{R_c}{2} \right) \times I_{choque} \quad \text{Ec. 3.2}$$

Dónde:

R_{ch} es la resistencia del cuerpo humano $\cong 1000 \Omega$,

R_c es la resistencia de contacto $\cong 3r_s$

r_s es la resistividad superficial del suelo

Luego considerando como corriente de choque máxima que no causa fibrilación ventricular, la definida por la ecuación de Dalziel:

$$I_{choque} = \frac{0.116}{\sqrt{t}} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Donde t es el tiempo de permanencia del defecto en segundos, e I_{choque} se expresa en A.

La tensión de toque máxima generada por el defecto no debe producir una corriente de choque mayor a la limitada por dicha ecuación, y por tanto la tensión de toque máxima permitida será

$$V_{toque} = (1000 + 1,5 \times \rho_s) \times \frac{0.116}{\sqrt{t}} \quad \text{Ec. 3.4}$$

Luego la tensión máxima de un sistema de puesta a tierra puede calcularse como:

$$V_{\text{máximo del sistema de puesta a tierra}} = (R1 + R2) \times IF = RT \times IF \quad \text{Ec.3.5}$$

Y por lo tanto es razonable imponer que:

$$V_{\text{máximo del sistema de puesta a tierra}} < V_{\text{toque máxima}} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Tensión de paso: es la diferencia de potencial existente entre los pies de una persona, separados 1m, cuando se encuentran sobre líneas de potencial diferentes.

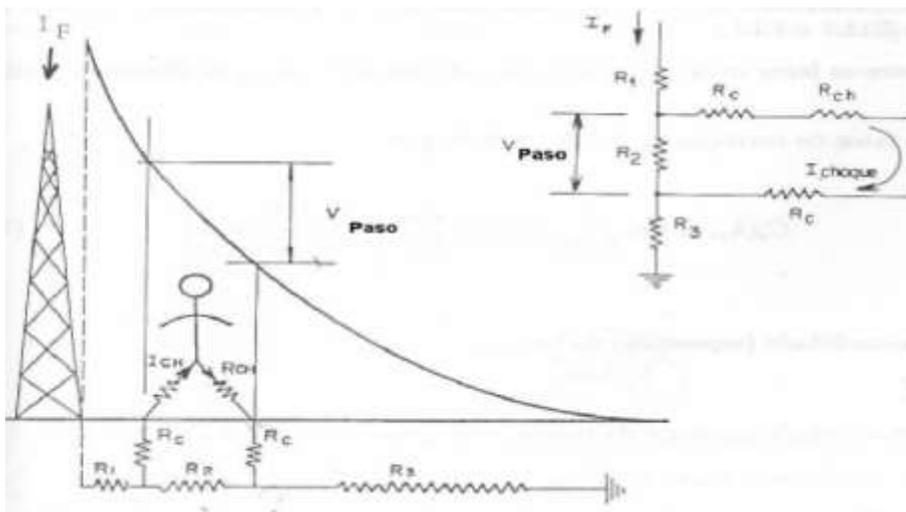


Figura 3.2 Tensión de paso

Considerando el circuito equivalente de la Figura 3.2, se puede calcular:

$$V_{paso} = (R_{ch} + 2 \times R_c) \times I_{choque} \quad \text{Ec. 3.7}$$

Luego la tensión de paso máxima generada por el defecto no debe producir una corriente de choque mayor a la limitada por la ecuación de Dalziel, y por tanto la tensión de toque máxima permitida será:

$$V_{toque} = (1000 + 6 \times \rho_s) \times \frac{0.116}{\sqrt{t}} \quad \text{Ec. 3.8}$$

Luego el voltaje máximo de un sistema de puesta a tierra puede calcularse como:

De la Ec. 3.5

$$V_{\text{máximo del sistema de puesta a tierra}} = (R_1 + R_2 + R_3) \times I_F = R_T \times I_F$$

Y por lo tanto es razonable imponer que:

$$V_{\text{máximo del sistema de puesta a tierra}} < V_{\text{toque máximo}}$$

3.4 Resistencia de la puesta a tierra

Pueden realizarse distintas combinaciones y disposiciones de electrodos para la ejecución de una toma de tierra, las más comunes son:

- Jabalinas verticales alineadas o dispuestas en triángulo o cuadrado.
- Conductores horizontales dispuestos linealmente, en circunferencia o en estrella

3.4.1 Cálculo de la resistencia de una puesta a tierra

La resistencia eléctrica de una toma de tierra depende de:

- La resistividad del suelo, que supondremos homogéneo.
- La disposición y tipo de electrodos que conforman la toma de tierra

Para todas las configuraciones puede expresarse como:

$$R_T = \rho \times f(g) \quad \text{Ec. 3.9}$$

Donde

ρ = es la resistividad del suelo

$f(g)$ = es una expresión que tiene en cuenta la geometría y dimensión de la puesta a tierra

La tabla 3.6 ilustra la variación de la resistividad del suelo para distintos tipos de suelo:

Naturaleza del suelo	Resistividad (Ωm)
Suelos pantanosos, humus, lodo	5 a 100
Tierra de jardín húmedo (50% de humedad)	140
Tierra de jardín poco húmedo (20% de humedad)	480
Arcilla seca	1.500 a 5.000
Arcilla con 40% de humedad	80
Arcilla con 20% de humedad	330
Arena mojada	1.300
Arena seca	3.00 a 8.000
Calcáceo compacto	1.000 a 5.000
Granito	1.500 a 10.000

Son considerados “buenos conductores” los suelos con resistividad entre 50 y 100W.m.

A continuación se dan las fórmulas de cálculo de la resistencia de puesta a tierra para las configuraciones comunes.

3.4.2 Jabalina vertical

$$R_T = \frac{\rho}{2\pi L} \times Ln\left(\frac{4L}{d}\right) \quad \text{Ec. 3.10}$$

Dónde:

- ρ Es la resistividad del suelo (W.m),
- L Es la longitud de la jabalina (m),
- d Es el diámetro equivalente de la jabalina (m)

De la expresión de la resistencia de puesta a tierra podemos observar que dicha resistencia disminuye si:

1. Aumenta el largo de la jabalina y/o
2. Aumenta el diámetro de la jabalina y/o
3. Baja la resistividad del suelo y/o
4. Se instalan jabalinas en paralelo

1. En la figura 3.3 se muestra el efecto del largo de la jabalina en la resistencia de la puesta a tierra, para jabalinas de distintos diámetros, y un suelo homogéneo de $100 \Omega \cdot m$

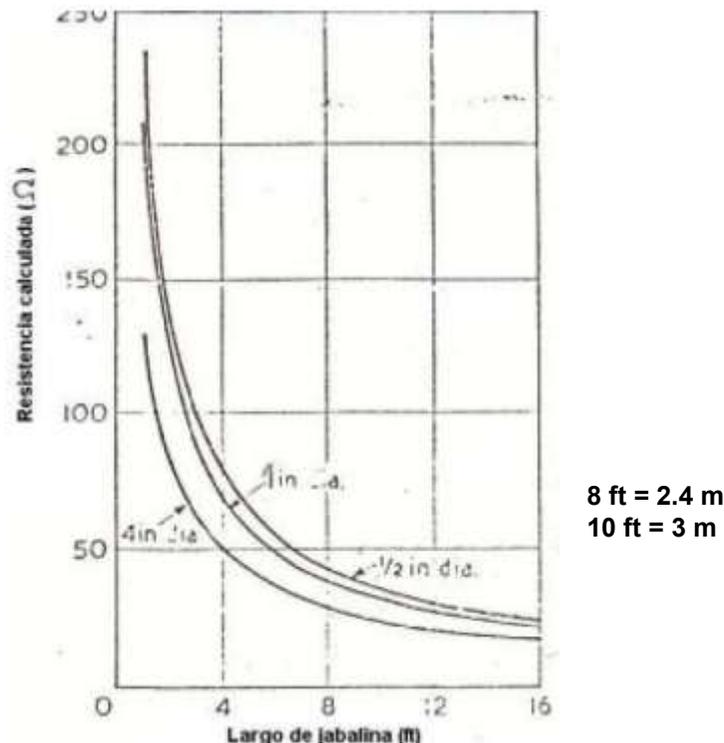


Figura 3.3 Efecto del largo de la jabalina en el cálculo de la resistencia para suelo uniforme con resistividad de $100 \Omega \cdot m$.

Se observa que a partir de determinado valor (aprox. 2,4m), el aumento de longitud de la jabalina no produce efectos importantes sobre el valor de la resistencia de la puesta a tierra.

2. En la figura 3.4 se muestra la reducción de la resistencia de puesta a tierra de una jabalina en función del diámetro de la misma, para jabalinas de distintos diámetros y longitudes.

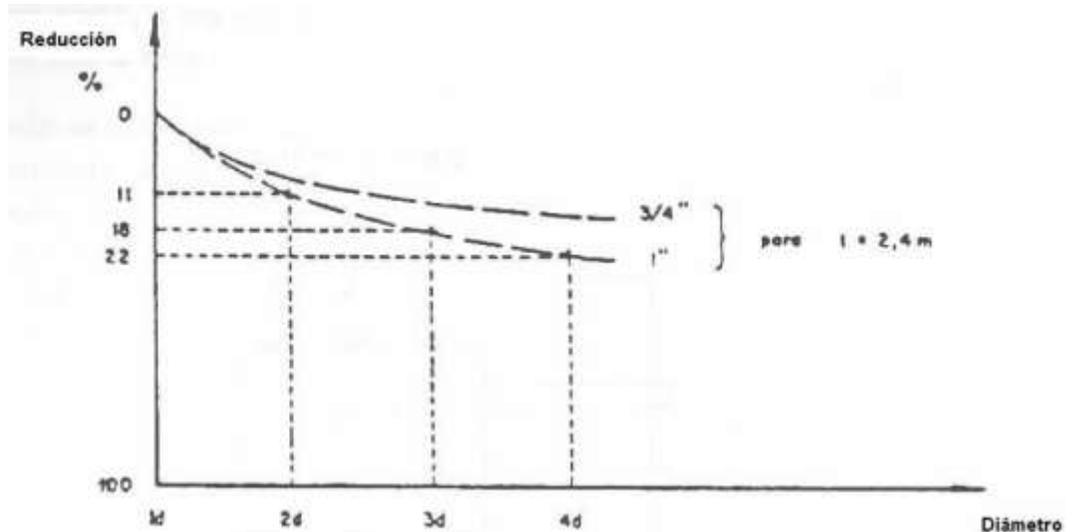


Figura 3.4 Reducción de la resistencia de puesta a tierra de una Jabalina en función del diámetro de la misma

Se observa que el aumento del diámetro de la jabalina produce una pequeña reducción, y a partir de determinado valor prácticamente no tiene influencia. En la práctica se utilizan los diámetros mínimos por razones de corrosión y resistencia mecánica.

3. La resistividad del suelo puede bajarse con el uso de geles conductores o bentonitas. Los geles que se utilicen deben tener las siguientes propiedades:

- Buena hidroscofia
- No ser corrosivo
- Baja resistividad eléctrica
- Químicamente estable

- No ser tóxico
- No causa daño a la naturaleza

En las figuras siguientes se muestra el comportamiento de la resistencia de una puesta a tierra en un suelo con y sin tratamiento, en función del tiempo.

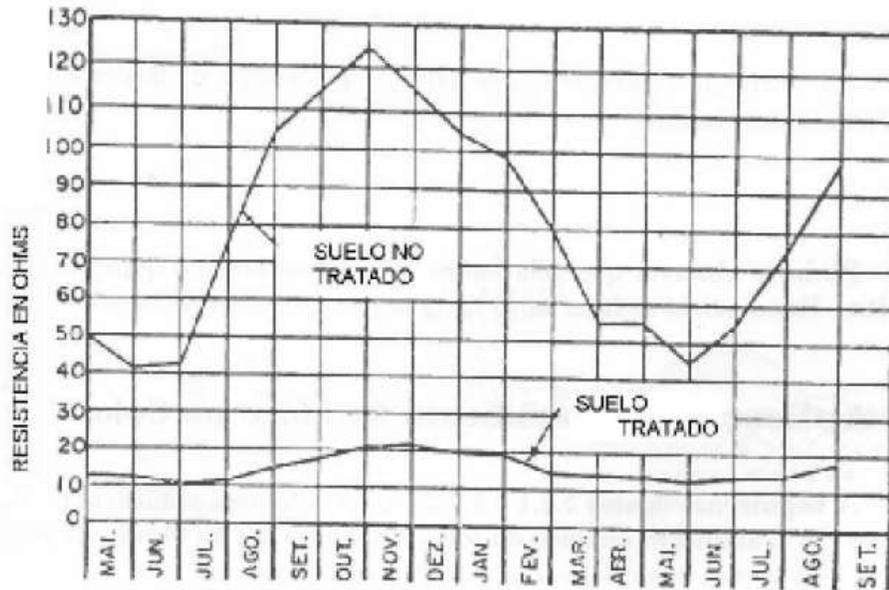


Figura 3.5 Tratamiento químico del suelo

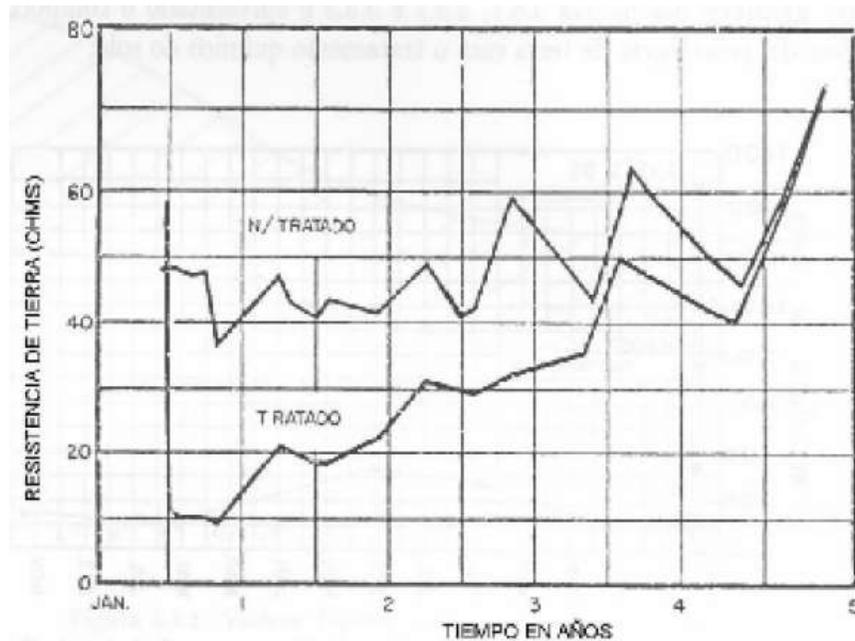


Figura 3.6 Variación de resistencia de tierra de jabalinas en suelos tratados y no tratados adyacentes

4. La instalación de jabalinas en paralelo disminuye sensiblemente el valor de la resistencia de la puesta a tierra pues aumenta la superficie de dispersión, baja la densidad de corriente y en consecuencia disminuye la resistencia de la puesta a tierra.

El cálculo de la resistencia de jabalinas en paralelo no sigue la ley simple del paralelo de resistencias eléctricas, cumpliéndose que:

$$\frac{R_{1j}}{2} < R_{2j} < R_{1j} \quad \text{Ec. 3.11}$$

Esto se debe a que en la zona de interferencia de las jabalinas, se produce un área del bloqueo del flujo de corriente correspondiente a cada jabalina, dando como resultado una mayor resistencia de puesta a tierra individual.

El aumento de la distancia de separación entre jabalinas disminuye el efecto de dicha interferencia, y mejora el rendimiento de la configuración. Se establece como separación mínima el largo de la jabalina.

En las figuras siguientes se muestran las superficies de dispersión de corriente (superficies equipotenciales) para una jabalina, la zona de interferencia y las superficies equipotenciales para dos jabalinas en paralelo.

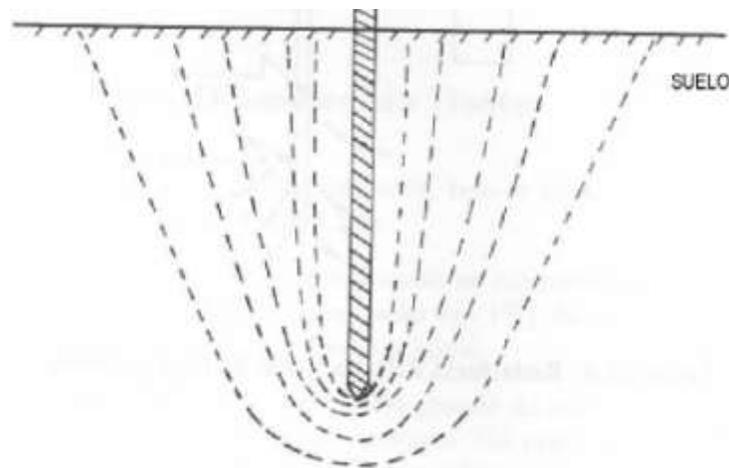


Figura 3.7 Superficie equipotencial de una jabalina.

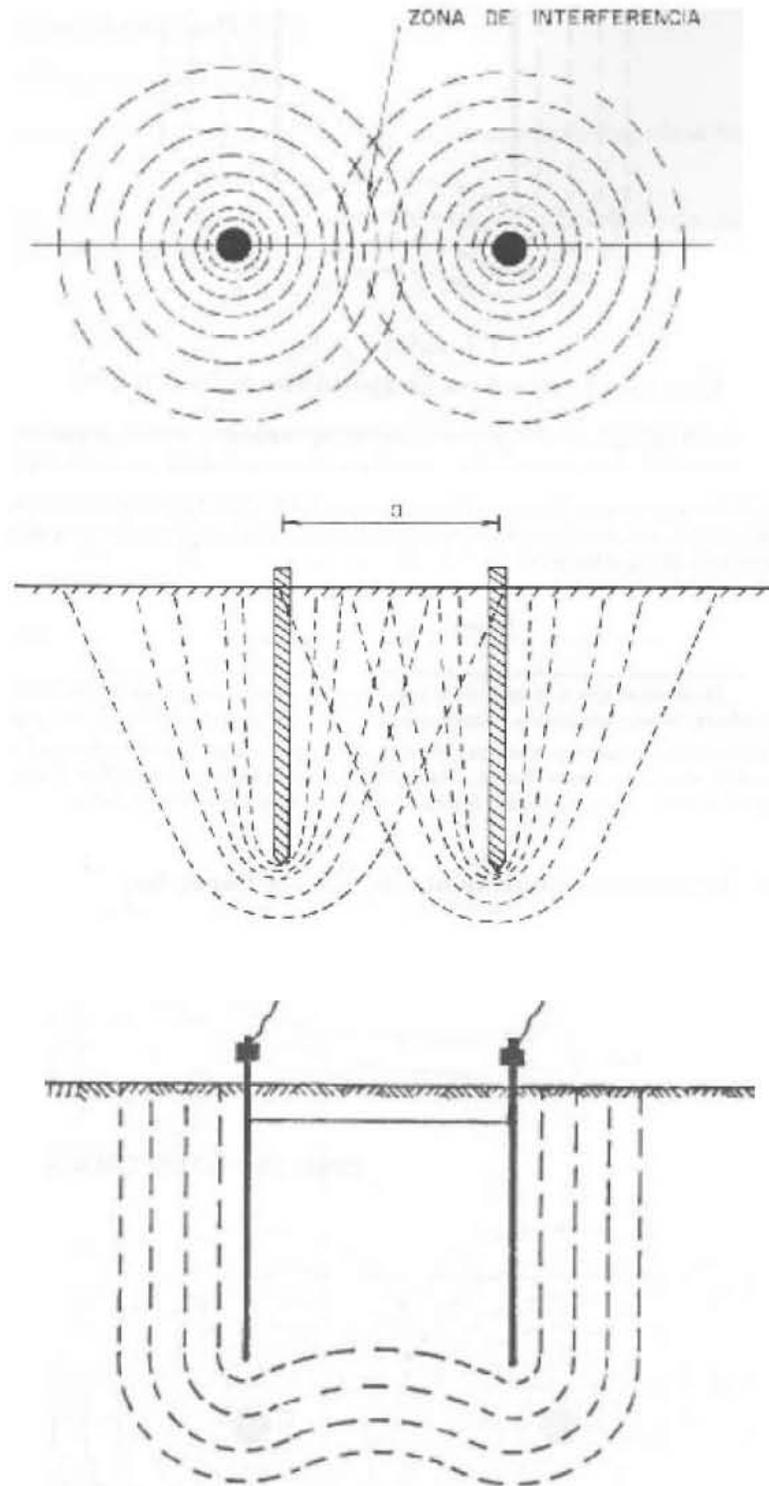


Figura 3.8 Zona de interferencia, superficie equipotencial de una jabalina.

Para el cálculo de la resistencia equivalente de jabalinas en paralelo, se define el índice de reducción K como:

$$R_{nj} = K \times R_{1j} \quad \text{Ec. 3.12}$$

Donde

R_{1j} es la resistencia de puesta a tierra de una jabalina

R_{nj} es la resistencia de puesta a tierra de n jabalinas

El valor de K es dado por medio de tablas o curvas para las distintas configuraciones, como ser jabalina alineada, jabalinas dispuestas en circunferencia, jabalinas dispuestas en triángulo, etc

3.4.3 Jabalinas alineadas

Las siguientes tablas dan valores del factor de reducción para jabalinas alineadas de distintas dimensiones, y para distintas separaciones entre jabalinas.

