



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Del 25 al 29 de Septiembre de 2006

APUNTES GENERALES

CI - 199

Instructor: Ing. Raúl Moncada
PREVENCIÓN Y READAPTACIÓN SOCIAL

SEPTIEMBRE DE 2006

Índice

1 - El plan de mantenimiento	3
1.1 - Introducción al mantenimiento Conceptos básicos	3
1.2 - Diagnóstico inicial. El estado real del sistema de instalaciones eléctricas	5
1.3 - Diseño del plan de mantenimiento	6
1.4 - Programación del mantenimiento	10
2 - El servicio de mantenimiento	13
2.1 - Tipos y funcionamiento de las instalaciones eléctricas	13
2.2 - Diagnóstico de fallas en el funcionamiento de instalaciones eléctricas	51
2.3 - Métodos de ahorro de energía	52
3 - Control del funcionamiento de los sistemas eléctricos	55
3.1 - Comprobación en campo de las condiciones de la operación de los sistemas eléctricos	55
3.2 - Comparación y documentación de los registros efectuados en pruebas y monitoreo a los sistemas eléctricos intervenidos, de acuerdo con las especificaciones técnicas, las políticas y los procedimientos de la institución	56
4 - Bibliografía y lecturas recomendadas	66

1.- El plan de mantenimiento

1.1 Introducción y conceptos básicos

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema (por ejemplo, una instalación eléctrica) se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas.

Las inconsistencias en la operación de los equipos o de las instalaciones, dan como consecuencia una variabilidad excesiva en los resultados. Para producir con un alto nivel de calidad, el equipo debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento.

De igual forma, para trabajar en las condiciones planeadas, con seguridad y eficiencia, las instalaciones deben operar en la manera en que fueron diseñadas.

Es decir, el mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro del rango de calidad establecido.

El objetivo del mantenimiento es, por tanto, *desarrollar las acciones preventivas, predictivas y correctivas necesarias para mantener y conservar los equipos o sistemas operando en condiciones normales de funcionamiento*.

Podemos clasificar el mantenimiento en dos tipos principales:

1. Mantenimiento correctivo (MC). Es el que se lleva a cabo cuando los equipos, las instalaciones o los sistemas han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada. Este tipo de mantenimiento se subdivide, a su vez, en:

- Contingente
- Programable

El ***mantenimiento correctivo contingente*** se refiere a las actividades que se realizan en forma inmediata, debido a que algún equipo que proporciona servicio indispensable ha dejado de hacerlo, por lo que se tiene que ***actuar en forma emergente***.

Las labores que en este caso deben ser realizadas, tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad del servicio; es decir, que ésta se coloque dentro del rango esperado por medio de arreglos provisionales. Por ello, el personal de mantenimiento debe efectuar, en este caso, solamente trabajos indispensables, evitando arreglar otros elementos del sistema o hacer trabajos adicionales que provoquen distracciones o demoras en la recuperación del funcionamiento del equipo o del sistema con una adecuada fiabilidad.

El ***mantenimiento correctivo programable*** se refiere a las actividades que se desarrollan en los equipos que proporcionan un servicio complementario o menos importante que, si bien es necesario, no es indispensable para dar una buena calidad de la operación, por lo que es mejor ***programar su reparación***.

2. Mantenimiento preventivo (MP) Consiste en la actividad desarrollada en los equipos con el fin de garantizar que la calidad del servicio que proporcionan continúe dentro del rango establecido. Toda labor de mantenimiento que sea realizada sin