Tabla 2.7 Factor de reducción

ESPACIAMIENTOS Número de JABALINAS	$L = 2,4m$		$d = \frac{1}{2}''$		$R_{1 \text{ haste}} = 0,440\rho a$			
	2,5m		3m		4m		5m	
	R_{eq} [Ω]	K	R_{eq} [Ω]	K	R_{eq} [Ω]	K	R_{eq} [Ω]	K
2	0,248 ρa	0,564	0,244 ρa	0,555	0,239 ρa	0,543	0,235 ρa	0,535
3	0,178 ρa	0,406	0,174 ρa	0,395	0,168 ρa	0,381	0,164 ρa	0,372
4	0,141 ρa	0,321	0,136 ρa	0,310	0,130 ρa	0,297	0,127 ρa	0,288
5	0,118 ρa	0,268	0,113 ρa	0,258	0,107 ρa	0,245	0,104 ρa	0,236
6	0,102 ρa	0,231	0,097 ρa	0,221	0,092 ρa	0,209	0,088 ρa	0,201
7	0,090 ρa	0,204	0,085 ρa	0,195	0,080 ρa	0,182	0,077 ρa	0,175
8	0,080 ρa	0,183	0,076 ρa	0,174	0,071 ρa	0,162	0,068 ρa	0,155
9	0,073 ρa	0,166	0,069 ρa	0,157	0,064 ρa	0,147	0,061 ρa	0,140
10	0,067 ρa	0,152	0,063 ρa	0,144	0,059 ρa	0,134	0,056 ρa	0,127
11	0,062 ρa	0,140	0,058 ρa	0,133	0,054 ρa	0,123	0,051 ρa	0,117
12	0,057 ρa	0,131	0,054 ρa	0,123	0,050 ρa	0,114	0,048 ρa	0,108
13	0,054 ρa	0,122	0,051 ρa	0,115	0,047 ρa	0,106	0,044 ρa	0,101
14	0,051 ρa	0,115	0,048 ρa	0,108	0,044 ρa	0,100	0,041 ρa	0,094
15	0,048 ρa	0,109	0,045 ρa	0,102	0,041 ρa	0,094	0,039 ρa	0,089

Tabla 2.8

$L = 2m \quad d = 1'' \quad R_{1 \text{ JABALINA}} = 0,458\rho a$								
ESPACIAMIENTOS	2m		3m		4m		5m	
Número de JABALINAS	$R_{eq} [\Omega]$	K						
2	$0,264\rho a$	0,577	$0,254\rho a$	0,554	$0,248\rho a$	0,542	$0,244\rho a$	0,534
3	$0,192\rho a$	0,420	$0,180\rho a$	0,394	$0,174\rho a$	0,380	$0,170\rho a$	0,371
4	$0,153\rho a$	0,335	$0,142\rho a$	0,309	$0,135\rho a$	0,296	$0,131\rho a$	0,287
5	$0,129\rho a$	0,281	$0,117\rho a$	0,257	$0,111\rho a$	0,243	$0,108\rho a$	0,235
6	$0,111\rho a$	0,243	$0,101\rho a$	0,220	$0,095\rho a$	0,207	$0,091\rho a$	0,200
7	$0,099\rho a$	0,215	$0,088\rho a$	0,193	$0,083\rho a$	0,181	$0,080\rho a$	0,174
8	$0,089\rho a$	0,194	$0,079\rho a$	0,173	$0,074\rho a$	0,161	$0,071\rho a$	0,154
9	$0,081\rho a$	0,176	$0,071\rho a$	0,156	$0,067\rho a$	0,145	$0,064\rho a$	0,139
10	$0,074\rho a$	0,162	$0,065\rho a$	0,143	$0,061\rho a$	0,133	$0,058\rho a$	0,126
11	$0,069\rho a$	0,150	$0,060\rho a$	0,132	$0,056\rho a$	0,122	$0,053\rho a$	0,116
12	$0,064\rho a$	0,140	$0,056\rho a$	0,122	$0,052\rho a$	0,113	$0,049\rho a$	0,107
13	$0,060\rho a$	0,131	$0,052\rho a$	0,114	$0,048\rho a$	0,105	$0,046\rho a$	0,100
14	$0,057\rho a$	0,124	$0,049\rho a$	0,107	$0,045\rho a$	0,099	$0,043\rho a$	0,093
15	$0,053\rho a$	0,117	$0,046\rho a$	0,101	$0,043\rho a$	0,093	$0,040\rho a$	0,088

Tabla 2.9

$L = 3m \quad d = 1'' \quad R_{1 \text{ JABALINA}} = 0,327\rho a$						
ESPACIAMIENTOS	3m		4m		5m	
Número de JABALINAS	$R_{eq} [\Omega]$	K	$R_{eq} [\Omega]$	K	$R_{eq} [\Omega]$	K
2	$0,187\rho a$	0,571	$0,182\rho a$	0,556	$0,178\rho a$	0,546
3	$0,135\rho a$	0,414	$0,129\rho a$	0,396	$0,126\rho a$	0,385
4	$0,108\rho a$	0,329	$0,102\rho a$	0,312	$0,098\rho a$	0,300
5	$0,090\rho a$	0,276	$0,085\rho a$	0,259	$0,081\rho a$	0,248
6	$0,078\rho a$	0,238	$0,073\rho a$	0,222	$0,069\rho a$	0,212
7	$0,069\rho a$	0,211	$0,064\rho a$	0,195	$0,061\rho a$	0,185
8	$0,062\rho a$	0,189	$0,057\rho a$	0,175	$0,054\rho a$	0,165
9	$0,056\rho a$	0,172	$0,052\rho a$	0,158	$0,049\rho a$	0,149
10	$0,052\rho a$	0,158	$0,047\rho a$	0,145	$0,045\rho a$	0,136
11	$0,048\rho a$	0,146	$0,044\rho a$	0,133	$0,041\rho a$	0,125
12	$0,044\rho a$	0,136	$0,041\rho a$	0,124	$0,038\rho a$	0,116
13	$0,042\rho a$	0,128	$0,038\rho a$	0,116	$0,035\rho a$	0,109
14	$0,039\rho a$	0,120	$0,036\rho a$	0,109	$0,033\rho a$	0,102
15	$0,037\rho a$	0,113	$0,034\rho a$	0,103	$0,031\rho a$	0,096

Si se grafica la disminución de la resistencia equivalente de n jabalinas alineadas en función del número de jabalinas, se obtiene una curva como la que se muestra

en la figura siguiente, en la que puede verse que dicha disminución tiende a quedar constante a partir de $n = 7$.

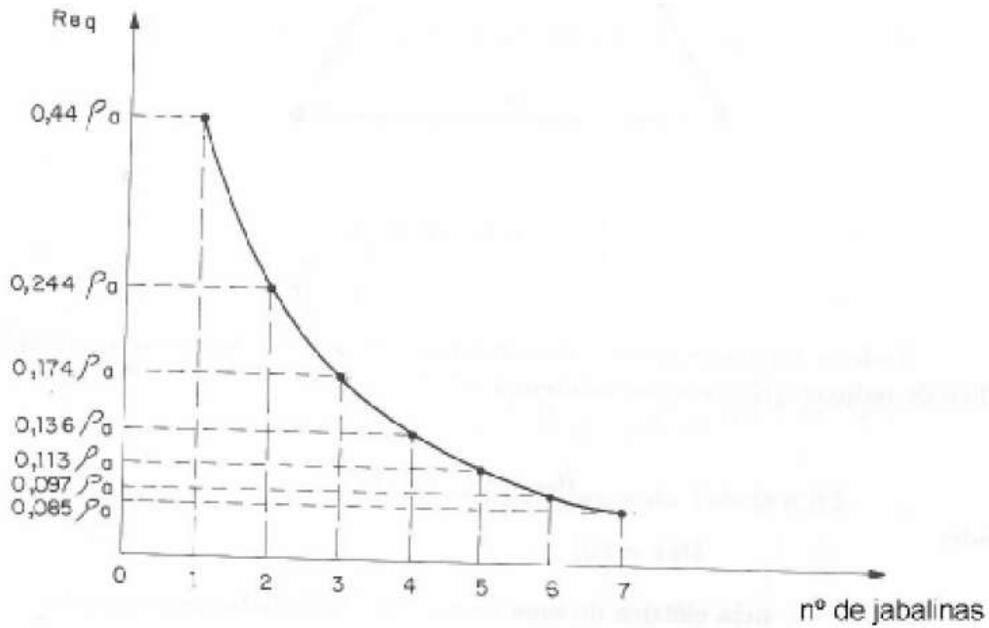


Figura 3.9 disminución de la resistencia equivalente de n jabalinas alineadas en función del número de jabalinas

A continuación se muestran las curvas correspondientes al índice de reducción para jabalinas dispuestas en circunferencia y jabalinas dispuestas en triángulo.

3.4.4 Jabalinas dispuestas en circunferencia

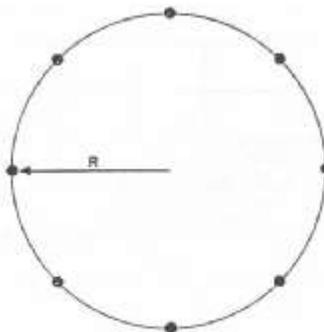


Figura 3.10 Jabalinas dispuestas en circunferencia.

Las curvas que se muestran a continuación corresponden a la distribución de n las jabalinas en una circunferencia de 9m de radio, para jabalinas de distintos diámetros (1" y ½ ") y longitudes (1.2m, 1.8, 2.4m y 3m).

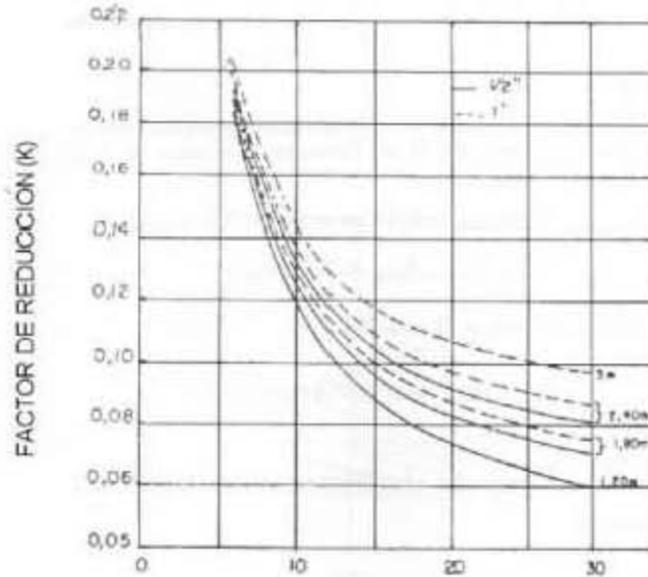


Figura 3.11 Numero de jabalinas

3.4.5 Jabalinas dispuestas en triángulo

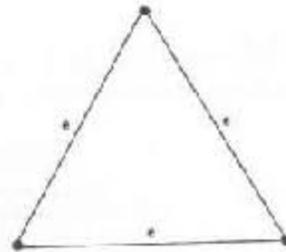


Figura 3.12 Jabalinas dispuestas en triángulo.

Las curvas que se muestran a continuación corresponden a la distribución de 3 jabalinas en triángulo, en función del espaciamiento, para jabalinas de distintos diámetros (1" y ½ ") y longitudes (1.2m, 1.8m, 2.4m y 3m).

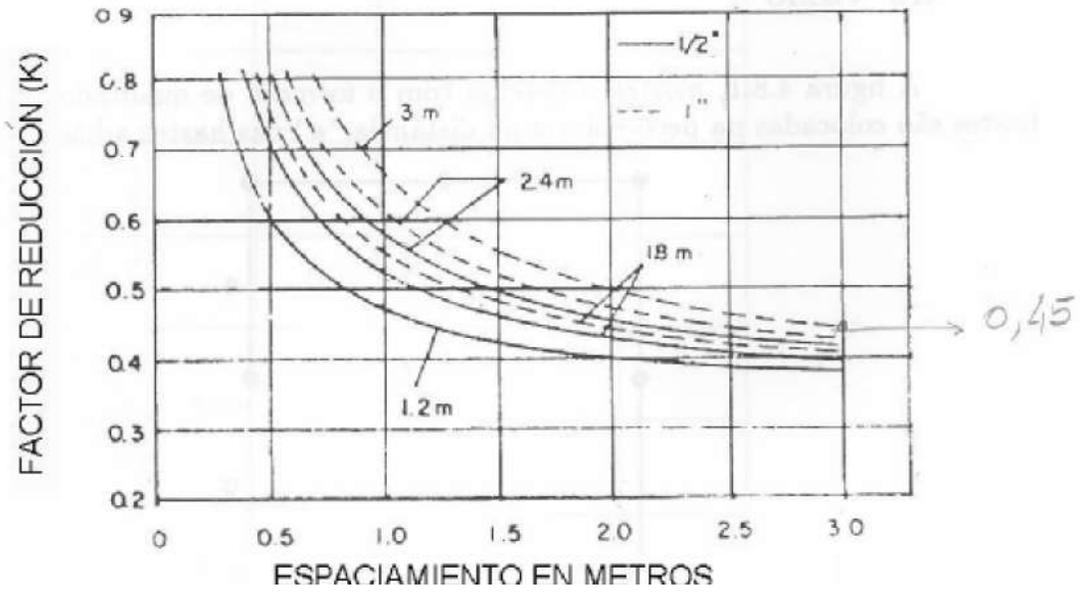


Figura 3.13 Curvas de distribución

3.4.6 Jabalinas profundas

Los factores que pueden influir en la disminución de la resistencia de puesta a tierra cuando se utilizan jabalinas de gran longitud, Figura 3.14 son los siguientes:

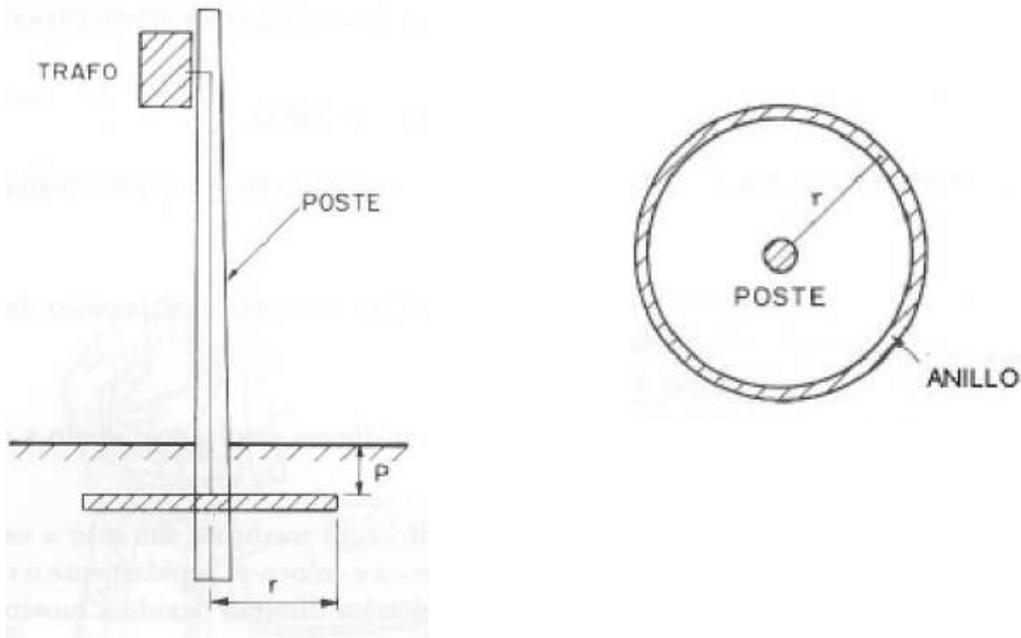


Figura 3.14 Conductor horizontal dispuesto en circunferencia.

- El aumento de la longitud de la jabalina
- La existencia de capas de suelo más profundas de menor resistividad
- La presencia estable de agua a lo largo del año en las capas más profundas.

$$R_T = \frac{\rho}{\pi^2 r} \times Ln \left(\frac{4r^2}{d \times p} \right) \quad \text{Ec.3.13}$$

Dónde:

p es la profundidad a la que está enterrado el conductor (m),

r es el radio de la circunferencia (m),

d es el diámetro del círculo equivalente a la sección transversal del conductor (m).

3.4.7 Conductor horizontal dispuesto linealmente

$$R_T = \frac{\rho}{2\pi L} \left[Ln \left(\frac{2L^2}{r \times p} \right) - 2 + \frac{2p}{L} - \left(\frac{p}{L} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{p}{L} \right)^4 \right] \quad \text{Ec.3.14}$$

Dónde:

p es la profundidad a la que está enterrado el conductor (m),

L es la longitud del conductor (m),

r es el radio equivalente del conductor (m),

En general $p \ll L$, y los términos correspondientes a las potencias de p/L pueden despreciarse.

3.4.8 Conductores horizontales en otras disposiciones

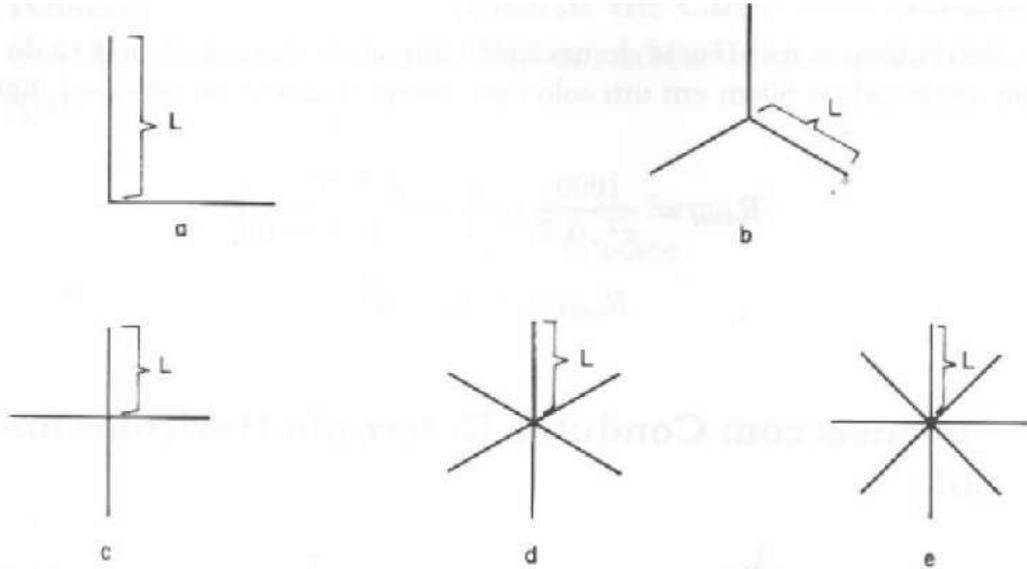


Figura 3.15 Conductores horizontales en otras disposiciones

a. Dos conductores horizontales dispuestos en ángulo recto

$$R_T = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\text{Ln} \left(\frac{L^2}{2 \times r \times p} \right) - 0,2373 + 0,8584 \frac{p}{L} + 1,656 \left(\frac{p}{L} \right)^2 - 10,85 \left(\frac{p}{L} \right)^4 \right] \quad \text{Ec. 3.15}$$

Dónde:

p es la profundidad a la que está enterrado el conductor (m),

L es la longitud de cada rama (m),

r es el radio equivalente del conductor (m),

b. Tres conductores horizontales dispuestos en estrella

$$R_T = \frac{\rho}{3\pi L} \left[\text{Ln} \left(\frac{L^2}{2 \times r \times p} \right) + 1,077 - 0,836 \frac{p}{L} + 3,808 \left(\frac{p}{L} \right)^2 - 13,824 \left(\frac{p}{L} \right)^4 \right] \quad \text{Ec. 3.16}$$

c. Cuatro conductores horizontales dispuestos en estrella

$$R_T = \frac{\rho}{4\pi L} \left[\operatorname{Ln} \left(\frac{L^2}{2 \times r \times p} \right) + 2,912 - 4,284 \frac{p}{L} + 10,32 \left(\frac{p}{L} \right)^2 - 37,12 \left(\frac{p}{L} \right)^4 \right] \quad \text{Ec. 3.17}$$

d. Seis conductores horizontales dispuestos en estrella

$$R_T = \frac{\rho}{6\pi L} \left[\operatorname{Ln} \left(\frac{L^2}{2 \times r \times p} \right) + 6,851 - 12,512 \frac{p}{L} + 28,128 \left(\frac{p}{L} \right)^2 - 125,4 \left(\frac{p}{L} \right)^4 \right] \quad \text{Ec. 3.18}$$

e. Ocho conductores horizontales dispuestos en estrella

$$R_T = \frac{\rho}{8\pi L} \left[\operatorname{Ln} \left(\frac{L^2}{2 \times r \times p} \right) + 10,98 - 22,04 \frac{p}{L} + 52,16 \left(\frac{p}{L} \right)^2 - 299,52 \left(\frac{p}{L} \right)^4 \right] \quad \text{Ec. 3.19}$$

3.5 Medida de la resistencia de una puesta a tierra

La medición de la resistencia de una puesta a tierra se realiza por el método volt - amperimétrico, haciendo circular una corriente entre la puesta a tierra cuya resistencia se desea medir y una pica de referencia, y midiendo la tensión entre el borne principal de tierra y una segunda pica de referencia ubicada fuera de la zona de influencia de la puesta a tierra.

Si consideramos dos jabalinas enterradas en el suelo y una fuente de corriente conectada a las mismas, la distribución de corriente es la mostrada en la figura 3.16.

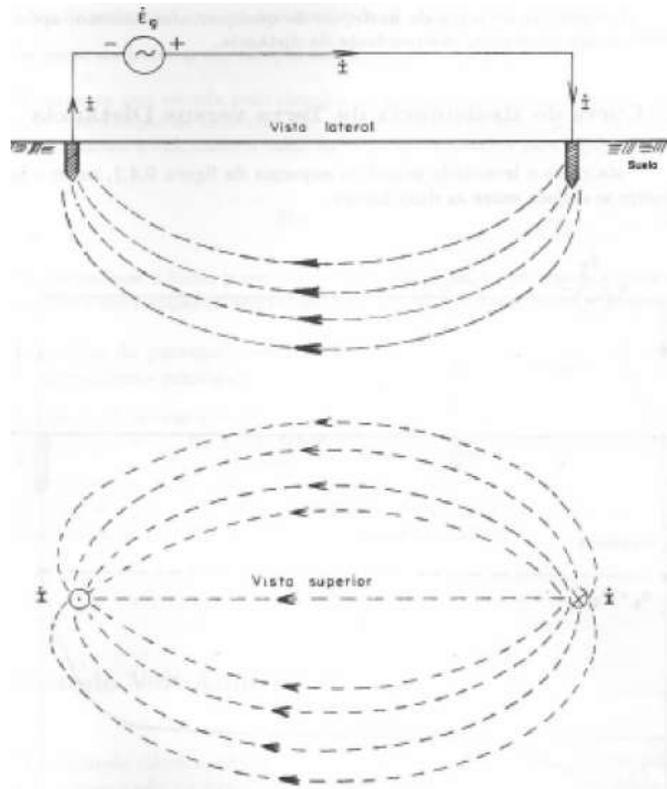


Figura 3.16 dos jabalinas enterradas en el suelo y una fuente de corriente conectada a las mismas.

Como se ve en la figura, la densidad de corriente es máxima junto a la jabalina, y disminuye a medida que nos alejamos de la misma, y podemos expresar la resistencia de la puesta a tierra

Como

$$R_T = \rho \sum_i \frac{\Delta x_i}{S_i} \tag{Ec.3.20}$$

Donde S_i es la superficie de una superficie equipotencial y Δx_i la distancia entre dos superficies equipotenciales que puede considerarse que tienen la misma superficie ($S_i = S_{i+1}$).

Al aumentar la distancia a la jabalina las líneas de corriente divergen, Si crece y la resistencia tiende a alcanzar un valor constante. Por lo que la resistencia de la puesta a tierra corresponde a la región del suelo donde las líneas de corriente convergen y luego se mantiene constante hasta que influye la segunda jabalina. Si se considera ahora el esquema de medición completo:

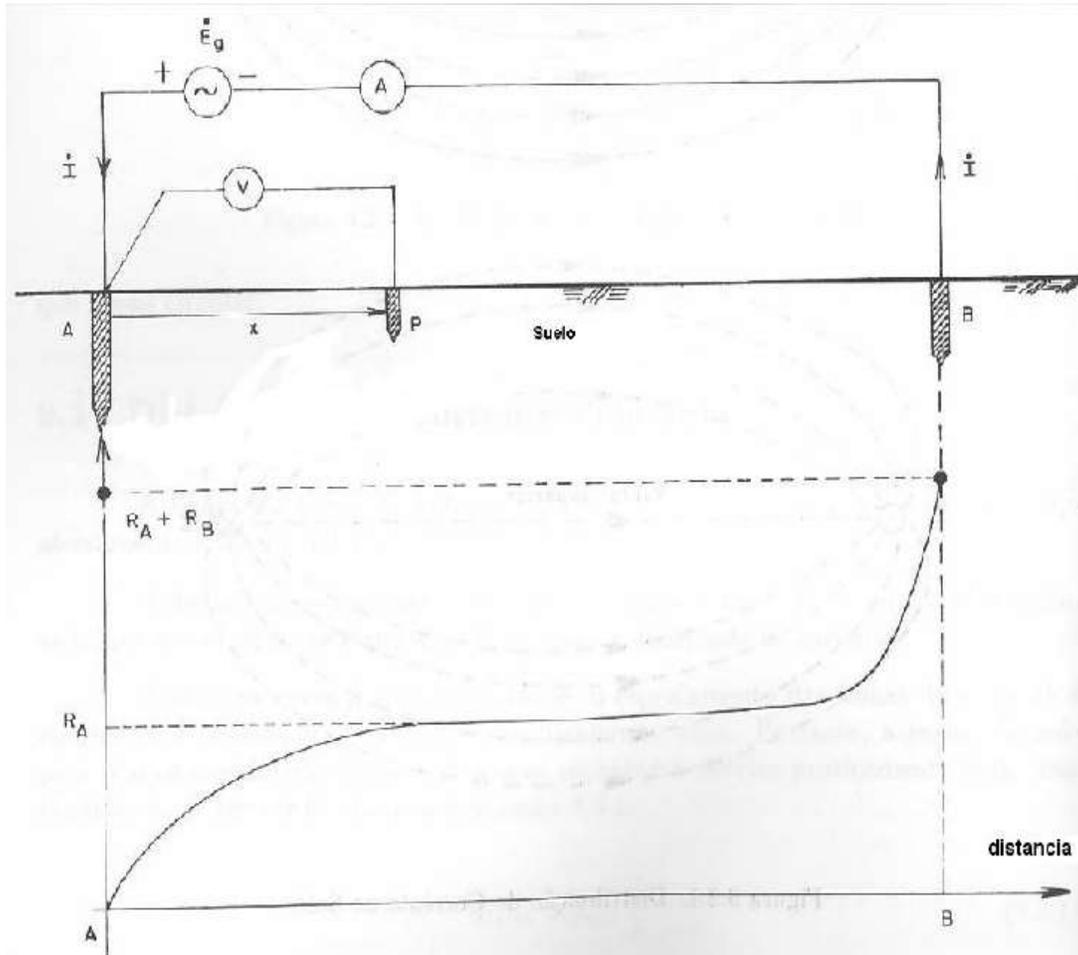


Figura 3.17 Esquema de medición completa

Dónde:

A es la puesta a tierra cuya resistencia se quiere medir,

B es la pica auxiliar de corriente, y

P es la pica auxiliar de tensión,

Se puede obtener la curva que se muestra en la figura, desplazando la pica auxiliar de tensión desde la puesta a tierra hacia la pica auxiliar de corriente, y

considerando que la pica de tensión no altera la distribución de corriente. Donde R_A es el verdadero valor de la puesta a tierra y se encuentra aproximadamente en el 62% de la distancia entre A y B².

² Puesta a tierra y conductores de protección
http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/iiee/Documentos/Teorico/Puesta_tierra.pdf

CAPÍTULO 4

SISTEMA AUXILIAR Y CÁLCULO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

En el proceso del diagnóstico energético, el levantamiento de datos es la etapa de mayor importancia para el buen desarrollo del estudio, debido a que las subsecuentes etapas están fundamentadas en ella.

El consumo adecuado y asequible de energía es indispensable para el desarrollo económico y social de un país. La situación actual exige cambiar la forma en que se produce y consume la energía para garantizar un desarrollo económico sustentable, al mismo tiempo que se satisfacen las necesidades energéticas por medio del uso racional de los recursos y las tecnologías.

Los indicadores de eficiencia energética son una herramienta útil para ello, ya que describen de forma detallada cómo ciertos factores determinan o impulsan el uso de la energía en los distintos sectores de la economía. Así mismo, dichos indicadores permiten conocer las áreas potenciales de mejora en la eficiencia energética y el alcance en el ahorro de energía por sector, además de proporcionar información desde una perspectiva social como la equidad en el acceso y distribución a los recursos energéticos. Las bases están aquí, ahora el reto es la mejora y expansión de dicha base de información.

4.1 Cálculos, especificaciones y requerimientos bajo la NOM-001-SEDE-2005

El alcance de la presente memoria exige el diseño de la red de distribución de media tensión. La descripción que se presenta a continuación es basándose al proyecto ejecutivo de media tensión (diseñado por el ente autorizado para las gestorías correspondiente ante la CFE para su aprobación) con fines ilustrativos para ligarlo al sistema de baja tensión.

El suministro eléctrico, será en Media Tensión alimentando con una acometida doble de 600A a un seccionador de 4 vías en SF6 y derivando en sistema de 200 A para formar un anillo. Para ello se hace uso de muretes derivadores de 7 vías que alimentarán radialmente al transformador. Los diagramas unifilares se encuentran en el **anexo 2**

Para los servicios propios del inmueble (en todo su conjunto) se alimentará de un transformador con capacidad de 225 kVA, mismo que estará localizado en el sótano 1. Comprendiendo cargas de: alumbrado, fuerza, receptáculos, HVAC, bombeo, sistema contra incendio, cargas reguladas, etc.

Con la finalidad de garantizar la continuidad en el servicio eléctrico para los servicios propios del inmueble (en caso de presentarse una falla de la Compañía Suministradora) contará con el respaldo de una planta generadora de 200 kW con caseta acústica. Como se señaló anteriormente, es importante mencionar que el diseño de la red de media tensión es realizado por el ente encargado de realizar la gestión correspondiente con la compañía suministradora de energía eléctrica (Comisión Federal de Electricidad, CFE), así mismo será responsable del proyecto para la concentración de medidores tanto en baja y media tensión para todos los servicios del inmueble.

La distribución de la alimentación en media tensión será mediante soportería tipo charola, a lo largo de todas las trayectorias (tanto horizontales como verticales).

- **Partición de Responsabilidades**

Como se mencionó anteriormente, el diseño de la Red de Distribución en Media Tensión (ligado a la obra civil y electromecánica correspondiente, e incluyendo concentración de medidores), es realizado por otros.

El cálculo de alimentadores en baja tensión para “Servicios Particulares” con transformador propio, se *“proyecta exclusivamente para dimensionamiento de canalizaciones, pasos en losa (en caso de requerirse), así como de los espacios necesarios para la instalación de sus*

equipos con su respectiva obra civil; siendo responsable los arrendatarios y/o propietarios de cada espacio de su propia obra eléctrica.

Para los locatarios Comerciales, Fast Court y Oficinas en *Baja Tensión*, el diseño del proyecto abarca a partir del interruptor principal de la concentración de medidores, y hasta dejar las puntas eléctricas en un registro en el interior del local u oficina. La instalación eléctrica de estos será por parte de los arrendatarios y/o locatarios de estos lugares.

- **Densidades de carga**

Densidades de Carga basándose en las necesidades de sus arrendatarios y/o locatarios (para servicios en Baja Tensión), mostrándose a continuación:

Para los espacios con *Servicios Particulares* (suministro en Media Tensión), Grupo Inmobiliario Gigante asignó el total de kVA's para cada área, utilizando el mismo criterio que es en base a los requerimientos de sus arrendatarios y locatarios.

Tabla 4.1 Densidad de carga

Espacio:	Densidad de Carga [W/m²]
Locales Comerciales:	150.00
Locales Fast Court	350.00
Oficinas	100.00

A continuación se muestran las tablas de cargas preliminares

Tabla 4.2 Selección del transformador

MEMORIA DE CALCULO PROYECTO ELECTRICO											
OBRA : NAVE ALVERDE, LERMA EDO. DE MÉXICO											
ELABORO : ING. MANUEL ORDOÑEZ HERNANDEZ											
FECHA : JULIO DE 2015											
POR AMPACIDAD											CONDUC. (AWG)
EQUIPOS	VA INS.	VA DEM.	FASES	HILOS	FP COSφ	E / En (V)	I (A)	FA	FT	Ic (A)	
TAB. A	24,783	24,783	3	4	0.9	220 / 127	65.12	1	1	65.12	4
TAB. B	24,742	24,742	3	4	0.9	220 / 127	65.01	1	1	65.01	6
TAB. C	24,742	24,742	3	4	0.9	220 / 127	65.01	1	1	65.01	6
TAB. D	24,742	24,742	3	4	0.9	220 / 127	65.01	1	1	65.01	6
TAB. E	24,742	24,742	3	4	0.9	220 / 127	65.01	1	1	65.01	6
TAB. F	24,742	24,742	3	4	0.9	220 / 127	65.01	1	1	65.01	6
TAB. S	23,087	23,087	3	4	0.9	220 / 127	60.66	1	1	60.66	6
RESERVA	50,000	50,000									
TOTAL	221,580	221,580									
POR LO QUE EL TRANSFORMADOR SELECCIONADO ES DE 225 KVA											

Tabla 4.3 Concentración de medidores

3 FASES , 4 HILOS, 220 / 127V, 60HZ.										
$S = (3.46 * L * I) / (E * e\%)$ $e\% = (3.46 * L * I) / (E * S)$					$e(v) = I * L * (R \cos \theta + X \text{ Sen } \theta) / 1000$ $e\% = 100 * e(v) / E_n$					
CAIDA DE TENSION POR RESISTENCIA					CAIDA DE TENSION POR IMPEDANCIA					
L (m)	S calculada (mm2)	S conductor (mm2)	e (%)	CONDUCC. (AWG)	R (ohm/km)	X (ohm/km)	Senθ	e (volts)	e (%)	CONDUCC. (AWG)
	CAIDA DE TENSION MAXIMA PERMITIDA (%)		2.5		CAIDA DE TENSION MAXIMA PERMITIDA (%)		2.5			
141	57.76	85.01	1.70	4/0	0.207	0.167	0.436	2.38	1.87	4/0
129	52.76	85.01	1.55	3/0	0.259	0.171	0.436	2.58	2.03	3/0
100	40.90	53.5	1.91	1/0	0.39	0.18	0.436	2.79	2.20	1/0
83	33.94	53.5	1.59	1/0	0.39	0.18	0.436	2.32	1.82	1/0
55	22.49	33.6	1.67	2	0.66	0.187	0.436	2.42	1.90	2
35	14.31	21.2	1.69	4	1.02	0.197	0.436	2.28	1.80	4
10	3.82	13.3	0.72	4	1.02	0.197	0.436	0.61	0.48	4

Tabla 4.4 Conductor THW-LS, temperatura de operación 75°C temperatura ambiente 30°

FD = FACTOR DE DEMANDA FA = FACTOR DE AGRUPAMIENTO FT = FACTOR DE DE TEMPERATURA				
ALIMENTADOR				
Ip (A)	CAPACIDAD INTERRUPTOR (A)	CABLEADO (F, N)	TIERRA (d)	DIAMETRO CAN. (mm)
81.39	3P-80	3-4/0, 1-4/0	6	63
81.26	3P-80	3-3/0, 1-3/0	6	63
81.26	3P-80	3-1/0, 1-1/0	6	53
81.26	3P-80	3-1/0, 1-1/0	6	53
81.26	3P-80	3-2, 1-2	6	41
81.26	3P-80	3-4, 1-4	8	35
75.82	3P-80	3-4, 1-4	8	35

Tabla 4.9 Tablero F

TABLERO F		ALUMBRADO 5,212 VA						ALIMENTADOR 3 F 4 H 220 / 127 V					
MARCA SQD CAT. QO30		CONTACTOS 630 VA						FECHA JULIO DE 2015					
OBRA NAVE ALVERDE		OTROS VA											
UBICACIÓN PLANTA BAJA		RESERVA 18,900 VA						TOTAL 24,742 VA					

N	W N° CIRC.	237	172	86	25	180	180	6300	RES	N° CIRC.	V.A.	F	H	E	L(m)	I(A)	e% s(mm²) calculo	s(mm²) cond.	Tamaño AWG	e% real	FASES			I(A) prot.	Prot. (A)		
																					A	B	C				
																					1	2	3				
1	5									1	1,315	2	2	220	43	5.98	1.87	3.31	12	1.41	658			7.47	2P - 15 A		
3	6									3	1,578	2	2	220	35	7.17	1.83	3.31	12	1.38	789		789	8.97	2P - 15 A		
5	7									5	1,841	2	2	220	27	8.37	1.64	3.31	12	1.24	921		921	10.46	2P - 15 A		
7								1		7	6,300	1	2	127								6,300					
9								1		9	6,300	1	2	127									6,300				
11										11																	
13										13																	
15										15																	
17								1		17	6,300	1	2	127										6,300			
19										19																	
21										21																	
23										23																	
25										25																	
27										27																	
29										29																	
31										31																	
33										33																	
35										35																	
37										37																	
39										39																	
41										41																	
43	2					2				2	400	1	2	127	25	3.15	0.99	5.26	10	0.47	400				3.94	1P-15A	
45	4				1	1				4	230	1	2	127	25	1.81	0.57	5.26	10	0.27			230		2.28	1P-15A	
47	6				1		1			6	96	1	2	127	19	0.76	0.18	3.31	12	0.14				96	0.94	1P-20A	
49										8																	
51										10																	
53			2							12	382	2	2	220	35	1.74	0.44	3.31	12	0.33				191		2.17	2P - 15 A
55										14																	
57										16																	
59										18																	
61										20																	
63										22																	
65										24																	
67										26																	
69										28																	
71										30																	
73										32																	
75										34																	
77										36																	
79										38																	
81										40																	
83										42																	
TOTAL DE UNIDAD		18	2	1	1	2	1		3		24,742																
TOTAL W.		4,266	344	86	25	360	180		18,900		24,161																
TOTAL V.A.		4,734	382	96	30	400	200		18,900		24,742													8,147	8,299	8,297	

INI. SELECCIONADO
3P-80A

I. NOMINAL EN AMP.
66.01

I. DEMANDA EN AMP.
61.76

I. SELCCION DE INT.
77.11

DESBALANCEO
1.84%

Tabla 4.10 Tablero S

TABLERO		S								ALUMBRADO				2,509 VA				ALIMENTADOR				3 F 4 H 220 / 127 V							
MARCA		SQD CAT. QO30								CONTACTOS				400 VA				FECHA				JULIO DE 2015							
OBRA		NAVE ALVERDE								OTROS				5,178 VA				TOTAL				23,087 VA							
UBICACIÓN		PLANTA BAJA								RESERVA				15,000 VA				TOTAL				23,087 VA							
N	W	237	172	86	25	287	180	180	2589	5000	RES	N°	V.A.	F	H	E	L(m)	I(A)	e%	s(mm²)	s(mm²)	Tamaño	e%	FASES			I(A)	Prot. (A)	
	CIRC.											CIRC.							calculo	cond.	AWG	real	A	B	C	prot.	Prot. (A)		
	V.A.	263	191	96	30	318	200	200	2589	5000									2.5				<2						
1	1		1									1																	
3	3											3	191	2	2	220	43	0.87	0.27	5.26	10	0.13		96			1.09	2P - 15 A	
5	5											5																	
7	7		3									7	573	2	2	220	35	2.60	0.66	5.26	10	0.32		287		287	3.26	2P - 15 A	
9	9											9																	
11	11		1									11	191	2	2	220	27	0.87	0.17	5.26	10	0.08			96	96	1.09	2P - 15 A	
13	13				2	3						13	282	1	2	127	25	2.22	0.70	3.31	12	0.53		282					
15	15						2					15	400	1	2	127	25	3.15	0.90	5.26	10	0.47			400				
17	17									1		17	5,000	1	2	127											5,000		
19	19									1		19	5,000	1	2	127									5,000				
21	21									1		21	5,000	1	2	127										5,000			
23	23											23																	
25	25											25																	
27	27											27																	
29	29											29																	
31	31											31																	
33	33											33																	
35	35											35																	
37	37											37																	
39	39											39																	
41	41											41																	
2	2					2						2														318		3.61	2P - 15 A
4	4											4														318			
6	6											6	636	2	2	220	41	2.89	0.86	5.26	10	0.41				318		3.61	2P - 15 A
8	8					2						8	636	2	2	220	35	2.89	0.74	5.26	10	0.35		318					
10	10											10																	
12	12								2			12	5,178	3	4	220	150	13.60	12.84	21.15	4	1.75		1,728		1,728	2.19	3P-30A	
14	14											14														1,728			
16	16											16																	
18	18											18																	
20	20											20																	
22	22											22																	
24	24											24																	
26	26											26																	
28	28											28																	
30	30											30																	
32	32											32																	
34	34											34																	
36	36											36																	
38	38											38																	
40	40											40																	
42	42											42																	
TOTAL DE UNIDAD		0	5	2	3	4	2	0	2	3			23,087																
TOTAL W.		0	860	172	75	1,148	360	0	5,178	15,000			22,793																
TOTAL V.A.		0	955	192	90	1,272	400	0	5,178	15,000			23,087												8,026	7,635	7,426		

4.3 Obra Civil y Electromecánica

Antes de iniciar los trabajos, el contratista deberá considerar la mano de obra de primera calidad, hecha por personal competente calificado y con amplia experiencia en este tipo de trabajos.

Todo el material y el equipo empleado deben cumplir con las normas oficiales mexicanas (NOM), y a falta de estas, con las normas mexicanas (NMX). Deben contar con un certificado expedido por un organismo de certificación de productos acreditados y aprobados (ANCE). Artículo 110-2 de la NOM. Los trabajos de las instalaciones eléctricas, deberán hacerse con herramientas apropiadas y no se admitirán los trabajos desarrollados con herramientas inadecuadas.

La posición exacta de las salidas eléctricas, contactos, alumbrado, etc., así como las trayectorias de las canalizaciones, deberán fijarse en la obra, de acuerdo con los planos de proyecto, las especificaciones respectivas y la Dirección de Obra.

Las estructuras, herrajes, colgadores, soportes, necesarios para la instalación y montaje de las canalizaciones y equipos eléctricos, serán suministrados e instalados por el contratista eléctrico.

Los trabajos de obra civil, albañilería, yeso, pintura, jardinería y/o decoración, etc. que son necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, relativos a las instalaciones eléctricas serán hechas por otros contratistas, en común acuerdo con la dirección de la obra, siempre y cuando estos trabajos sean programados con anticipación de los trabajos respectivos, de otra forma, serán por cuenta del contratista eléctrico. Todos los materiales y equipos deberán ser instalados de manera correcta y limpia, la instalación de cualquier material o equipo que no se sujete a las normas, reglamentos y/o especificaciones, será removido y reinstalado y/o repuesto sin costo adicional para el propietario. Cualquier cambio o modificación a las especificaciones y planos de proyecto, no podrán efectuarse sin autorización escrita de la Dirección de la Obra previo presupuesto autorizado.

4.3.1 Coordinación y Aprobación

- **Consideraciones**

- El contratista deberá asistir a las juntas de coordinación que programe la Dirección de Obra, con el fin de solucionar problemas y no retrasar el avance de la obra.
- El contratista elaborará y presentara a la Dirección de la Obra, un programa de obra desglosado, en el cual muestre el tiempo de ejecución de sus trabajos coordinados con el avance de las instalaciones.
- El contratista se obliga a llevar bitácora de obra, para lo cual deberá tener permanentemente en la obra.
- La aprobación de las instalaciones ante la Unidad Verificadora, así como también la obtención del visto bueno por la misma para contratar el servicio eléctrico, son responsabilidad del contratista eléctrico, para ello presentará los planos (As-Built) actualizados de los cambios o ajustes propios de la instalación.

- **Instructivo de operación y manejo**

- El contratista deberá entregar un instructivo para operación y manejo de los diferentes sistemas que haya instalado.

- **Manuales de mantenimiento**

- El contratista deberá entregar los manuales oficiales de mantenimiento de los equipos instalados, certificados por los fabricantes y/o proveedores de los mismos.

- **Catálogos**

- Independientemente de los instructivos y manuales, el contratista deberá entregar un juego completo de catálogos de todos los equipos y materiales instalados.

Dibujos y boletines técnicos

El contratista deberá entregar los dibujos y boletines técnicos (con especificaciones) de todos los equipos, incluyendo los dibujos y datos de cimentaciones y /o bases de los mismos

4.3.2 Tuberías

Las tuberías tendrán una sección recta adecuada para alojar los conductores, de acuerdo con lo establecido en la NOM-001-SEDE-2005 tabla 10-1, esto es:

- Para un conductor se permite utilizar hasta 53% de la sección recta.
- Para dos conductores el 31%
- Para más de dos conductores el 40% mínimo (incluyendo la sección del cobre y del aislamiento). Las tuberías deberán ir separadas de otras instalaciones para evitar daños que pudieran sufrir en caso de fallas.
- Las curvas de 90° en tubos, se harán con herramientas apropiadas para evitar las disminuciones de las secciones rectas y los radios interiores de dichas curvas deberán estar de acuerdo con el diámetro de las tuberías en la tabla 3.8 de la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización) 346-10:

Tabla 4.11 diámetro de las tuberías

Tamaño nominal de la Tubería (mm)	Con herramientas de doblar de un solo golpe o de zapata plena (mm)	Otros dobleces (mm)
16 (1/2")	102	102
21 (3/4")	114	127
27 (1")	146	152
35 (1 1/4")	184	203
41 (1 1/2")	210	254
53 (2")	241	305
63 (2 1/2")	267	381
78 (3")	330	457
103 (4")	406	610
129 (5")	610	762
155 (6")	762	914

- Las curvas de 90° serán con codos de línea del fabricante.
- Las tuberías con más de 20 metros de longitud en un diámetro menor de 27 mm, deberán tener una caja de registro cada 20 m, y en ningún caso aceptara más de tres curvas en ángulo recto (90°) o varios dobleces equivalentes.
- Las tuberías conduit deberán conservarse limpias.

- Las tuberías se acoplaran a las cajas de registro y salidas de interruptores, por medio de sus conectores especiales y contratuercas; invariablemente todas
- las tuberías y conectores deberán tener un monitor para proteger el aislamiento de los conductores.
- Las tuberías que se instalen en forma ahogada en losas y/o pisos, deberán fijarse firmemente a las cimbras junto con sus cajas, después de que se haya colocado el armado.
- Las tuberías colocadas deberán taponarse en sus extremos y salidas para evitar la introducción de cuerpos extraños, evitando dificulten o impidan el alambrado.
- Ninguna tubería podrá sujetarse a otras tuberías eléctricas o no eléctricas (agua, ductos de aire acondicionado, etc.) ni de estructura de plafones falsos. Tampoco se podrán instalar usando amarres de alambre o soportes de madera.
- La tubería a instalar debe ser Pared Delgada Galvanizada (PDG) por piso, muros, plafón y estructura.
- Las tuberías deberán soportarse a no más 0.91 m de los registros de conexiones y los soportes intermedios espaciados a un máximo de 1.50 m. Artículos 345 y 348 de la NOM.
- La soportería deberá protegerse contra corrosión, de acuerdo con el artículo 300-6 de la NOM. Se permite la instalación en soporte tipo charola para cables tubo conduit metálico, artículo 318-3.
- Para cruce de juntas constructivas utilizar tubo flexible del tipo Liquid-Tight¹.

¹ Conducto flexible hermético a los líquidos (UL Liquid Tight Conducto flexible de acero) es aprobado por el laboratorio UL 360 estándar (Cert. N ° E318661) para garantizar la conformidad con los requisitos de seguridad de los productos electrónicos. La UL tubo de serie aparece puede utilizar individualmente o ensamblados a un mazo de cables. El material de recubrimiento exterior es con características de resistencia resistente al aceite y UV. El color de la capa externa es opcional para el negro o gris.

http://conduit.flexibletube.com/en/2_2333_55410/product/Liquid_Tight_Flexible_Conduit_id311830.html Pagina recuperada, Diciembre 28 de 2015

- Se deberá instalar la soportería apropiada como mínimo cada 1.50m en cualquier dirección y trayecto de tuberías.

4.3.3 Caja de Conexiones

Todas las cajas deberán fijarse a la construcción y ninguna podrá sujetarse exclusivamente por medio de las tuberías o ductos que se amarran a ellas.

Deberán taparse durante la construcción, para evitar la introducción de cuerpos extraños. Deberán quedar con tapas y/o placas y en ningún caso se permitirá que las cajas queden abiertas.

Deben estar puestas a tierra; la cual se realizara con una conexión entre el conductor o conductores de puesta a tierra de cualquier equipo y la caja metálica por medio de un tornillo de tierra que no tenga otro uso o de un dispositivo aprobado y listado para puesta a tierra.

El tamaño de las cajas registro debe ser suficiente para el numero y calibre de conductores, y número y tamaño de tubos que coincidan en dicho registro. Artículo 370-16 de la NOM.

4.3.4 Conductores

La instalación de conductores dentro de las tuberías, solo podrá hacerse en las secciones de tuberías que están totalmente terminadas y soportadas. Los conductores deberán ser continuos de caja a caja, sin empalmes y conexiones dentro de las tuberías.

El número de conectores que pueden instalarse en una tubería, estará limitado por las NOM-001-SEDE-2005 tablas de Apéndice C, de instalaciones eléctricas en vigor.

El calibre del conductor mínimo para circuitos derivados de alumbrado será el número 12 AWG y para circuitos derivados de contactos calibre 10 AWG (a menos que se indique de forma distinta en el proyecto).

El aislamiento de los conductores deberá ser de diferente color para facilitar su identificación de acuerdo con el código de color que establece la NOM-001-SEDE-2005. Los conductores se instalarán sin cortes y conexiones en cajas intermedias, cuando no se tengan que alimentar salidas eléctricas de dichos conductores. Para que los conductores deslicen fácilmente dentro de los tubos, se recomienda el uso de compuestos especiales o talco, prohibiéndose el uso de aceite y grasas que dañan el aislamiento.

Las conexiones entre conductores se harán con conectores plásticos de media vuelta o a base de soldadura con un metal de aleación fundible, estos deberán de unirse previamente dejando al último un encintado o con conectores mecánicos de cobre, aislados con las capas necesarias para igualar la resistencia dieléctrica del aislamiento del conductor y el aislamiento plástico, cubriendo además con cinta de fricción para su protección mecánica.

Antes de proceder a hacer las conexiones, se harán las pruebas necesarias para comprobar que se han seleccionado correctamente todos los circuitos, de acuerdo con los planos de proyecto; siendo necesario para ello, instalar y conectar los interruptores derivados del tablero respectivo.

Se instalará cable de cobre suave trenzado concéntrico normal clase "B" (calibre indicado en proyecto) con aislamiento termoplástico tipo THHW-LS, 75°C (antiflama de baja emisión de humos), 600 Vca. Artículo 518-4(a) de la NOM.

A excepción del hilo de puesta a tierra que como se indica debe ser sin aislamiento.

Se instalará cable de Aluminio con armadura metálica tipo MC, aislamiento XHHW-2-LS, 75°C, antinflama y baja emisión de humos (calibre indicado en proyecto), 600 Vca. El tamaño nominal mínimo de los conductores debe ser de 13,3 mm² (6 AWG).

Se permite instalarse: expuestos u ocultos; en soportes tipo charola para cables; en cualquier canalización; en tramos abiertos; en lugares secos e instalados directamente bajo yeso, ladrillo u otro material de mampostería, excepto en lugares húmedos o mojados. Artículo 334-3, -20 y -24 de la NOM.

Los cables tipo MC deben instalarse cumpliendo las disposiciones de los Artículos 300, 710, 725 y 770-52 que les sean aplicables. La capacidad de conducción de corriente de los cables tipo MC instalados en soporte tipo charola para cables debe calcularse de acuerdo con lo indicado en artículo 318-11.

Los cables tipo MC deben apoyarse y sujetarse a intervalos no mayores de 1.80 m en soporte tipo charola para cables, deben cumplir con lo establecido en el Artículo 318 de la NOM. Todas las curvas de los cables MC deben hacerse de manera que el cable no sufra daños. Los accesorios usados para conectar los cables tipo MC a cajas, gabinetes u otro equipo deben estar aprobados e identificados para ese uso. Artículo 334-12.

Los cables armados MC de aluminio instalados en charola, deberán estar separados mínimo el diámetro de cada conductor mayor o en su caso instalado conforme al punto 3.6.8 en el apartado instalación eléctrica en charola.

Todos los cables con armadura tipo metálica MC se deberán instalar sin empalmes en toda su trayectoria. Los conductores de tensión eléctrica nominal hasta 600 V, de circuitos de corriente alterna pueden ocupar la misma canalización. Todos los conductores deben tener un aislamiento adecuado para la tensión eléctrica máxima nominal del circuito de cualquier conductor dentro de la canalización. Artículo 300-3.

Se garantizara la continuidad y fijación del conductor de puesta a tierra de los circuitos derivados a las cajas de acuerdo al artículo 250-114(b) de la NOM, de tal forma que cuando más de un conductor de puesta a tierra entran en una caja todos los conductores deben ser empalmados con dispositivos aprobados. Se deben identificar las terminales de los dispositivos de puesta a tierra, como lo indica el artículo 250-119 de la NOM.

El cable tierra de cada circuito de los alimentadores (MC) deberá aterrizar directamente a la barra de tierra del tablero. Todos los conectores utilizados deberán ser bimetálicos. Para la selección de conductores deben considerarse los factores de temperatura agrupamiento caída de tensión, por corto circuito etc., el conductor neutro se considera como activo según la sección 310-15 nota 10 incisos C.

Los conductores deben cumplir con su código de colores y radios de curvatura como está establecido en el proyecto. Las tuberías que llegan a los tableros, estas no deben exceder del 40% de relleno quedando el 60% de espacio para ventilación de los cables como se indica en la tabla 10-4 de esta norma, más de dos conductores. Los registros y gabinetes que se utilizan deben ser de tamaño suficiente para proveer espacio libre a todos los conductores dentro de él, como se indica en la tabla 3.9 de la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización) 370-16b

Tabla 4.12 Código de colores

Fase	220/127V	480/277V
Fase A	Negro	Café
Fase B	Rojo	Naranja
Fase C	Azul	Amarillo
Neutro	Blanco	Gris Claro
Tierra	Desnudo O Forro Verde	Desnudo O Forro Verde

4.3.5 Conectores, cintas y marcadores

- Conectores mecánicos, metálicos, fundidos para: conexiones terminales empalmes, conexiones de equipos a tierra, conexiones de cable a tubería de agua o electrodo de tierra, etc.
- Conectores de plástico con rosca metálica interior están diseñados para adaptarse a diferentes tipos de conexiones para cables y alambres sólidos y flexibles en todas sus posibles combinaciones.
- Los conectores de plástico con rosca metálica interior pueden conectar los conductores con áreas entre 0.5 m² y 8.31 mm², que pueden ser unidos.
- Conectores de plástico con rosca interior para conexiones eléctricas para diferentes combinaciones con Norma NOM-SEDE-2005.
- Cinta de aislar plástica de 19 mm de ancho para proporcionar un aislamiento de las conexiones previamente soldada igual al aislamiento de los conductores, en cuanto a rigidez dieléctrica se refiere de la Marca. Scotch no. 33.
- Cinta de fricción, ahulada y adhesiva de 19 mm de ancho, para proporcionar protección mecánica a la cinta que brinda el aislamiento en las conexiones.
- Marcadores para identificación de circuitos y conductores en: terminales, tableros y equipos varios impresos con letras o números en un lado, y con material adhesivo en el otro.

4.3.6 Tableros e Interruptores

Todos los tableros deberán llevar la lista de los interruptores derivados con una leyenda escrita claramente y protegida con mica, identificando los circuitos derivados, conforme lo establece la NOM 001-SEDE-2005.

Todos los conductores (terminales) en los tableros e interruptores deberán quedar identificados.

En todos los interruptores y equipo de control deberá dejarse un letrero indicando el circuito y el equipo que protegen y controlan.

Todos los tableros deberán quedar balanceados eléctricamente.

- **Protección del alimentador** De acuerdo al artículo 240-6, las capacidades normalizadas para interruptores y fusibles son:
 - 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 amperes.
 - De acuerdo al artículo 240-3, los conductores deberán protegerse contra sobrecorriente de acuerdo a lo siguiente:
 - “240-3-b dispositivos con rango de 800a 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”.
 - “240-3-c. dispositivos con rango mayor a 800a, la capacidad de los conductores debe corresponder a corriente nominal normalizada del interruptor, o bien ser mayor”.
- **Accesorios para Alumbrado y receptáculos**
 - Los apagadores y receptáculos deberán protegerse con cinta de plástico y contra fricción cubriendo los puntos de conexión y puntos vivos, antes de fijarlos en las cajas respectivamente.
 - Los apagadores se instalaran a la altura de 1.2 metros sobre el piso terminado.
 - Apagadores operación silenciosa de acuerdo con los planos de proyecto y de la marca indicada en los planos. Los apagadores sencillos serán de 1 polo, 15 Amp. 127 volts.}
- **Pruebas**
 - Pruebas de rigidez dieléctrica (aislamiento). Esta prueba deberá hacerse en todos los circuitos por medio de un megger, de acuerdo con los que establecido por el fabricante y la NOM 001-SEDE-2005.

En la tabla 3.10 se dan los valores mínimos de resistencia del aislamiento, según las capacidades de conducción de los conductores, en condiciones de operación normales.

Tabla 4.13 valores mínimos de resistencia del aislamiento

Capacidad de conducción (amperes) o calibre del conductor.	Resistencia del aislamiento para conductores con aislamiento para 600 Volts en Ohm.
Núm. 12 y menores	1.000
25 a 50 amp.	0.250
51 a 100 amp.	0.100
101 a 200 amp.	0.050
201 a 400 amp.	0.025

Los valores anteriores deberán medirse con todos los tableros, interruptores, dispositivos de protección contra sobre corriente, instalados y conectados en su lugar. Se deberá probar la continuidad de conexión a tierra de todos los conductores de conexión a tierra, cajas, partes metálicas de los equipos y partes metálicas de la instalación accesibles a las personas. Así como medir las resistencias a tierra y esta deberá estar dentro de los límites especificados por la NOM-001-SEDE-2005.

Todas las pruebas deberán efectuarse en presencia de la dirección de la obra y se deberán registrar por escrito todos los resultados de las mismas, será requisito indispensable para la recepción de la instalación eléctrica, la presentación de dichos resultados.

4.4 Tubo Conduit Metálico y Accesorios

4.4.1 Tubo Conduit Rígido Pared Delgada. Tubo conduit metálico rígido, de Pared Delgada, Galvanizado, del diámetro marcado en los planos de proyecto.

- **Tubo conduit no metálico.** Tubo conduit no metálico rígido de PAD. Tubo conduit, rígido de PAD (Polietileno de Alta Densidad), del diámetro marcado en los planos de proyecto.

- **Accesorios para Tubo conduit PAD.** Conectores (contras y monitores), coples o uniones, coples de dilatación y codos de 90°: hechos de PAD del diámetro de tubo y de la misma Marca.
- **Tubo conduit metálico flexible.** Tubo conduit metálico, flexible, de lámina de acero galvanizada, de uso normal, temperatura de aplicación 75° C máximos, Liquid-Tight para instalarse en juntas constructivas y conexión de equipos.
- **Accesorios para tubo conduit metálico flexible.** Conectores rectos tipo macho y hembra, conectores curvos (codo 90') y empaques de neopreno para tubo conduit metálico flexible y hermético.

4.4.2 Cajas y accesorios

- Cajas registró metálicas troqueladas.
- Caja cuadradas de 100 mm para tubo conduit de 13 mm de diámetro de lámina de acero rolada en frío, reforzada cal. 20, troquelado profundo de 32 mm como mínimo, con las siguientes salidas, 5 de 13mm de diámetro en fondo y 10 salidas entre los 4 lados de 13 mm; para instalaciones ocultas.
- Cajas cuadradas de 100 mm, para tubo conduit de 16 y 21 mm de diámetro de lámina de acero rolada en frío, reforzada cal. 20 troquelado profundo de 38 mm como mínimo, con las siguientes salidas, 8 para 21 mm en el fondo, 1 para 13mm y 4 para 19 mm entre los 4 lados; para instalaciones ocultas.
- Cajas rectangulares chalupas y cuadradas de lámina de acero rolada en frío, reforzada cal. 20 troquelada profundo, con salidas preparadas, para tubo conduit, para instalaciones ocultas.

4.4.3 Accesorios para cajas registro metálicas troqueladas

- Tapas de lámina de acero rolada en frío, reforzada cal. 20 de la misma marca de las cajas, todas con salida para tubo conduit de 13 mm de diámetro.

- Sobretapas sencillas para cajas cuadradas de 100 mm, fabricadas en lámina de acero rolada en frío, reforzada, cal. 20 troqueladas para instalaciones ocultas de la misma marca de las cajas, según el diámetro indicado.
- Cajas registro metálicas especiales (en caso de necesitarse)
- Cajas metálicas especiales, serán de lámina negra de acero rolada en frío, cal. 20 de dimensiones necesarias según el número de tuberías que rematen indicado en planos de proyecto y/o adecuadas a los ductos conductores y conexiones, que cumplan con normas: tapa atornillada por tornillos cadminizados, terminadas en esmalte color gris anticorrosivo, secado al horno.
- Cajas registró metálicas fundidas. Cajas condulet, metálicas, de fundición de aluminio libre de cobre con recubrimiento de resina las series: ovalada, FS (rectangular) completas con tapas metálicas de fundición y empaques de neopreno, de la marca Crouse Hinds, Domex, o equivalente

4.5 Tableros de alumbrado, receptáculos, fuerza y distribución

Tableros de distribución de la energía eléctrica general, estarán trabajando a una tensión de 480/277 V, 3 Fases, 4 hilos, 60 Hz. en gabinetes autosoportados o de sobreponer tipo, además contarán con interruptores termomagnéticos, con interruptor principal o zapatas principales según se indique, de la marca Square D, de las características indicadas en los planos del proyecto y catálogo de conceptos.

Los tableros subgenerales y derivados se instalarán de acuerdo a lo especificado en el proyecto.

Como puntos principales se tienen:

- Revisar que la capacidad de las barras fases, tablillas del neutro y tierra sea la especificada.

- Que la capacidad nominal de los interruptores termomagnéticos derivados sea la indicada, así como su capacidad interruptiva.
- Que el gabinete esté debidamente aterrizado.
- Que los conductores cumplan con su código de colores espacios de trabajo y radios de curvatura como está establecido en el proyecto.
- Todos los tableros subgenerales, derivados e interruptores termomagnéticos deben estar debidamente identificados.
- No se deben realizar empalmes dentro de los tableros.

Para el cálculo de la alimentación eléctrica, protecciones y accesorios de cada equipo, se determina por medio de los siguientes artículos y tablas.

- **Artículo 430.** Circuitos de motores y sus controladores. Tabla 430-150 corriente eléctrica a plena carga. Tabla 310-16 capacidad de conducción de corriente permisible de conductores aislados.
- **Sección 430-24.** Varios motores y otras cargas.
- **Sección 430-32** motores de servicio continuo de más de 756w.
- **Interruptores y fusibles,** Interruptores de seguridad para servicio pesado y ligero con y sin portafusibles, construido en gabinete nema 1 en interiores y nema 3R para el área de exteriores, con operación manual de un tiro por medio de una palanca de navajas con protección de fusibles (cartuchos), tipo sencillo, para servicios: 3 Fases, 3 Hilos 480 VCA, 60 Hz.
- **Sistema de tierras.** La presente memoria no tiene como alcance el estudio del sistema de tierras. El calculista asignado deberá contemplar las puntas necesarias para aterrizar todos los equipos y envolventes (del presente proyecto) según lo indica el artículo 250 de la NOM.}
- **Instalación Eléctrica en Charola.** Los soportes tipo charola, se permite su uso para Cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral, para tubo conduit no metálico, para cable armado tipo AC, cables con armadura metálica, cables con cubierta no metálica, cables multiconductores para alimentadores y circuitos derivados subterráneos, etc., esto según el Art. 318-3 de la NOM-001 SEDE 2005.

- Los cables para uso en soportes tipo charola deben ser aprobados para ese uso. Para utilizar este tipo de soportería en el caso de los cables monoconductores estos deben ser de 21 mm² (4 AWG) o mayor, cuando se instalen cables monoconductores de tamaño nominal de 53.5 mm² (1/0 AWG) a 107 mm² (4/0 AWG) en soportes tipo escalera, la separación de los travesaños debe ser de 23 cm, como máximo. Cuando se instalen cables monoconductores de tamaño nominal menores a 53.5 mm² (1/0 AWG) y hasta 21.2 mm² (4 AWG) en soportes tipo escalera la separación de los travesaños debe ser de 16 cm como máximo.
- De acuerdo al artículo 318-6 de la NOM-001-SEDE-2005, los soportes tipo charola deben instalarse como sistemas completos, y si se realizan curvas o modificaciones, deben estar de manera que se mantenga la continuidad eléctrica del sistema. No se permite en el mismo soporte tipo charola cables de más de 600 V nominales con otros cables de 600 V o menores, a menos que estén separados por una barrera fija de material sólido compatible con el de la charola o cuando los cables de más de 600V sean tipo MC.
- En el soporte tipo charola se permite los empalmes siempre y cuando estén hechos y aislados con los métodos y accesorios aprobados. Los cables o conjunto deben fijarse firmemente y en forma segura a los travesaños de los soportes tipo charola en todos los tramos a distancias no mayores a 70 cm. El material de los amarres debe ser de forma que no afecte al aislamiento o cubierta de los cables y ser resistente a los esfuerzos dinámicos y en condiciones de falla.
- Cuando los cables monoconductores instalados en un soporte sean de (4 AWG) a (4/0 AWG), deben colocarse en una sola capa y la suma de los diámetros de los cables no debe exceder el ancho del soporte tipo charola. Cuando los cables monoconductores son cableados entre sí (triplex o cuádruplex) o son amarrados entre sí formando conjuntos, la suma de los diámetros de los conjuntos de cables no debe exceder el ancho del soporte tipo charola y los grupos deben colocarse en una sola

capa. Todo esto de acuerdo al artículo 318-9 de la NOM-001-SEDE-2005.

- De acuerdo al artículo 318-9, el número de cables multiconductores de 2 000 V nominales o menos permitidos en un soporte tipo charola para cables, no debe superar lo siguiente:
- Si todos los cables son menores de 107 mm² (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales incluyendo el aislamiento de todos los cables no debe superar la superficie máxima permisible de la columna 1 en la Tabla 3.11.
- Si en el mismo soporte se instalan cables de 107 mm² (4/0 AWG) o mayores con cables menores a 107 mm² (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales incluyendo el aislamiento de todos los cables menores a 107 mm² (4/0 AWG) no debe superar la superficie máxima permisible resultante del cálculo de la columna 2 de la Tabla 3.11 para el correspondiente ancho del soporte. Los cables de 107 mm² (4/0 AWG) y mayores se deben instalar en una sola capa y no se deben colocar otros cables sobre ellos.

Tabla 4.14 superficie máxima permisible

Ancho interior de la charola en (cm)	Columna 1	Columna 2*
15	45	45-(3Sd)**
21	68	68-(3Sd)
30	90	90-(3Sd)
45	135	135-(3Sd)
60	180	180-(3Sd)
75	225	225-(3Sd)
90	270	270-(3Sd)
*La superficie máxima admisible de la columna 2 se debe calcular		
** La expresión Sd de la columna 2 es la suma de los diámetros en cm de todos los cables multiconductores de 4/0 y mayores instalado en la misma charola con cables de menor calibre		

- **Alimentadores en Baja Tensión** Los alimentadores principales en B.T. para cada uno de los usuarios, así como para servicios propio se realizaran mediante cable armado de Aluminio, armadura metálica tipo MC,

configuración 3F-4H o 3F-3H según las características de la carga; y para circuitos derivados de servicios propios serán de cobre con aislamiento THHW-LS, según se indique en proyecto.

4.6 Memoria de Cálculo

Este subcapítulo es sobre la memoria de cálculo que tiene como finalidad mostrar los criterios de diseño y selección de los alimentadores principales y sus protecciones en baja tensión para cada uno de los usuarios.

4.6.1 Selección del Calibre

Para la selección adecuada del calibre de un conductor aislado de baja tensión (600 volts o menos) se consideran los siguientes factores.

- a) Por capacidad de conducción de corriente.** Capacidad de conducción de corriente. los conductores de los circuitos derivados deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la carga por servir y 125 % para cuando son cargas continuas art. 220-10 b) de NOM-001-SEDE-2005.

La capacidad de conducción de corriente para cables de aluminio aislados de baja tensión en canalización de soporte tipo charola se tomó de las tablas que indica la NOM-001-SEDE-2005 Art. 318-11 (b)(4), Tabla A-310-2 apéndice A, y Tabla 310-16 para más de 3 conductores en tubo conduit o cables directamente enterrados.

Las tablas están basadas para una temperatura ambiente de 40°C, cuando se tienen conductores al aire y 30°C para más de 3 conductores en una misma canalización o cuando se tiene una temperatura ambiente superior a 30°C en el local donde se tienen instalados los conductores. Los valores de ampacidad de las tablas se ven afectados por factores de corrección por agrupamiento y por temperatura respectivamente. Por consiguiente se consideran como factores de reducción de ampacidad, todos aquellos

factores que producen calentamiento en los conductores. Los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- b) Factor de corrección por agrupamiento:** Cuando más de 3 conductores son instalados en una misma canalización, tubo conduit o ducto cerrado, la ampacidad de cada conductor deberá ser reducida de acuerdo a la tabla 3.12

Tabla 4.15 capacidad de conductores en canalización

Número de conductores con corriente	Factor de corrección por agrupamiento
4 A 6	0.80
7 A 9	0.70
10 A 20	0.50
21 A 30	0.45
31 A 40	0.40
41 A MAS	0.35

- c) Factores de corrección por temperatura ambiente superior a 30 °C.** Cuando la temperatura ambiente exceda los 30 °C, en el lugar donde se instala el conductor, su ampacidad debe ser reducida de acuerdo a los factores de corrección de las tablas de la segunda sección, tabla 310- 16 del nom-001-sede-2005.
- d) Selección del calibre de un alimentador.** Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), establecen que en donde se tiene una operación normal en la cual la carga máxima constituye una carga continua como en el caso de un alumbrado del tipo comercial o cargas similares, la carga máxima deberá ser incrementada un 25% para el cálculo de los conductores del alimentador Art. 220-3 (a).
- e) Selección del calibre por caída de tensión.** El Art. 215 (215-2) de la norma oficial mexicana para instalaciones eléctricas, indica que la caída de tensión desde la entrada de servicio hasta el último punto de la canalización, de preferencia debe estar dentro de un 5%. Ya que se establece que los conductores para los alimentadores serán calculados con

una caída de tensión no mayor de 3% para cargas de fuerza o alumbrado o una combinación de las dos, la máxima caída de tensión recomendada para combinaciones de alimentadores y circuitos derivados de preferencia en un 5% global máximo.

Por consiguiente una vez que se ha seleccionado un conductor por ampacidad se debe verificar su calibre por caída de tensión.

f) Cálculo de la caída de tensión Para el cálculo de la caída de tensión de un conductor de Aluminio se aplica la siguiente fórmula por impedancia:

Para un sistema de 3 fases – 4 hilos.

$$e\% = \sqrt{\frac{3 \times 100 \times L \cdot \ln(R \cos \phi + X \sin \phi)}{V \cdot I}}$$

Donde

- R** = Resistencia del conductor en ohm/km
- X** = Reactancia del conductor en ohm/km
- ϕ** = Angulo de factor potencia
- e%** = Caída de tensión expresada en %
- L** = Longitud en metros del conductor
- I** = Corriente nominal del circuito

La caída de tensión global desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación, sea alumbrado fuerza, calefacción etc. no debe exceder del 5%, 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 del 3%.

Calibres mínimos permisibles (recomendados).

- Alumbrado: calibre 12 AWG a 8 AWG
- Contactos: calibre 10 AWG
- Fuerza: calibre 10 AWG a 500 kCM

g) Selección del conductor por ampacidad. Para seleccionar el conductor de un circuito de alumbrado y/o contactos se procede de la siguiente manera: Con el valor de la carga y el voltaje de operación se calcula la corriente nominal en amperes (in). Enseguida se aplican los siguientes factores:

- Factor de agrupamiento.
- Factor de temperatura.

Una vez aplicado estos factores, se obtiene la "corriente corregida" (Ic), con la cual buscado en tablas (y según corresponda el tipo de canalización) se selecciona el calibre que habrá de instalarse de acuerdo a la capacidad en amperes.

4.6.2 Ecuaciones de Cálculo

Cálculos de corriente

a) Para circuitos monofásicos (conociendo los Watts).

$$I_n = \frac{\text{Watts}}{(V_f - n) \times f.p}$$

b) Para circuitos trifásicos (conociendo los WATTS)

$$I_n = \frac{\text{Watts}}{(V_f - f) \times \sqrt{3} \times f.p}$$

Calculo de caída de tensión (por resistencia)

a) Para circuitos monofásicos.

$$e\% = \frac{4 \times L \times I_n}{(V_f - f) \times st}$$

b) Para circuitos trifásicos a (4 hilos)

$$e\% = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I_n}{(V_{f-f}) \times st}$$

Calculo de caída de tensión (por impedancia)

a) Para circuitos monofásicos.

$$e\% = \frac{2 \times l \times I_n \times (r \cos \phi + x \sin \phi)}{(V_{f-n})} \times 100$$

b) Para circuitos trifásicos a (4 hilos)

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \times l \times I_n \times (r \cos \phi + x \sin \phi)}{V_{f-f}} \times 100$$

Donde

Watts	potencia en Watts.
V _{f-n}	voltaje de fase a neutro (277 ó 127 volts)
V _{f-f}	voltaje entre fases (480 o 220 volts)
f.p.	factor de potencia, considerado 0.9
I _n	corriente nominal en amperes
l	longitud del conductor en metros
st	sección transversal del conductor en mm ²
e%	porcentaje de caída de tensión.
r	resistencia de conductor en ohm/ km
x	reactancia del conductor en ohm/ km.
Ø	ángulo del factor de potencia.

4.7 Artículos de aplicación de la Norma Oficial Mexicanas (NOM)

- Artículo 695. Bombas contra incendio.
- Tabla 430-150 corriente eléctrica a plena carga.
- Tabla 430-7(b) letras de código a rotor bloqueado.
- Tabla 310-16 capacidad de conducción de corriente permisible de conductores aislados en canalización cerrada.

1.- Obteniendo la In de la tabla: 430-150: $I_n = 52.00 \text{ A}$

Obteniendo kVA's por HP's a rotor bloqueado, tabla 430-7(b):

$$\text{KVA} = 6.29 * 40 = 251.60 \text{ kVA}$$

2.- Obteniendo la corriente a rotor bloqueado:

$$I_b = 251.60 / (0.48 * \text{raíz}(3)) = 302.62 \text{ A}$$

3.- Selección de la protección:

$$I_p = 1.25 * 52.00 = 65.00 \text{ A}$$

De esta manera se obtiene una protección de 3P-100 A de tipo magnético con ajuste de 300^a.

4.- Selección del Conductor para una carga de 300 A, Tabla 310-16 a 75°C:

1 MC de Aluminio – 500 kCM (253.35 mm², 1 conductores x fase), 310 A (XHHW).

5.- Justificando el conductor por corrección de corriente:

$$I_{cc} = 302.62 / (1.00 * 1.00) = 302.62 \text{ A}, \quad 302.62 \text{ A} < 310 \text{ A},$$

Por lo tanto Cumple

6.- Caída de tensión:

– Impedancia 1 conductores calibre 500 kCM (Al): $0.202 / 1 = 0.202 \text{ } \Omega/\text{m}$

– $e\% = \text{raíz}(3) * 100 * 52.00 * 0.202 / (480 * 10) = 0.38 \%$

Teniendo todas las cargas se procede al estimado de la planta de fuerza, el cálculo total es de 154.222 kW, el costo total de la misma y los requerimientos técnicos se encuentran en el **anexo 3**

CONCLUSIONES

Para el correcto funcionamiento del Sistema de alimentación ininterrumpida se necesita una revisión periódica con la que podemos comprobar su funcionamiento en caso de alguna falla en el suministro eléctrico de Comisión Federal de Electricidad. Ya que a pesar de contar con el respaldo de una planta de emergencia y de un banco de baterías, la falta de mantenimiento de estos pueden ocasionar que no funcionen a la hora en que se necesiten y esto se traduce a pérdidas económicas.

El caso de la planta de emergencia dependerá su cambio por los mismos factores de capacidad ya que debe abastecer toda la carga destinada a emergencia.

Las instalaciones eléctricas forman parte esencial en nuestras vidas, constantemente estamos observando y colaborando en su funcionamiento. La instalación eléctrica es el conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan, los elementos que constituyen una instalación eléctrica son; la acometida, el equipo de medición, interruptores, derivándose el interruptor general, interruptor derivado, interruptor termo magnético, el arrancador, el transformador, tableros, tablero general, centro de control de motores, tableros de distribución o derivados, motores y equipos accionados por motores, estaciones o puntos de control, salidas para alumbrado y contactos, plantas de emergencias, tierra o neutro en una instalación eléctrica, interconexión.

Para el análisis, desarrollo y ejecución de un proyecto eléctrico así como el desarrollo de una obra de instalación eléctrica, es fundamental optimizar materiales, mano de obra, costos y su funcionalidad. Este último punto es de suma importancia ya que una mala planeación puede repercutir en la operación y en el costo de la obra eléctrica, sin embargo podemos tomar a consideración los siguientes factores que nos ayudaran a eficientarlo.

- La carga instalada en Kw., la cual depende de un buen diseño de alumbrado, contactos, fuerza motriz, aire acondicionado etc.
- El desarrollo de los cálculos tomando como base todos los artículos de la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1999 y 2005 y el criterio tomado para la operación de los equipos (lámparas, motores, computadoras etc.).
- La selección de los materiales, así como la compra de los mismos, dado que una mala selección de equipos y materiales puede ocasionar fallas en la operación del sistema o en su defecto puede encarecer el proyecto.
- Desarrollar un buen análisis de precios unitarios donde se involucre el costo de materiales, mano de obra, utilidad, indirectos, indirectos de equipo y herramienta etc.
- Podemos determinar que los puntos mencionados anteriormente son fundamentales para una buena planeación y ejecución de un proyecto de una tienda departamental.

Anexo 1

Elementos a considerar en una instalación eléctrica con uso de suelo comercial

Cálculo de la carga de iluminación en instalaciones eléctricas comerciales

Según La NOM, *artículo 220, cálculo de los circuitos derivados, alimentadores y acometidas*. el criterio para determinar la carga mínima de alumbrado para edificaciones no debe nunca ser menor a la especificada en la tabla 1, 220-3 (b) de la norma, en la cual se deben de medir las superficies desde la parte exterior de los muros sin incluir los espacios abiertos como patios y cocheras, dice La NOM que esta tabla considera la carga de dicha instalación eléctrica operando con un factor de potencia del 100% y que son condiciones de carga mínima lo cual no perderemos de vista a lo largo del diseño de la instalación eléctrica.

Tabla 1. 220-3(b). Cargas de alumbrado general por tipo del inmueble

Tipo del inmueble	Carga unitaria (VA/m ²)
Almacenes militares y auditorios	10
Bancos	35**
Bodegas	2,5
Casas de huéspedes	15
Clubes	20
Edificios de oficinas	35**
Edificios industriales y comerciales	20
Escuelas	30
Estacionamientos públicos	5
Hospitales	20
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina*	20
Iglesias	10
Juzgados	20
Peluquerías y salones de belleza	30
Restaurantes	20
Tiendas	30
Unidades de vivienda*	30
En cualquiera de las construcciones anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
- Lugares de reunión y auditorios	10
- Vestíbulo, pasillos, armarios, escaleras	5
- Lugares de almacenamiento	2,5
NOTAS:	
* Todas las salidas para receptáculos de uso general de 20 A nominales o menos, en unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares y en las habitaciones de los clientes de hoteles y moteles (excepto las conectadas a los circuitos de receptáculos de corriente eléctrica especificados en 220-4(b) y (c)), deben considerarse tomas para alumbrado general y en tales salidas no son necesarios cálculos para cargas adicionales.	
** Además debe incluirse una carga unitaria de 10 VA/m ² para las salidas de receptáculos de uso general cuando este tipo de salidas de receptáculos sea desconocido.	

En la tabla 1, 220-3 (b) encontramos las cargas en Volt Amperes por metro cuadrado de superficie para diferentes ocupaciones de edificios, deberán usarse como mínimo estos valores unitarios o si se conoce la carga conectada y esta es mayor que estos valores debe de usarse esta última, de esta manera las instalaciones eléctricas comerciales serán conformes con La NOM.

En La NOM de instalaciones eléctricas comerciales e industriales se define como escaparate cualquier ventana utilizada o diseñada para la exhibición de mercancías o material publicitario, que esta total o parcialmente cerrada o totalmente abierta por detrás y que puede tener o no una plataforma a un nivel superior al del piso de la calle; pues bien la carga que debemos considerar para el cálculo del circuito derivado de iluminación de un escaparate es de 200 VA por 30 cm lineales o 660 VA por metro lineal o usar la carga conectada si su valor es mayor.

Rieles de iluminación

En instalaciones eléctricas en el Art. 410-100 encontramos la siguiente definición: Un riel de iluminación es un conjunto fabricado, diseñado para soportar mecánicamente y suministrar energía eléctrica a luminarios que puedan reemplazarse fácilmente del riel. Su longitud se puede alterar agregando o quitando secciones de riel.

410-101. Instalación

- a. Riel de iluminación.** Los rieles de iluminación deben estar instalados y conectados permanentemente a un circuito derivado. En los rieles solo se deben instalar dispositivos especiales para rieles de iluminación. Los rieles de iluminación no deben estar equipados con receptáculos de uso general. Cargas conectadas. Las cargas conectadas a los rieles de iluminación no deben superar la capacidad nominal del riel.
- b.** Un riel de iluminación debe estar conectado a un circuito secundario de una capacidad nominal no inferior a la del riel
- c.** Lugares no permitidos. No se deben instalar rieles de iluminación:

1. donde sea probable que puedan sufrir daño físico;
 2. en lugares húmedos o mojados;
 3. donde estén expuestos a vapores corrosivos;
 4. en cuartos de almacenamiento de baterías;
 5. en áreas peligrosas (clasificadas);
 6. ocultos;
 7. atravesando paredes o tabiques;
 8. a menos de 1,5 m sobre la superficie del piso, excepto si están protegidos contra daño físico o funcionan a un valor eficaz de tensión eléctrica de menos de 30 V en circuito abierto.
 9. dentro de la zona medida de 90 cm horizontalmente y 2,5 m verticalmente desde la parte superior del borde de la tina de baño.
- d. Sujeción. Los accesorios identificados para utilizarse con rieles de iluminación deben estar diseñados específicamente para el tipo de riel en el que vayan a instalarse. Deben ir sujetos al riel, mantener la polaridad, la puesta a tierra y estar diseñados para suspenderlos directamente del riel.
- **410-102.** Carga de los rieles. Para los cálculos de cargas, se considera que un riel de alumbrado de 60 cm de longitud o una fracción del mismo, equivale a 150 VA.
Cuando se instalen rieles con varios circuitos, los requisitos de carga de esta sección deben considerarse divididos equitativamente entre los circuitos.
Lunes 13 de marzo de 2006 DIARIO OFICIAL 286 Excepción: Los rieles instalados en unidades de vivienda o en las habitaciones de huéspedes de hoteles o moteles. Nota: Este valor de 150 VA por cada 60 cm de riel, es únicamente para efectos de cálculo de la carga y no limita la longitud del riel que se vaya a instalar ni el número de luminarios permitidos.
 - **410-103.** Riel de alumbrado de servicio pesado. Un riel de iluminación de servicio pesado debe estar aprobado e identificado para usarse a más de 20 A. Cada accesorio conectado a un riel de iluminación de servicio pesado debe estar protegido individualmente contra sobrecorriente.

- **410-104.** Sujeción. Los rieles de iluminación deben estar sujetos de modo que cada soporte sea adecuado para soportar el máximo peso de los luminarios que se puedan instalar. Un tramo de 1,2 m o menos debe tener dos soportes y, cuando se instalen en una fila continua, cada sección individual no mayor que 1,2 m debe llevar un soporte adicional, a menos que estén aprobados para apoyarse a intervalos mayores.
- **410-105.** Requisitos de construcción
 - a) Construcción. La armazón de los rieles de iluminación debe ser lo suficientemente resistente como para mantener la rigidez. Los conductores deben ir instalados dentro de la armazón del riel, permitiendo la inserción de los luminarios y estar diseñados para evitar la manipulación y el contacto accidental con las partes vivas. No se deben intercalar rieles de sistemas con distintas tensiones eléctricas. Los conductores instalados en los rieles deben tener un tamaño nominal mínimo de 3,31 mm² (12 AWG) y ser de cobre. Los extremos de los rieles deben estar aislados y protegidos con tapas. Excepción: Los luminarios que incorporen un dispositivo integral para reducir la tensión eléctrica a un valor menor de tensión eléctrica de la lámpara.
 - b) Puesta a tierra. Los rieles de alumbrado deben estar puestos a tierra cumpliendo lo establecido en el artículo 250. Las distintas secciones del riel deben estar perfectamente acopladas de modo que mantengan la continuidad, la polaridad y la puesta a tierra de todo el circuito.

En instalaciones eléctricas comerciales resulta de suma importancia comprender que aunque hay que seguir los requerimientos mínimos de asignación de carga de este artículo 220, no existe la obligación de que la carga llegue a tener estos valores o a superarlos toda vez que también existe reglamentación para la operación eficiente en cuanto al uso de la energía. Algunas normas de eficiencia energética limitan la carga conectada a valores menores de los señalados en la tabla 220 – 3 (b); Lo que resulta fundamental entender es que el

diseño del sistema eléctrico debe tener la capacidad de carga y la fortaleza para soportar para los valores mínimos de la tabla del 220 – 3 (b) no tanto que la carga deba valer esos números.

Cargas no lineales en instalaciones eléctricas de uso de suelo comerciales

Carga no lineal:

Aquella donde la forma de onda de la corriente eléctrica en estado estable no siga la forma de onda de la tensión eléctrica aplicada.

“Ejemplos de cargas que pueden ser no lineales: equipo electrónico, alumbrado de descarga eléctrica/electrónica, sistemas de velocidad variable, hornos de arco eléctrico, (En este tipo de hornos, el arco pasa entre los electrodos a través de la chatarra. La corriente se suministra a los electrodos por medio de un transformador que regula el voltaje y los parámetros de la corriente de cada estadio de fusión), y similares”.

Una instalación eléctrica con tres fases cuatro conductores de un sistema conectado en estrella, utilizada para suministrar energía eléctrica a cargas no lineales, puede requerir que el sistema este diseñado para permitir altas corrientes armónicas en el neutro.

No debe reducirse en la instalación eléctrica diseñada la capacidad de conducción de corriente del neutro en la parte de la carga que consista en cargas no lineales alimentadas con un sistema de tres fases cuatro conductores conectado en estrella, ni en el conductor puesto a tierra de un circuito de tres conductores que este formado por el conductor neutro y dos fases de un sistema tres fases cuatro conductores conectado en estrella.

Si la instalación eléctrica trata de un circuito de tres fases cuatro hilos conectados en estrella, en el que la mayor parte de la carga sea no lineal, como lámparas de descarga, equipo electrónico y equipo de procesamiento de datos o similares, en el conductor neutro se producen corrientes armónicas, por lo que este debe considerarse como conductor activo o portador de corriente.

Las cargas no lineales pueden incrementar la temperatura en el transformador, sin que su protección de sobrecorriente opere y lo mismo ocurre con otras partes de la instalación eléctrica.

En un circuito trifásico de cuatro hilos conectado en estrella, en donde la mayor parte de la carga de la instalación eléctrica son cargas no lineales, tales como alumbrado por descarga eléctrica, equipo de cómputo, o equipo similar, hay corrientes armónicas presentes en el conductor neutro, y el neutro debe considerarse como un conductor portador de corriente.

La instalación eléctrica

Una instalación eléctrica debe distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Además debe de ser *económica, flexible, y de fácil acceso*.

- **Seguridad** Una instalación segura es aquella que no representa riesgos para los usuarios ni para los equipos que alimenta o que están cerca. Existen muchos elementos que pueden utilizarse para proteger a las personas que trabajan cerca de una instalación eléctrica, entre otros: la conexión a tierra de todas las partes metálicas que están accesibles, la inclusión de mecanismos que impidan que la puerta de un tablero pueda abrirse mientras este se encuentre energizado, la colocación de tarimas de madera y hule en los lugares donde se operen interruptores y, en general, elementos que impidan el paso (letreros, candados, alambradas, etc.).

En relación con la seguridad de los equipos, debe hacerse un análisis técnico-económico para determinar la inversión en protecciones para cada equipo. Por ejemplo, para un equipo que represente una parte importante de la instalación y que sea muy costoso no deberá limitarse la inversión en protecciones.

- **Eficiencia** El diseño de una instalación debe hacerse cuidadosamente para evitar consumos innecesarios, ya sea por pérdidas en los elementos que la constituyen o por la imposibilidad para desconectar equipos o secciones de alumbrado mientras estos no se estén utilizando.

- **Economía** Los proyectos de ingeniería tienen que considerar las implicaciones económicas. Esto quiere decir que el ingeniero, frente a cualquier proyecto, debe pensar en su realización con la menor inversión posible. Hipotéticamente hablando la mejor solución a un problema de instalaciones eléctricas debería ser única: la ideal. En la realidad el ingeniero proyectista requiere de habilidad y tiempo para acercarse a esa solución ideal. Pero las horas – hombre dedicadas al proyecto son parte importante del costo, por lo que tampoco es recomendable dedicar demasiado tiempo a resolver problemas sencillos.
- **Flexibilidad** Se entiende por instalación flexible aquella que puede adaptarse a pequeños cambios. Por ejemplo, una instalación aparente en tubos metálicos o charolas es mucho más flexible que una instalación ahogada en el piso. **Accesibilidad** Una instalación bien diseñada debe tener las previsiones necesarias para permitir el acceso a todas aquellas partes que pueden requerir mantenimiento. Por ejemplo, espacios para montar y desmontar equipos grandes y pasillos en la parte posterior de los tableros, entre otros. También se entiende por accesibilidad el que se cuente con todos los elementos que permitan entender el diseño de la instalación es decir, la especificación completa y todos los planos y diagramas necesarios.

Normas que se deben cumplir NOM-001-2005 para instalaciones eléctricas.

NOM-004-STPS-1992 sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utiliza en el centro de trabajo

- NOM-001-STPS-1993 condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo
- NOM-005-STPS-1998 condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo
- NOM-017-STPS-1993 relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo
- NOM-022-STPS-1993 relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo, donde la electricidad estática representa un riesgo
- NOM-026-STPS-1998 colores y señales de seguridad e higiene

- NMX-CC-018-1996-IMNC directrices para desarrollar manuales de calidad

Contingencias eléctricas en edificios de uso de suelo comercial

La electricidad siempre ha tenido un papel de gran importancia en nuestra vida cotidiana, tanto en nuestros hogares como en los lugares de trabajo, por esto es indispensable conocer todo lo relacionado a la electricidad y los peligros que trae consigo. Una faceta de la electricidad se refiere a las instalaciones eléctricas, tema que abarcaremos en gran medida en este trabajo.

Una instalación eléctrica debe distribuir la energía a los equipos conectados de la mejor manera posible, cuidando la continuidad en el servicio y un suministro de energía de “buena calidad”.

De acuerdo a lo anterior, los objetivos de la instalación eléctrica son:

- Seguridad.
- Eficiencia.
- Economía.
- Mantenimiento.
- Distribución.
- Accesibilidad.
- Flexibilidad

Clasificación

Debido a la diversidad de las instalaciones eléctricas, se clasifican en diferentes formas, pero para nuestro estudio, mencionaremos sólo las relativas al nivel de voltaje, las que se relacionan de acuerdo al tipo de instalación y las que se deben al modo de operación.

Nivel de voltaje:

- Instalaciones no peligrosas. Se refieren a las instalaciones que utilizan un voltaje de operación menor o igual a 12 Volts.
- Instalaciones de baja tensión. Cuando su voltaje con respecto a tierra es menor a 750 Volts

- Instalaciones de media tensión. Son las que utilizan un rango de voltaje entre 1 y 34.5 kV. En México los voltajes más comunes para usuarios en media tensión son de 13.8 y 23 kV.
- Instalaciones de alta tensión. Se refieren cuando los voltajes de operación son superiores a los antes mencionados.

Tipo de instalación:

- Aparentes. Son aquellas que se encuentran con sus componentes a la vista y prácticamente sin protección, un ejemplo se ilustra en la Figura 1.1.



Figura 1.1 Instalación eléctrica aparente.

- Parcialmente ocultas. Nos referimos a éstas cuando las partes constitutivas de este tipo de instalación se encuentran de manera oculta entre muros, muros y plafones, etc., en otras palabras, se puede tener acceso a ellas en la mayoría de sus componentes (figura 1.2).



Figura 1.2 Instalación eléctrica parcialmente oculta

- Totalmente ocultas o ahogadas. Este tipo de instalaciones se muestra en la figura 1.3. Sólo permiten tener acceso a ellas en los puntos en donde se realizan conexiones o derivaciones, pero no se tiene acceso a las trayectorias en general.



Figura 1.3 Instalación eléctrica totalmente oculta o ahogada.

Vida y mantenimiento de una instalación eléctrica

Este punto es muy importante, debido a que la mayoría de las personas erróneamente tiene el concepto que una instalación eléctrica ya esta vieja en el momento que suceden fallas recurrentes e inclusive accidentes fatales, es otras palabras cuando se vuelve inservible. Sin embargo, la instalación por naturaleza propia y los elementos que la constituyen tienen un tiempo de vida útil, el cual es difícil de precisar ya que influyen muchos factores, entre los cuales podemos mencionar el uso y el mantenimiento. Así mismo se recomienda en base a experiencia que la instalación sea sustituida por una nueva aproximadamente cada 10 años.

Respecto al mantenimiento se puede decir que hay instalaciones sencillas que no lo requieren, pero que se debe tener cuidado sobre las modificaciones y el mal uso. En aquéllas instalaciones donde sí se requiera; consiste básicamente en la

limpieza, para evitar acumulación de polvo o basura, el apriete de empalmes en donde se requieran, ajustes de contactos y revisión de los elementos de protección. Para instalaciones que cuenten con equipos especiales, se debe realizar el mantenimiento que el fabricante o distribuidor indica, sino fuese así, proteger a los equipos contra mal usos.

En conclusión, está claro que un mantenimiento adecuado y el buen uso alargan la vida útil de la instalación.

En las instalaciones eléctricas de tiempos anteriores y debido a la diversidad de las mismas, existían constantemente diferentes errores, por tal motivo fue necesario regular y estandarizar los métodos para desarrollarlas, por medio de la creación de normas y organismos certificados para realizar esta acción. En la actualidad estos organismos son los que nos rigen. Sabemos que un buen proyecto de ingeniería es una respuesta técnica y económicamente adecuada, que respeta los requerimientos de los reglamentos y los códigos aplicables sin olvidar que el diseño de instalaciones eléctricas debe realizarse bajo un marco legal.

Es de conocimiento público que existen diferentes reglamentos aplicables a este tipo de instalaciones. Entre los cuales se pueden mencionar los que son “obligatorios” o los que se obtienen a través de experiencias acumuladas y que son de gran ayuda para el desarrollo de la instalación.

En la actualidad, las instalaciones eléctricas deben cumplir con la normatividad vigente para que su diseño y construcción se realice con la mayor seguridad y evitar que las personas que tengan contacto con los aparatos eléctricos no sufran una descarga o se comience un incendio.

Normas y reglamentos

A continuación se mencionan y se describen a grandes rasgos el objetivo y alcance de las diferentes normatividades aplicables al tema.

a. NOM-001-SEDE-2005. Instalaciones eléctricas (Utilización).

Esta norma es la más importante en el cumplimiento de las especificaciones y lineamientos de las instalaciones eléctricas, ya que tiene por objetivo establecer todos los requerimientos que sean necesarios para la seguridad de las personas y sus pertenencias. Su alcance va desde una casa habitación hasta una propiedad industrial, así como desde un circo hasta clínicas y hospitales.

El seguimiento adecuado de esta norma cuando se diseña una instalación eléctrica, da como resultado una instalación segura y eficiente.

b. NOM-007-ENER-2004. Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

En este reglamento se encuentra las especificaciones complementarias respecto a las instalaciones de alumbrado en las propiedades, referidas especialmente en la eficiencia energética que deben cumplir los sistemas de alumbrado de acuerdo a la Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA), con el fin de ahorrar energía y evitarle un gasto mayor a la compañía suministradora.

c. NOM-025-STPS-1999. Condiciones de iluminación en centros de trabajo.

Lo mencionado en esta norma se refiere a los sistemas de iluminación en los centros de trabajo, de tal forma que no sea un factor de riesgo para la salud de los trabajadores al realizar sus actividades.

d. NRF-011-CFE-2004. Sistemas de tierras para plantas y subestaciones eléctricas

La presente es una norma de referencia que proporciona los criterios y requerimientos para el correcto diseño de la malla de puesta a tierra de subestaciones de distribución, incluye procedimientos y algunas ecuaciones de cálculo, con el fin de establecer las bases para que la malla diseñada guarde las medidas de seguridad necesarias. Además tiene gran concordancia con normas internacionales.

e. NMX-J-549-ANCE-2005. Sistemas de protección contra tormentas eléctricas, especificaciones, materiales y métodos de medición.

Este reglamento establece el diseño y especificaciones, así como materiales y métodos de medición que se requieren en la protección contra tormentas eléctricas, con el objetivo de reducir el riesgo de daño a las personas, seres vivos, edificios y su contenido; para esto se basa en el método de la esfera rodante.

Al parecer el alcance de esta norma, no es aplicable a puntas pararrayos que basan su desarrollo en diferentes métodos al mencionado anteriormente, sin embargo en concordancia con normas internacionales, la mayor parte de lo indicado por esta norma es aplicable a los sistemas de pararrayos utilizados en nuestro país.

f. Especificaciones y normas de CFE. Estos documentos indican los procedimientos, materiales, dispositivos y requisitos que deben presentar las instalaciones en las diferentes tensiones eléctricas suministradas por este organismo. Lo anterior se establece con el fin de evitar en gran medida fallas en el suministro, obteniendo como resultado un sistema eléctrico confiable y seguro. Estas normas sirven de ayuda como referencia y complemento para el cálculo correcto, orientación y conocimiento de diversos dispositivos, entre otras finalidades.

g. PEC-2005. Procedimiento para la evaluación de la conformidad. El PEC establece dentro de un marco legal, la metodología que mediante la verificación comprueba y lleva a cabo el cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2005. Instalaciones Eléctricas (Utilización), con el objetivo de salvaguardar la seguridad de las personas y sus bienes.

Este procedimiento puede ser usado, tanto por la unidad verificadora como la autoridad competente de forma fundada y motivada, debido a que nos indica el alcance que tienen los antes mencionados, así como las obligaciones del usuario. Indica de forma ordenada las disposiciones generales de este procedimiento, el desarrollo del mismo, los aspectos técnicos del proyecto a verificar y la documentación requerida.

Normas internacionales

La concordancia entre las normas mexicanas y normas internacionales, es de gran ayuda en el desarrollo del proyecto y ejecución de las instalaciones, debido a la profundidad o al esclarecimiento sobre algunos temas en particular. Entre las más destacadas podemos mencionar las siguientes:

a. NEC-2005 ó 2008. National electrical code.

Este reglamento nos da la opción de comprobar lo que la NOM nos indica, con la ventaja de que ilustra de forma gráfica los artículos mencionados con el fin de tener una visión más clara al respecto.

b. NFPA-80-2004. Standard for the installation of lightning protection systems.

Esta norma es utilizada como complemento para el desarrollo de sistema de pararrayos. Está muy ligada con la norma mexicana NMX-J-549-ANCE-2005.

c. UNE-21-186. Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado.

La UNE es la norma española que rige a las instalaciones de sistemas de pararrayos con dispositivos de cebado (PDC), que es equivalente en nuestro aquí en México con las pararrayos conocidos como “Puntas Ionizantes”; dispositivos que no se encuentran en el alcance de la norma mexicana NMX-J-549-ANCE-2005, pero que son bastante utilizados en nuestro país. Cabe mencionar que existen en el mercado diversos pararrayos que se rigen por la norma francesa NFC-17-102, la cual lleva por título el mismo que la presente, la diferencia radica en los reglamentos de cada país.

d. Estándares de la IEEE. Instituto de ingenieros eléctricos electrónicos.

Estos documentos son consultados por los ingenieros eléctricos de nuestro país, ya que nos otorgan mucha información sobre diversos temas dentro de la ingeniería eléctrica. Los más utilizados son los que se conocen comúnmente como “Color Books”

Organizaciones que rigen a las instalaciones eléctricas

De acuerdo a lo antes mencionado, se entiende que todo proyecto, ejecución y mantenimiento de una instalación eléctrica debe cumplir con cada uno de estos

reglamentos, sin embargo es necesario que se verifique cabalmente dicho cumplimiento, por tal motivo es necesario que las instalaciones sean supervisadas por organizaciones acreditadas debidamente por instancias oficiales correspondientes. En nuestro país existen diferentes tipos de organizaciones dedicadas a esta acción, algunas de manera directa y otras de forma indirecta.

a. Unidad verificadora de instalaciones eléctricas (UVIE). La unidad verificadora de instalaciones eléctricas es una organización que se encarga de manera directa de verificar que las instalaciones cumplan con la norma oficial mexicana vigente, esta acción la realiza por medio de inspecciones tanto en proyecto como en obra. Su objetivo principal es que el usuario tenga una instalación eléctrica segura para salvaguardar la integridad de las personas así como el de sus bienes físicos.

Esta entidad pone a la disposición del usuario a especialistas capacitados para afrontar cualquier proyecto eléctrico en las diferentes tensiones eléctricas que puedan ser aplicables. En base a ello, el cliente resulta ser beneficiado en los siguientes aspectos:

- Al obtener su dictamen de verificación, el usuario se encuentra amparado ante cualquier auditoria interna o externa sobre sus instalaciones eléctricas.
- Protege su inversión al prevenir un desempeño ineficiente de su operación, o como parte de un escenario más serio, la ocurrencia de siniestros provocados al operar instalaciones eléctricas defectuosas o mal calculadas, asegurando la continuidad en sus operaciones.
- La prevención en la ocurrencia de siniestros, es la mejor manera de salvaguardar la integridad física de sus recursos más valiosos.

b. Instituciones de manera indirecta. Las instituciones que se relacionan con el cumplimiento de la instalación pero de manera indirecta, son aquéllas que se encargan de realizar pruebas a los equipos y materiales utilizados en la instalación eléctrica. En tanto el usuario tiene la obligación de corroborar que los materiales y equipos eléctricos que forman parte de la instalación como receptáculos, apagadores, tubo (conduit), cable, interruptores,

tableros, etc., deben estar certificados por un organismo de certificación, el cual otorga el certificado y un sello en el producto, que indica que ha satisfecho las pruebas de laboratorio que se indican en la norma oficial mexicana y pueden ser utilizados en una instalación eléctrica. Si se utilizan productos no certificados se corre el riesgo de una contingencia.

A continuación se enumeran algunas de estas instituciones:

- **SECOFI.**
La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, se encarga del estudio a detalle del área de medición y productos eléctricos y electrónicos. Para efecto de nuestro análisis, las normas: NOM-063-SCFI-2001, NOM-003-SCFI-2000 y NOM-064-SCFI-2000, son las que nos incumben, las cuales indican todo lo relacionado sobre conductores eléctricos e iluminación.
- **Dirección general de normas (DGN).**
Acredita a los organismos de certificación y emite certificados de productos para las cuales no exista un organismo de certificación.
- **Entidad mexicana de acreditación (EMA).**
La Entidad Mexicana de Acreditación, a.c. es la primera entidad de gestión privada en nuestro país, que tiene como objetivo acreditar a los organismos de la evaluación de la conformidad como son laboratorios de prueba, laboratorios de calibración, organismos de certificación y unidades de verificación u organismos de inspección.
- **Asociación de normalización y certificación a.c. (ANCE).**
Esta institución se constituyó el 10 de diciembre de 1992 de forma privada y sin fines de lucro, concebida con el fin de brindar apoyo y servicios en materia de normalización, laboratorio de pruebas, certificación de sistemas de calidad, certificación de productos y verificación.
- **Fideicomiso para el ahorro de energía (FIDE).**
El FIDE como muchas otras, logra un avance en mejora de nuestro país, impulsa el ahorro de la energía eléctrica en la industria, el comercio, los servicios, el campo y los municipios, así como en el

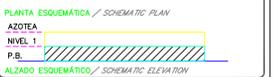
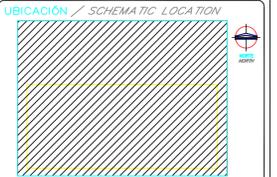
sector doméstico nacional, al tiempo que promueve el desarrollo de una cultura del uso racional de este fundamental energético.

- Asociación nacional de manufacturas eléctricas (NEMA).

Los equipos importados deben cumplir con las normas nacionales, pero conviene conocer las normas del país de origen. Gracias a la creación de este instituto se crearon varios más, con el mismo fin, certificación de sistemas de gestión, capacitación y asistencia técnica, entre otros.

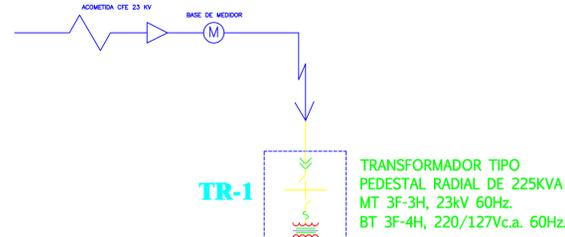
- Underwriters laboratorios (UL).

La Underwriters Laboratorios, es una institución extranjera que ha marcado los ensayos de pruebas de equipo eléctrico en nuestro país. Finalmente debemos tener en cuenta que los dispositivos que se utilizan en las instalaciones eléctricas son sometidos a varias pruebas, las cuales algunas son hechas en el extranjero y otras en nuestro país, de ahí la importancia de este instituto.



ANEXO 2
DIAGRAMAS UNIFILARES

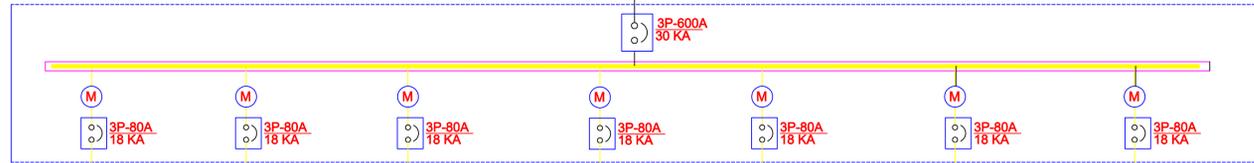
ACOMETIDA ELECTRICA POR C.F.E
EN MEDIA TENSION



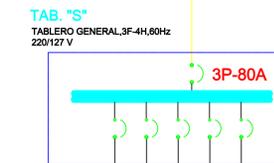
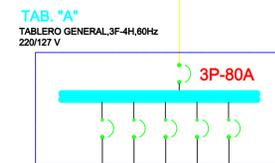
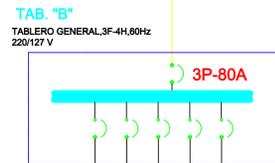
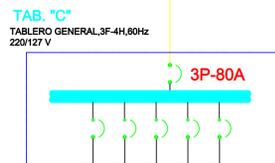
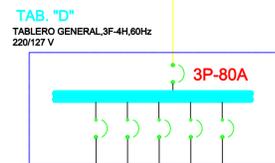
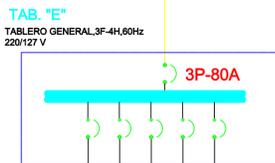
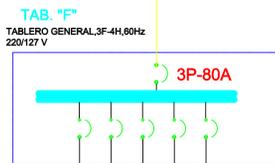
L(m) 10
I(A) 591.17
e% 0.36

CABLEADOS 3T-63mm
9-3/0 (F)
3-3/0 (N)
3-1/0d

CONCENTRACION DE MEDIDORES



Medidor	L(m)	I(A)	e%	CABLEADOS
1	35	65.01	1.8	T-35mm 3-4 (F) 1-4 (N) 1-8d
2	55	65.01	1.9	T-41mm 3-2 (F) 1-2 (N) 1-6d
3	83	65.01	1.82	T-53mm 3-1/0 (F) 1-1/0 (N) 1-6d
4	100	65.01	2.20	T-53mm 3-1/0 (F) 1-1/0 (N) 1-6d
5	129	65.01	2.03	T-63mm 3-3/0(F) 1-3/0 (N) 1-6d
6	141	65.12	1.87	T-78mm 3-4/0 (F) 1-4/0 (N) 1-6d
7	10	60.66	0.48	T-35mm 3-4 (F) 1-4 (N) 1-8d



TIPO DE CARGA CARGA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS
KVA INS. 24.742 KVA
KVA DEM. 24.742 KVA

CARGA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS
24.742 KVA
24.742 KVA

CARGA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS
24.742 KVA
24.742 KVA

CARGA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS
24.742 KVA
24.742 KVA

CARGA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS
24.742 KVA
24.742 KVA

CARGA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS
24.783 KVA
24.783 KVA

CARGA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS
23.087 KVA
23.087 KVA

TABLA DE DIMENSIONES DE CONDUCTORES AISLADOS

TAMAÑO O DESIGNACION (mm)	AREA APROX. (mm²)	AREA APROX. (KCM)
5.28	10	15.7
8.37	8	28.2
13.3	6	46.8
21.2	4	62.8
33.6	2	86
53.5	1/0	143
67.4	2/0	169
85	3/0	201
107	4/0	240
177	350	384

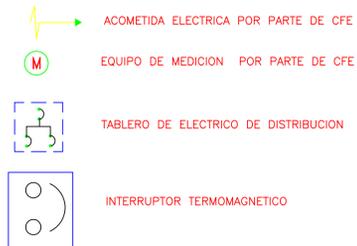
DIMENSIONES DE TUBERIA CONDUIT

TAMAÑO O DESIGNACION	DIAMETRO (mm)
16mm	1/2"
21mm	3/4"
27mm	1"
35mm	1 1/4"
41mm	1 1/2"
53mm	2"
63mm	2 1/2"
78mm	3"
103mm	4"

TABLA DE CODIGO DE COLORES

SISTEMA	1	1	3	3	3
TENSION NOMINAL	120V	240/120V	120/240 V	240/120V	480/277V
CONDUCTOR ACTIVO	1 FASE 2 HILOS	3 FASES 3 HILOS	3 FASES 3 HILOS	3 FASES 4 HILOS	3 FASES 4 HILOS
FASE	A	B	C		
	NEGRO	ROJO	ROJO	ROJO	NARANJA
		ROJO	ROJO	ROJO	NARANJA
		AZUL	AZUL	AZUL	AMARILLO
NEUTRO	BLANCO	BLANCO	BLANCO	BLANCO	GRIS
TIERRA AISLADA	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE
TIERRA DE PROTECCION	DESNUDO	DESNUDO	DESNUDO	DESNUDO	DESNUDO

SIMBOLOGIA



Responsable de proyecto eléctrico
Ing. Manuel Ordóñez Hernández
Cédula profesional 1502679
Fecha de elaboración Julio-2015
Domicilio: Fernando Ramirez N.29-1
Col. Obrera Del. Cuauhtémoc, C.P. 06800
México D.F. Teléfono : 0155-55785085
Correo electrónico : dosinstalaciones@yahoo.com.mx
FIRMA

ING. Manuel Ordóñez Hernández

Este documento es de propiedad de CUBIC S. DE R.L. No puede ser utilizado ni reproducido sin autorización escrita de CUBIC S. DE R.L. Este documento is property of CUBIC S. DE R.L. cannot be used or reproduced without written authorization of CUBIC S. DE R.L.



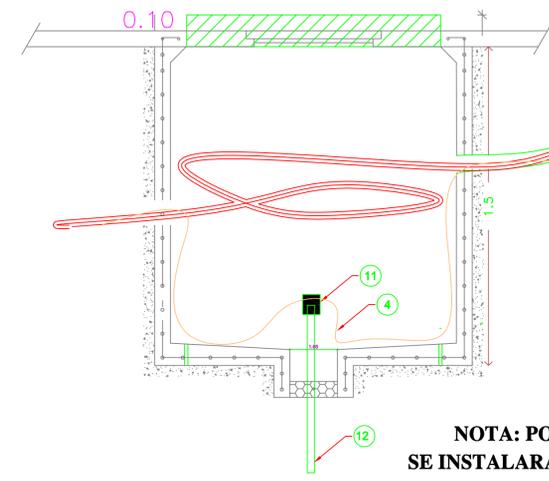
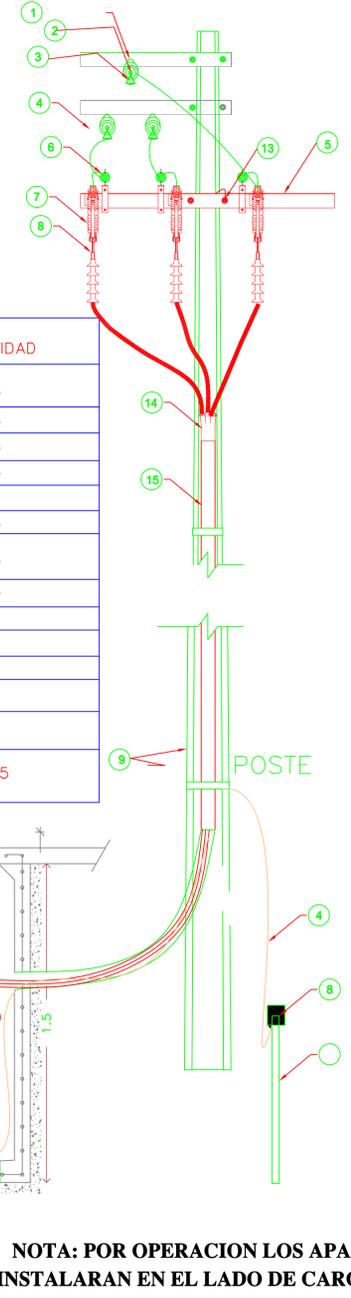
PROPIETARIO: ESPACIOS LERMA, S.A. DE C.V.	NOVENATURA: IEDU 01	
DESCRIPCION: DIAGRAMA UNIFILAR	PROYECTO: M1073	
UBICACION: AV. DE LAS PARTIDAS # 10, LOTE #55, PARQUE LERMA, ESTADO DE MEXICO	FECHA: 27/02/2015	
PROYECTO: M1073	FECHA: 18/03/2015	
REVISIONES:		
No.	DESCRIPCION	FECHA
1	ANTEPROYECTO	27/02/2015
2	PROYECTO EJECUTIVO	18/03/2015

NOTA: SI NO ES FORMATO "ANSI D" ES UNA REDUCCION

DETALLE 1 - TRANSICION

MATERIALES TRANSICION

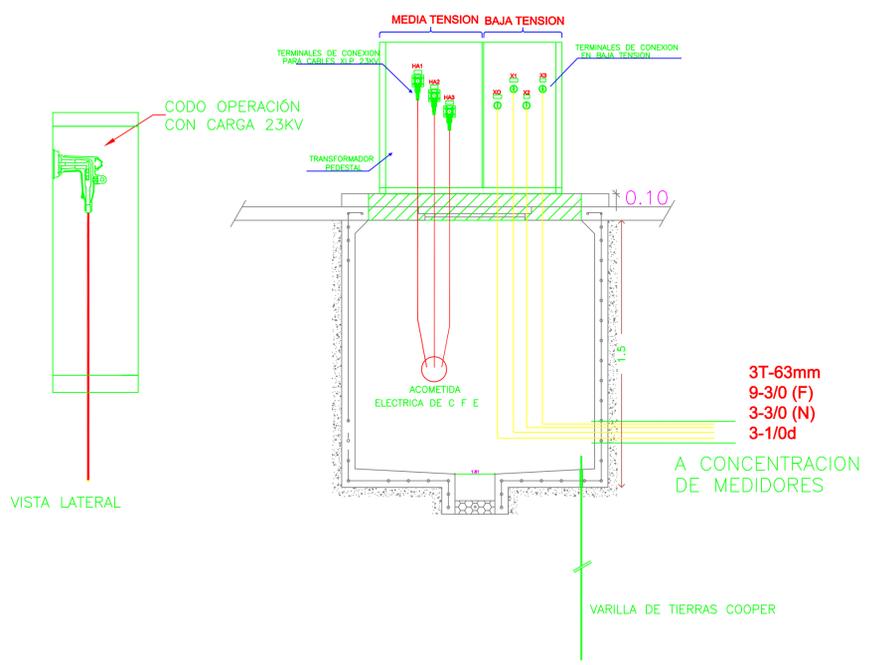
LISTA DE MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
1.- AISLADOR (SEGUN SE REQUIERA)	PZA	3
2.- CONECTOR TIPO ESTRIBO.	PZA	3
3.- CONECTOR TIPO PERICO.	PZA	3
4.- CABLE DE COBRE DESNUDO.	MTS	3
5.- CRUCETA TIPO PT200.	PZA	1
6.- APARTARRAYOS 18 KV .	PZA	3
7.- CUCHILLA SECCIONADORA OPERACION CON FERTIGA 27KV.	PZA	3
8.- CONECTOR TIPO BAYONETA.	PZA	3
11.- SOLDADURA TIPO CADWELD.	PZA	1
12.- VARILLA COOPERWELD.	PZA	1
13.- ABRAZADERA TIPO UC.	PZA	1
14.- BOTA CONTRACTIL EN FRIO 4. PLG. 3 PIERNAS.	PZA	1
15.- TUBO CONDUIT PGG DE 4"	MTS	15



NOTA: POR OPERACION LOS APARTARRAYOS SE INSTALARAN EN EL LADO DE CARGA DE LOS CCF'S

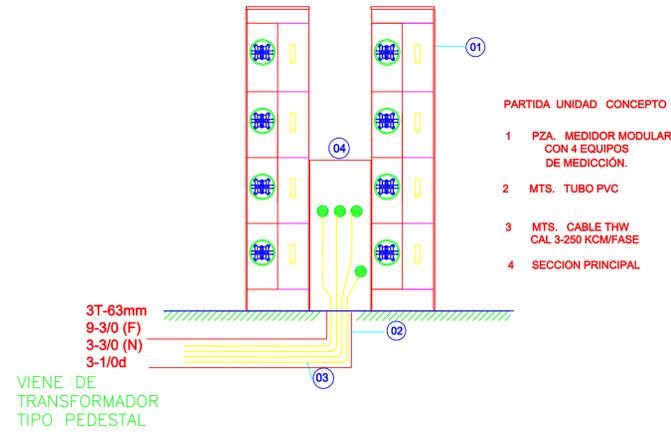
DETALLE 2

TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL



DETALLE 3

CONCENTRACION DE MEDIDORES



En 3F-4H de entrada, 3F-4H de salida (incluye cuatro barras)
Se suministran con receptáculos de medición con 7 mordazas 225 A.

CENTRO DE NEGOCIOS LERMA



NOTAS GENERALES ARQUITECTONICAS:
 - LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
 - MEASURES ARE GIVEN IN METERS.
 - LAS DIMENSIONES SON EN PULGADAS.
 - MEASURES GOVERNING THE DRAWING.
 - LOS NIVELES ESTAN DADOS EN METROS.
 - LEVELS ARE GIVEN IN METERS.
 - NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA.
 - DON'T TAKE SCALED MEASURES.
 - ESTE PLANO SOLO SIRVE PARA ARQUITECTONICO.
 - THIS DRAWING JUST GOVERNING ARCHITECTONICALS.

NOMENCLATURA:
 +---+ INDICA COTAS A PARED / BOUNDARY MEASURES.
 +++ INDICA COTAS A EJE / AXIS MEASURES.
 +---+ INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO / MEASURE AFTER FINISHED FLOOR LEVEL.
 +++ INDICA NIVEL SOBRE PISO / MEASURE OVER FLOOR LEVEL.
 +---+ INDICA NIVEL DE ACERIFERRO / MEASURE OVER ROOF LEVEL.
 +++ INDICA NIVEL DE ALFORJA / MEASURE OVER ROOF LEVEL.
 +---+ INDICA NIVEL DE AZOQUE / MEASURE OVER ROOF LEVEL.
 +++ INDICA NIVEL LECHO BRUNO PLAFON / MEASURE UNDER CEILING LEVEL.
 +---+ INDICA NIVEL LECHO ALTO LOSA / MEASURE OVER SOLE LEVEL.
 +++ INDICA NIVEL DE ATERRIZAJE / MEASURE OVER SOLE LEVEL.
 +---+ INDICA CAMBIO DE NIVEL EN PISO / INDICATES CHANGE IN FLOOR LEVEL.
 +---+ INDICA VE ALZADO/SECCION / INDICATES VIEW IN VIEW EN PLANO XY / INDICATES VIEW LOCATION.

Responsable de proyecto eléctrico
 Ing. Manuel Ordóñez Hernández
 Cédula profesional 1502679
 fecha de elaboración Julio-2015
 Domicilio: Fernando Ramirez N.29-1
 Cal. Obrera Del. Cuauhtémoc, C.P. 06800
 México D.F. Teléfono : 0155-55785085
 Correo electrónico : dosmininstalaciones@yahoo.com.mx
 FIRMA

ING. Manuel Ordóñez Hernández

Este documento es de propiedad de CUBIC S. DE R.L. No puede ser utilizado ni reproducido sin autorización escrita de CUBIC S. DE R.L.
 This document is property of CUBIC S. DE R.L. cannot be used or reproduced without written authorization of CUBIC S. DE R.L.



PROPIETARIO:	ESPACIOS LERMA, S.A. DE C.V.	
DESCRIPCION / DESCRIPTION:	INSTALACION ELECTRICA DETALLES ELECTRICOS	
NOMENCLATURA:	DTELE 01	
PROYECTO:	M1073	
UBICACION / ADDRESS:	AV. DE LAS PARTIDAS N° 10, LOTE #55, PARQUE LERMA, ESTADO DE MEXICO	
FECHA / DATE:	MARZO - 2015	
ESCALA / SCALE:	1:250	
REVISIONES / REVISIONS:		
No.	DESCRIPCION / DESCRIPTION	FECHA / DATE
1	ANTEPROYECTO	27/02/2015
2	PROYECTO EJECUTIVO	18/03/2015

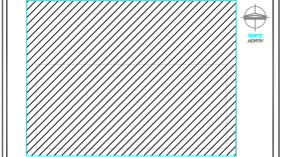
NOTA: SI NO ES FORMATO "ANSI D" ES UNA REDUCCION

CENTRO DE NEGOCIOS LERMA

CROQUIS DE LOCALIZACION
LOCATION MAP



UBICACION / SCHEMATIC LOCATION



PLANTA ESQUEMATICA / SCHEMATIC PLAN



ALZADO ESQUEMATICO / SCHEMATIC ELEVATION

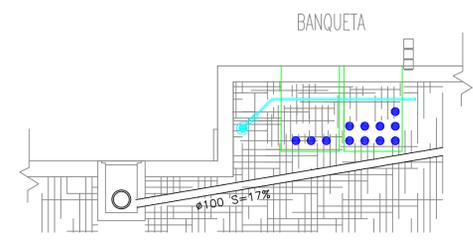


CEDULA DE CABLEADO

(S) T-41mm 4-4 1-6d	(H) T-41mm 4-2 1-6d	(J) T-53mm 4-1/0 1-6d
(L) T-78mm 4-3/0 1-6d	(M) T-78mm 4-4/0 1-6d	(J) T-51mm 4-4/0 1-6d
(M) T-78mm GUIADA		



AV. DE LAS PARTIDAS



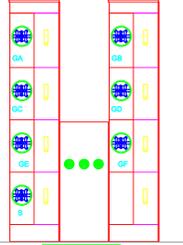
DETALLE DESCARGA SANITARIA NUCLEO BAÑO TIPO
POR DIFERENCIA DE NIVEL ANDEN Y PATIO EXTERIOR

DETALLE DE BANCO DE DUCTOS

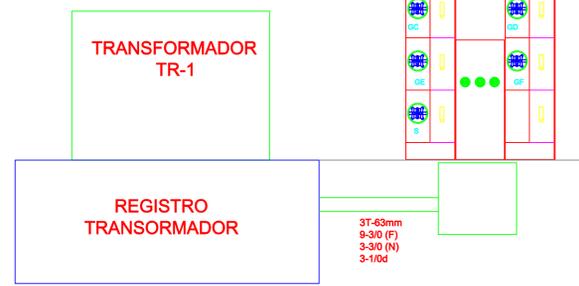


REGISTRO 1 290 x 290 mm BANCO DE UNA VIA UN DUCTO ELECTRICO
REGISTRO 2 475 x 475 mm BANCO DE DUCTOS TRES DUCTOS TRES DUCTOS ELECTRICO
REGISTRO 3 475 x 475 mm BANCO DE DUCTOS TRES DUCTOS TRES DUCTOS ELECTRICO

CONCENTRACION MEDIDORES



N.P.T.



DETALLE 1 CONEXION CONCENTRACION DE MEDIDORES

TABLA DE DIMENSIONES DE CONDUCTORES AISLADOS

TAMANO O DESIGNACION (mm)	TAMANO NOMINAL	AREA APROX. (mm²)
5.26	10	15.7
8.37	8	28.2
13.3	6	46.8
21.2	4	62.8
33.6	2	86
53.5	1/0	143
67.4	2/0	169
85	3/0	201
107	4/0	240
177	350	384

TABLA DE CODIGO DE COLORES

SISTEMA	1	1	3	3	3
TENSION NOMINAL	120V	240/120V	120/240 V	240/120V	480/277V
CONDUCTOR ACTIVO	1 FASE 2 HILOS	2 FASES 3 HILOS	3 FASES 3 HILOS	3 FASES 4 HILOS	3 FASES 4 HILOS
FASE	A	NEGRO	NEGRO	AMARILLO	NEGRO
	B	ROJO	ROJO	ROJO	NARANJA
	C		AZUL	AZUL	AMARILLO
NEUTRO	BLANCO	BLANCO	BLANCO	BLANCO	GRIS
TIERRA AISLADA	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE
TIERRA DE PROTECCION	DESNUDO	DESNUDO	DESNUDO	DESNUDO	DESNUDO

SIMBOLOGÍA

- ▬ TABLERO ELECTRICO DE DISTRIBUCION, INTERRUPTOR PRINCIPAL, MARCA SQUARE D
- TUBO CONDUIT PVC SERVICIO PESADO TAMAÑO INDICADO EN PLANO.
- ☑ REGISTRO ELECTRICO DE 290mm x 290mm HECHO EN CAMPO PARA UN DUCTO.
- ☑ REGISTRO ELECTRICO DE 475mm x 475mm HECHO EN CAMPO HASTA 4 DUCTOS.
- ☑ REGISTRO ELECTRICO DE 475mm x 675mm HECHO EN CAMPO HASTA 6 DUCTOS.

MATERIALES Y EQUIPO

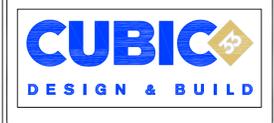
NO.	MATERIAL	MARCA
1	TABLEROS ELECTRICOS	SQUARE D
2	INTERRUPTORES	SQUARE D
3	TRANSFORMADORES	AMBAR
4	GABINETES DE CAJA MOLDEADA	SQUARE D
5	CABLES DE COBRE AISLAMIENTO THHN LS	CONDUMEX
6	TUBO CONDUIT PD GALV.	OMEGA
7	TUBO CONDUIT PVC	CRESCO
8	APAGADORES Y CONT.	LEVITON
9	TRANSFORMADOR	PROLEC O SIMILAR
10	LUMINARIOS	MAGG O SIMILAR
11	ACCESORIOS	ANCLO O SIMILAR
12	TIERRAS	ANPASA
13	CONDULETS	CROUSE-HINDS

DIMENSIONES DE TUBERIA CONDUIT

TAMANO O DESIGNACION		
16mm.	1/2"	
21mm.	3/4"	
27mm.	1"	
35mm.	1 1/4"	
41mm.	1 1/2"	
53mm.	2"	
63mm.	2 1/2"	
78mm.	3"	
103mm.	4"	

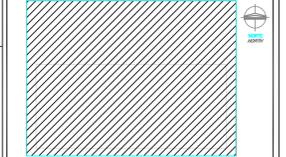
Responsable de proyecto eléctrico
Ing. Manuel Ordóñez Hernández
Cédula profesional 1502679
fecha de elaboración Julio-2015
Domicilio: Fernando Ramirez N.29-1
Col. Obrera Del. Cuauhtémoc, C.P. 06800
México D.F. Teléfono : 0155-55785085
Correo electrónico: dosmanestaciones@yahoo.com.mx
FIRMA

ING. Manuel Ordóñez Hernández
Este documento es de propiedad de CUBIC S. DE R.L. No puede ser utilizado ni reproducido sin autorización escrita de CUBIC S. DE R.L.
This document is property of CUBIC S. DE R.L. cannot be used or reproduced without written permission of CUBIC S. DE R.L.



PROPIETARIO:	ESPACIOS LERMA, S.A. DE C.V.
DESCRIPCION / DESCRIPTION:	INSTALACION ELECTRICA ALIMENTADORES
NOMENCLATURA:	IEALI 01
PROYECTO:	M1073
UBICACION / ADDRESS:	AV. DE LAS PARTIDAS # 10, LOTE #55, PARQUE LERMA, ESTADO DE MEXICO
FECHA / DATE:	MARZO - 2015
ESCALA / SCALE:	1:250
REVISOR:	
FECHA / DATE:	27/02/2015
PROYECTO ELECTIVO	18/03/2015

NOTA: SI NO ES FORMATO "ANSI D" ES UNA REDUCCION



2C	T-16mm 2-12 1-12d	3C	T-16mm 3-12 1-12d	4C	T-16mm 4-12 1-12d
5C	T-21mm 5-12 1-12d	6C	T-21mm 6-12 1-12d	7C	T-21mm 7-12 1-12d
8C	T-27mm 8-12 1-12d	9C	T-27mm 9-12 1-12d	10C	T-27mm 10-12 1-12d
11C	T-16mm 2-10 1-10d	12C	T-21mm 4-10 1-10d	13C	T-21mm 6-10 1-10d
14C	T-27mm 8-10 1-10d	15C	T-27mm 10-10 1-10d	16C	T-16mm 4-14
17C	T-21mm 2-12 1-10d	18C	T-16mm 3-14		

Responsable de proyecto eléctrico
Ing. Manuel Ordóñez Hernández
Cédula profesional 1502679
Fecha de elaboración Julio-2015
Domicilio: Fernando Ramirez N.29-1
Caj. Obrera Del. Cuauhtémoc, C.P. 06800
México D.F. Teléfono : 0155-55785085
Correo electrónico : dominstalaciones@yahoo.com.mx
FIRMA

ING. Manuel Ordóñez Hernández
Este documento es de propiedad de CUBIC S. DE R.L. No puede ser utilizado ni reproducido sin autorización escrita de CUBIC S. DE R.L.
This document is the property of CUBIC S. DE R.L. cannot be used or reproduced without written permission of CUBIC S. DE R.L.



PROPIETARIO:	ESPACIOS LERMA, S.A. DE C.V.	
DESCRIPCION / DESCRIPTION:	INSTALACION ELECTRICA ALUMBRADO EXTERIOR	
NOMENCLATURA:	IEALE 01	
PROYECTO:	M1073	
UBICACION / ADDRESS:	AV. DE LAS PARTIDAS # 10, LOTE #55, PARQUE LERMA, ESTADO DE MEXICO	
FECHA / DATE:	MARZO - 2015	
ESCALA / SCALE:	1:200	
REVISIONES / REVISIONS:		
No.	DESCRIPCION / DESCRIPTION	FECHA / DATE
1	ANTEPROYECTO	27/02/2015
2	PROYECTO EJECUTIVO	18/03/2015

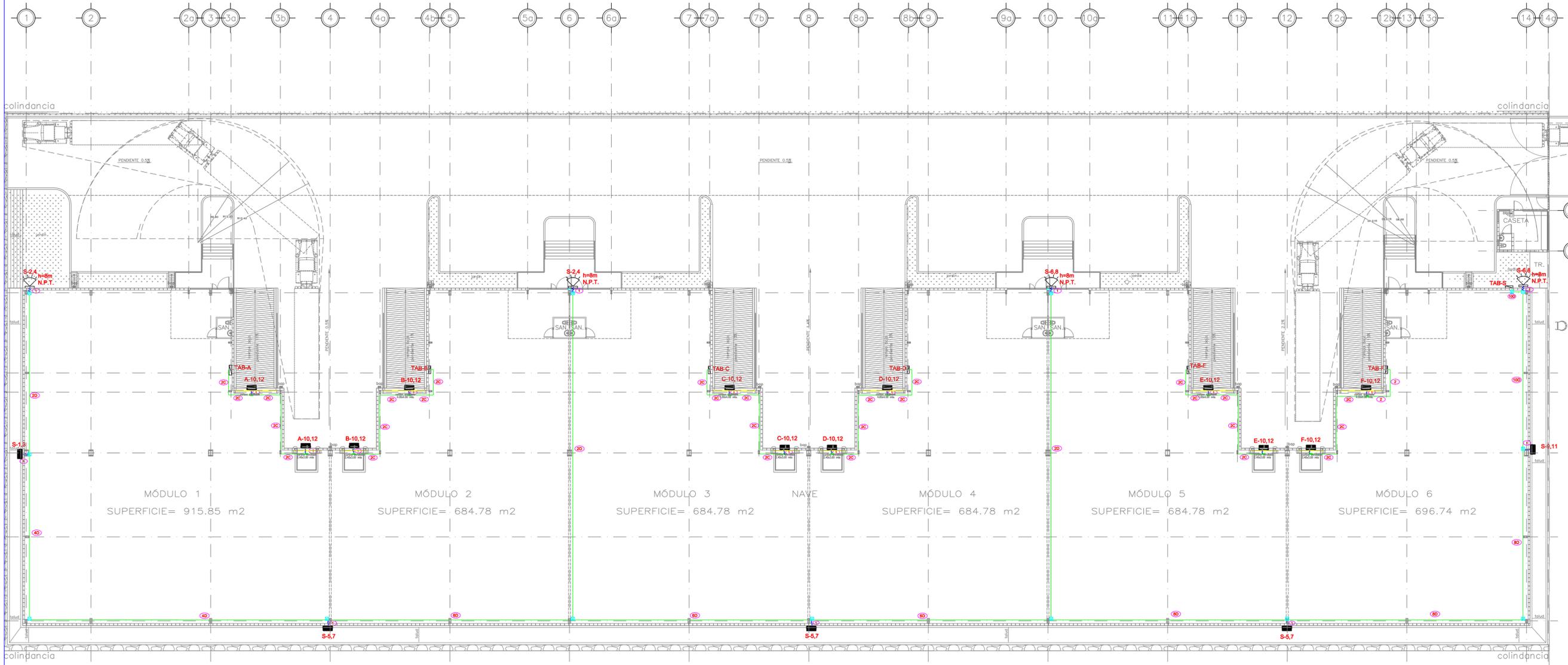


TABLA DE DIMENSIONES DE CONDUCTORES AISLADOS

TAMANO O DESIGNACION (mm²)	AWG NOM	AREA APROX. (mm²)
5.26	10	15.7
8.37	8	28.2
13.3	6	46.8
21.2	4	62.8
33.6	2	86
53.5	1/0	143
67.4	2/0	169
86	3/0	201
107	4/0	240
177	350	384

DIMENSIONES DE TUBERIA CONDUIT

TAMANO O DESIGNACION	
16mm.	1/2"
21mm.	3/4"
27mm.	1"
35mm.	1 1/4"
41mm.	1 1/2"
53mm.	2"
63mm.	2 1/2"
78mm.	3"
103mm.	4"

TABLA DE CODIGO DE COLORES

SISTEMA	1	1	3	3	3
TENSION NOMINAL	120V	240/120V	120/240 V	240/120V	480/277V
CONDUCTOR ACTIVO	1 FASE 2 HILOS	2 FASES 3 HILOS	3 FASES 3 HILOS	3 FASES 4 HILOS	3 FASES 4 HILOS
FASE	A NEGRO	NEGRO	AMARILLO	NEGRO	CAFE
B	ROJO	ROJO	ROJO	NARANJA	
C	AZUL	AZUL	AZUL	AMARILLO	
NEUTRO	BLANCO	BLANCO	BLANCO	BLANCO	GRIS
TIERRA AISLADA	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE
TIERRA DE PROTECCION	DESNUDO	DESNUDO	DESNUDO	DESNUDO	DESNUDO

MATERIALES Y EQUIPO

No.	MATERIAL	MARCA
1	TABLEROS ELECTRICOS	SQUARE D
2	INTERRUPTORES	SQUARE D
3	TRANSFORMADORES	AMBAR
4	GABINETES DE CAJA MOLDEADA	SQUARE D
5	CABLES DE COBRE AISLAMIENTO THW-LS	CONDUDEX
6	TUBO CONDUIT PG GALV	OMEGA
7	TUBO CONDUIT PVC	CRESCO
8	APAGADORES Y CONT.	LEVITON
9	TRANSFORMADOR	PROLEC O SIMILAR
10	LUMINARIOS	MAGG O SIMILAR
11	ACCESORIOS	ANGLO O SIMILAR
12	TIERRAS	ANPASA
13	CONDULETS	CROUSE-HINDS

NOTAS DE ILUMINACION

- LA INSTALACION DEBE CUMPLIR CON LA NORMA NOM-001-SEDE-1812 INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)
- EL CONDUCTOR SERA CABLE DE COBRE CON AISLAMIENTO THW-LS 75°C BAJA EMISION DE HUMO
- LOS CONECTORES Y COPLES DEBEN SER CON TORNILLO OPRESOR Y GALVANIZADO (TIPO AMERICANO)
- LAS LUMINARIAS SE CONECTARAN CON 3 CABLES CALIBRE 12AWG, COLOR NEGRO,BLANCO Y DESNUDO POR MEDIO DE TUBO FLEXIBLE TIPO ZAPA.
- LOS APAGADORES INTERCAMBIABLES CON PLACA DE BAQUELITA, EN MUROS CON PINTURA (2 APAGADORES MAXIMO POR PLACA)
- SE DEBE RESPETAR EL CODIGO DE COLOR MARCADOS EN LA TABLA DE CODIGO DE COLOR.
- NO SE DEBE DE EXCEDER 20AMPS EN LOS CIRCUITOS DE ILUMINACION Y EN SU CASO DIVIR EN 2 CIRCUITOS. LA ILUMINACION DE MARQUESINA,BANDERA Y PALETA,SEGUN SE INDICA EN EL ART. 600 NOM
- LAS CANALIZACIONES, CONJUNTO DE CABLES, CAJAS REGISTROS, GABINETES Y ACCESORIOS, DEBEN ESTAR FIRMEMENTE SUJETOS EN SU LUGAR, NO SE PERMITE COMO UNICO SOPORTE ALAMBRES NO FLOS A UNA PARTE NO RIGIDA, SEGUN ART. 300-11(a).
- LAS LUMINARIAS Y EQUIPOS DE ILUMINACION SE DEBEN PONER A TIERRA. ART. 410 (410-44) NOM
- NO SE DEBE USAR LAS LUMINARIAS COMO PASO DE CONDUCTORES A OTRAS LUMINARIAS. ART. 410-64 NOM
- SE DEBERA COLOCAR UNA CAJA DE CONEXION PARA CADA LUMINARIO, CON UNA CANALIZACION FLEXIBLE DE 1.20 A 1.80 COMO MAXIMO DE LONGITUD. ART. 410-177 NOM
- EL MATERIAL DE TODAS LAS CAJAS GALVANIZADAS SERA LAMINA GALVANIZADA CALIBRE 16.
- SE DEBE COLOCAR LAS CAJAS CUADRADAS QUE SE SOLICITAN SEGUN ART. 314-6.

SIMBOLOGIA

	LUMINARIA HIGH BAY MONTAJE SUSPENDIDO A 24" (7.32m) CON 4 LAMPARAS T5 54WATTS ALTURA DE MONTAJE = 8 METROS
	LUMINARIA TIPO REFLECTOR DE AM 250W
	LUMINARIA FLUORESCENTE 25 W
	LUMINARIA TIPO WALLPACK DE 150W AM

NOTAS

- ACOTACIONES Y NIVELES EN METROS / ALL DIST & LEVELS IN METERS.
- LAS TRAYECTORIAS INDICADAS EN ESTE PLANO SON ESQUEMATICAS Y DE SER NECESARIO SE PODRAN AJUSTAR EN CAMPO / ALL PATHWAYS ARE SCHEMATIC AND WILL BE ADJUSTED ON FIELD AS REQUIRED.
- TODA LA TUBERIA CONDUIT INDICADA EN ESTE PLANO DEBERA SER PARED DELGADA, SI SEGUN SE REQUIERA / ALL CONDUIT PIPES ARE THIN WALL EXCEPT OTHER ARE INDICATED.
- LA LINEA DE PROTECCION TIERRA FISICA DEBERA SER CABLE DESNUDO DEL CALIBRE INDICADO 12(TF)/GROUND LINE WILL BE BARE COOPER
- TODA LA INSTALACION DEBERA CUMPLIR CON LA NORMA NOM-001-SEDE-2012 / ALL INSTALLATION ACCORDING NOM-001-SEDE-2012
- EL TABLERO DE ALUMBRADO DEBERA TENER BARRAS DE NEUTRO, Y TIERRAS FISICA INDEPENDIENTE Y AISLADAS UNA DE OTRA / LIGHT PANEL SHOULD HAVE NEUTRAL BAR GROUND BAR ISOLATED INDEPENDENTLY.

SIMBOLOGIA

- TABLERO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN, ACOMETIDA A INTERRUPTOR PRINCIPAL, SISTEMA 3F-4W+T 60Hz, 220/127V- CATALOGO NG303AB1005 COLOR GRIS ANSI 81, 10KA MARCA SQAURE D
- TUBO CONDUIT PARED DELGADA MARCA RYMCO DIAMETRO INDICADO EN PLANO, POR MURO, LOSA Y/O ESTRUCTURA.
- TUBO CONDUIT PVC SERVICIO PESADO
- CAJA REGISTRO CONDULET SERIE 7 MARCA CROUSEE HIND
- CABLE USO RUDO DE 3x12AWG MARCA CONDUDEX COLOR BLANCO
- REGISTRO ELECTRICO PARA ALUMBRADO DE 30x30cm.

Cliente:	Fecha: 07/12/15
Dirección:	Distribuidor: ALESSO
Teléfono:	RFQ: CPGARCDSGAE071215
Contacto:	Consultor: Ing. Alejandro Ríos Castelán
	e-mail:

Estimado Ing.

PRESUPUESTO: DSGAE 200KW

Por medio de la presente nos es grato presentar a usted nuestra oferta de los sistemas de generación eléctrica, marca Cummins Power Generation, con las siguientes características:

Modelo	DSGAE	
Capacidad en Emergencia	200 Kw	
Capacidad en Prime	180 Kw	
Modelo de Motor	QSB7-G5 NR3	
Voltaje de generación (V)	127/220	
Frecuencia (Hz)	60	
Fases	3	
Hilos	4	
Factor de potencia	0.8	
Combustible	Diesel	
Capacidad efectiva hasta	1707 m.s.n.m.	
Dimensiones largo, alto y ancho	2656, 1100, 1549 mm.	
Peso	1361 KG	

<p>Los generadores Cummins Power Generation vienen equipados con:</p> <ol style="list-style-type: none"> Un sistema de control y medición de voltaje y frecuencia Power Command Control. Sistema AmpSentry para protección de sobrecarga y cortocircuito. Tiempo de respuesta de un evento de falla de suministro de energía eléctrica, de 5 a 8 segundos. Rápida recuperación a cambios bruscos de carga: 4 ciclos. Regulación de voltaje: +/- 0.5% Variación de frecuencia Aleatoria 0.25% 	<p>El sistema de generación propuesto cumple con normas ISO, CSA, PTS, UL. (Leer catálogo para el tablero de transferencia)</p>	
		<p>ISO9001. El Equipo fue diseñado y manufacturado bajo los procedimientos certificados por ISO9001.</p>
		<p>CSA. El Equipo Generador esta certificado según la CSA como producto clase 4215-01.</p>
		<p>PTS - El programa de Soporte de Prueba de Prototipo (PTS) verifica la integridad del desempeño del diseño de la planta de generación. Los productos que llevan el símbolo PTS han sido sujetas a pruebas demandantes de conformidad con NFPA 110 para sistemas de Nivel 1 para verificar la integridad del diseño y desempeño bajo condiciones de operación normales y anormales incluyendo cortocircuito, resistencia, elevación de temperatura, vibración torsional, y respuesta transitoria, incluyendo pickup de carga plena.</p>
		<p>UL - el generador está disponible Listada como UL 2200, Ensamblados de Generador con Motor Estacionario. El control PowerCommand está Listado como UL 508 - Categoría NITW7 para utilización en E.U.A. y Canadá. Los ensamblados de los interruptores automáticos están Listados UL489 para operación 100% continua y también están Listados como Equipo de Servicio UL869A..</p>
<p>EPA</p>	<p>EPA El grupo generador cuenta con certificación nivel EPA TIER II</p>	

PROPUESTA TÉCNICA

Especificaciones Del Grupo Generador

Categoría del regulador	ISO8328 Part 1 Class G3
Regulación de tensión, sin carga a plena carga	± 1.0%
Variación de tensión aleatoria	± 0.5%
Regulación de frecuencia	Isócrono
Variación de frecuencia aleatoria	±0,5%
Compatibilidad	Cumple con la mayoría de las aplicaciones industriales y comerciales

Especificaciones Del Motor

Fabricante del motor	Cummins
Modelo de motor	QSB7-G5 NR3
Configuración	Hierro fundido, en línea, 6 Cilindros
Aspiración	Turbo cargado, pos enfriado aire-aire
Diámetro interior	107 mm
Carrera	124mm
Cilindrada	6.69 Litros
Potencia aprox. Generada (KWm)	Standby 242 Prime 208
Capacidad de la batería	1100 Amperes
Velocidad de pistón (m/s)	7.4
Relación de compresión	17.2:1
Capacidad para aceite lubricante (l)	17.5
Límite de velocidad (RPM)	2100 ±50
Potencia de regeneración (KW)	19
Alternador de carga de la batería	100 Amperios
Tensión de arranque	12 Voltios, negativo a tierra
Sistema de combustible	Inyección directa, combustible diesel N°2, filtro de combustible, apagado automático.
Filtro de combustible	Etapa simple, 10 micras de filtración, spin-on en el filtro del separador de agua.
Tipo de purificador de aire	Elemento seco sustituible.
Tipo de filtros de aceite lubricante	Spin-on, fluido completo
Sistema de refrigeración estándar	Radiador para temperatura extrema

Flujo De Combustible

Flujo máximo de combustible (l/h)	106
Entrada máxima de combustible (mm Hg)	127
Restricción máxima de retorno (mm Hg)	152

Aire

Aire De Combustión (m ³ /min)	Standby 15.8 Continuo 15.3
Límite Máximo Del Filtro De Aire (kPa)	3.7
Aire frio permisible al alternador (m ³ /min)	41.3

Escape

Flujo de gases de escape a la potencia nominal (m ³ /min)	Standby 40.5 Continuo 37.7
Temperatura de los gases de escape (°C)	Standby 510 Continuo 484
Retro presión máxima de escape (kPa)	10
Silenciador	Tipo Industrial

Figura De Grupo Electrónico DQGAE 200 KW



Refrigeración Incorporada Estándar De

Diseño ambiental (°C)	50	
Carga del ventilador (KWm)	9.7	
Capacidad refrigerante (con radiador) (l)	23	
Flujo de aire del sistema de refrigeración (m ³ /min)	351	
Expulsión total de calor (Btu/min)	Standby 9376	Continuo 8481
Límite estático máximo de flujo de aire refrigerante kPa	0.12	

Pesos*

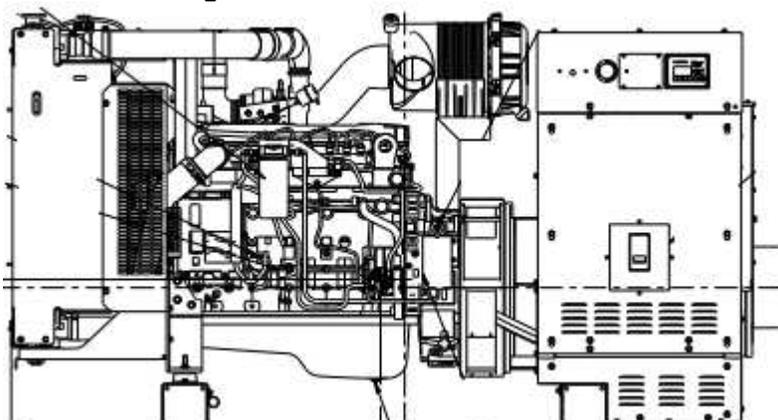
Peso en vacío de la unidad (Kg)	1361
Peso de la unidad llena (Kg)	1785

* El peso representa un equipo de características estándar. Consulte el resumen de pesos para otras configuraciones

Dimensiones Del Grupo Generador

Dimensiones estándar del equipo abierto largo (mm)	2656
Dimensiones estándar del equipo abierto ancho (mm)	1100
Dimensiones estándar del equipo abierto alto (mm)	1549

Figura Del Generador Vista Lateral

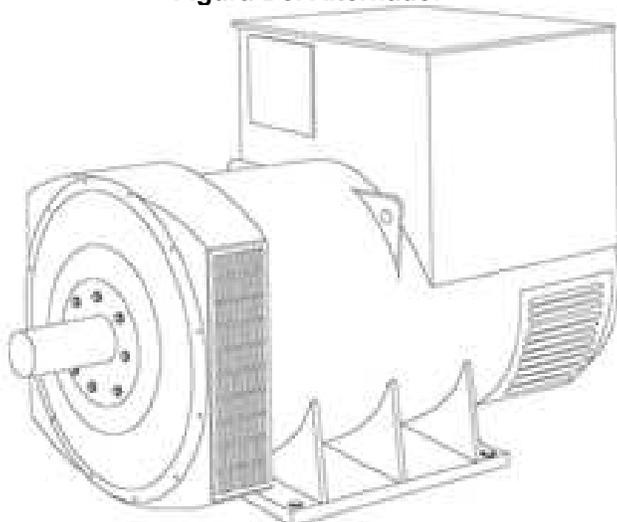


Especificaciones Del Alternador

Diseño	Sin escobillas, 4 polos, campo eléctrico giratorio a prueba de goteo
Estató	Paso 2/3
Rotor	Acoplamiento directo mediante disco flexible

Sistema de aislamiento	Clase H
Tipo de excitatriz	PMG
Rotación de fase	A (U), B (V), C (W)
Refrigeración del alternador	Ventilador centrífugo de accionamiento directo
Distorsión de armónicos total de la forma de onda CA	Sin carga < 5%. Carga lineal equilibrada < 3% sin distorsión
Factor de influencia telefónica (TIF)	<50 Según NEMA MG1-22.43
Factor armónico telefónico (THF)	< 3 %

Figura Del Alternador



Garantía

Garantía	2 años de garantía a partir del arranque de los equipos para aplicación en emergencia.
----------	--

Con el suministro del equipo, incluimos:

- Los manuales de operación, Mantenimiento e Instalación.
- Catálogo de partes.
- Diagrama eléctrico de generador excitatriz y equipo de control.
- Asesoría para la correcta instalación.

PROPUESTA COMERCIAL

ITEM	CONCEPTO	CANT.	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL USD
1	Generador Eléctrico a Diesel Marca Cummins Power Generation Modelo DSGAE 200KW Standby A 220V <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad 200kV SANTDBY altura de 150 m.s.n.m • Capacidad 150kV CONTUNUOS altura de 3000 m.s.n.m • 127/220VCA, 3f, 4h, pf 0.8 • Motor Cummins QSB7-G5 NR3 • Alternador Cummins Generator Technologies (Stamford) • Control de grupo generador PCC 1.1 Cummins Power Command. • Incluye mangueras flexibles de líneas de alimentación y retorno 	1	\$25,000.00	\$25,000.00
2	Accesorios: <ul style="list-style-type: none"> • 1 Tubos Flexibles de 3 pulgadas • 1 Atenuadores tipo industrial • 4 Vibro aisladores 	1	\$600.00	\$600.00
3	Batería Acido-Plomo 23 Placas	1	\$150.00	\$150.00
4	Tanque Horizontal 500 Litros	1	\$400.00	\$400.00
5	Interruptor a Pie de Generador a 600A.	1	INCLUIDO	INCLUIDO
6	Transferencia GT30630UN72 a 630A.	1	\$4,850.00	\$4,850.00
7	Flete de equipos a sitio, entrega a pie de camión en zona metropolitana	1	INCLUIDO	INCLUIDO

* UNA VEZ AUTORIZADA LA ORDEN DE COMPRA

NOTA: ESTA COTIZACION SOLO TIENE ALCANCE PARA LO DESCRITO EN LA PARTE SUPERIOR

SUBTOTAL* DEL SISTEMA CON TANQUE HORIZONTAL: \$31,000.00 USD.

*Los precios son en Dólares Americanos (USD) y se deberá incrementar el correspondiente 16 % IVA.

¿Por qué comprar equipos Genuinos Cummins?

- Somos el **FABRICANTE** del motor **CUMMINS** y **FABRICANTE** del generador **STAMFORD – NEWAGE** y creamos una aplicación idónea de Equipos de Generación. No ensamblamos partes fabricadas por **TERCEROS DE BAJA CALIDAD**.
- Conocemos mejor que nadie las bondades del motor **CUMMINS** y del generador **STAMFORD – NEWAGE**, ofreciendo el equipo más rentable del mercado en nuestra aplicación de Equipos de Generación. Todos los motores Cummins utilizados en los equipos son de última generación y cumplen con las normas de emisión de contaminantes emitidas por **EPA y TIER**.
- Garantizamos por escrito la capacidad del equipo para arrancar y suministrar energía en menos de 10 segundos, ya que cumplimos con **NFPA 110 Nivel 1**
- Contamos con disponibilidad de **refacciones** en toda la República Mexicana, a través de nuestros más de 200 distribuidores y centros de servicio técnico, altamente capacitados y certificados por Cummins.
- Consideramos un stock de refacciones de componentes críticos en sitio y a consignación, con el fin de evitar tiempos muertos en caso de necesitar un mantenimiento correctivo.
- Con la compra de nuestros productos; se tiene acceso a **precios preferenciales** para refaccionamiento de mantenimientos preventivos.

- Establecemos un plan de **CAPACITACION** continua a su personal de mantenimiento, con el propósito de que el equipo sea optimizado en su funcionamiento y puedan tener el mayor beneficio del mismo.
- Proporcionamos **ASESORIA TECNICA ESPECIALIZADA** en todas las etapas del desarrollo de su proyecto con el fin de que la aplicación sea la adecuada para su empresa.
- Somos el proveedor más importante en soluciones de generación de alta potencia a nivel nacional en industrias como Telecomunicaciones, Cadenas de Autoservicio, Farmacéuticos, Data Centers y Gobierno, donde se exige confiabilidad del 100% en cuanto a respaldo de energía.
- Diseñamos un Control Integrado con todas las funciones de control, monitoreo y protección del Equipo de Generación. Un control basado en microprocesador con tecnología PMW, el cual manipula totalmente todas las señales del Equipo Electrónico. **The Power Command Control (PCC)** es un sistema electrónico en un solo módulo, evitando utilizar instrumentación y controles de diferentes proveedores, **a diferencia de ensambladores nacionales**.
- La línea de Generadores Diesel de **Cummins Power Generation** son sistemas integrados “**The Power of One**”, que proveen un óptimo desempeño, rentabilidad y versatilidad de aplicaciones. Lo cual es reflejado en **REDUCCIÓN DE COSTOS** en:
 - a. **Depreciación del equipo**, ya que usamos motores inteligentes que se controlan, monitorean y protegen propiciando una vida más larga.
 - b. **Óptimo consumo** de combustible y aceite vs. Generación de Energía y confiabilidad.
 - c. **Servicios de mantenimiento** escalados generando una mejor y mayor vida de los todos los componentes.
 - d. **Red Nacional Cummins de Servicio** con disponibilidad de partes, reduciendo tiempos de Equipos fuera de servicio. Y reduciendo tiempos para atención de Garantías y Servicio.
- Los equipos **Cummins Power Generation** cumplen estándares internacionales como: **ISO9001, CSA, NFPA, PTS, UL**.
- Al mismo tiempo el equipo cumple y excede con normas nacionales del nivel de **NOM**.
- Los diseños de nuestros equipos han sido sometidos a las más rigurosas pruebas de desempeño en condiciones extremas por organismos **INTERNACIONALES** y son garantizados para la aplicación recomendada. Así mismo se ofrece el certificado de aprobación de estas pruebas. Certificaciones de diferentes agencias internacionales como ISO 9001, UL 2200, UL 508, NFPA 110, CSA, PTS, IEC, NEMA, IEEE, en otros.
- Todos nuestros generadores incluyen el sistema **PMG (Permanent Magnet Generator)** el cual ayuda a estabilizar el voltaje contra cualquier tipo de carga en un tiempo menor.
- **Tableros de Transferencia y Paralelismo** controlados con base a microprocesador, diseñados para operar en transición cerrada, en modo suave, proporcionando protección del paralelismo por medio de relevadores electrónicos, así como todo el control y programación de la aplicación de auto abasto, además de las operaciones de emergencia.
- Tenemos toda la experiencia a escala **MUNDIAL** en aplicaciones de generación eléctrica.
- **SERVICIO DE EMERGENCIA**, como fuente de respaldo.
- **SERVICIO CONTINUO**, como fuente alterna de suministro de energía.
- El equipo está **GARANTIZADO** para una aplicación de **SERVICIO POR 24 MESES**, en todas sus partes.
- **CUMMINS POWER GENERATION** cuenta con la Red Nacional de Distribuidores Cummins donde puede encontrar refacciones originales, así como asistencia de Servicio y Garantía de Primera mano. Y asistencia a través de línea 01-800 sin costo, las 24 horas 365 días al año.

CONDICIONES COMERCIALES

Tiempo de entrega. En este momento, una vez puesta la orden de compra ó carta intención se entregarán los equipos en:

- Generador **DSGAE entrega inmediata**
- Tanque Horizontal **entrega inmediata**

Esta cotización tiene una vigencia de 30 días naturales.

La forma de pago será:

- 50% Al colocar la orden de compra
- 50% Contra aviso de entrega de los equipos.

Los precios aquí mostrados son en dólares y serán pagados al precio publicado en el diario oficial de la federación equivalente al día de pago.

Los siguientes serán cargos que se tendrán por cancelación en las siguientes circunstancias:

- 10% del precio total de la orden si esta es cancelada después de haber sido enviada y recibida la orden de compra.

La garantía del equipo por defectos de operación o fabricación será por escrito por 2 años a partir de la puesta en operación, si se requiere una garantía extendida por más tiempo, requerirá un costo extra.

Curso de inducción a la operación y mantenimiento del equipo para el número de personas requerida.

Sin más por el momento y esperando vernos favorecidos con su pedido, quedo de ustedes para cualquier duda o aclaración.

ATENTAMENTE



Ing. Alejandro Ríos Castelán

ALESSEO SA DE CV

Consultor de Negocios CPG

PHONE: +52 (55) 58 99 58 00

And +52 (55) 58 99 58 65

Cel. (044) 55 48 50 49 08

www.alesso.com.mx

alejandro.rios@alesso.com.mx

Our energy working for you.™

BIBLIOGRAFIA

1. NOM-001-SEDE-2005 “Norma Oficial Mexicana, Instalaciones Eléctricas (Utilización)”
2. NOM-025-STPS-2005 “Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo”
3. NOM-022-STPS-2005 “Electricidad Estática en los Centro de Trabajo”.
4. IEEE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS
5. NEMA NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION
6. NEMA MG1-93 “Motors and Generators”
7. NEMA ICS-1-93 “Industrial Control and Systems; General Requirements
8. NFPA NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION NFPA 497-97
"Clasificación de líquidos inflamables, Gases o vapores y de los lugares (clasificados) peligrosos para instalaciones eléctricas en áreas de procesos químicos.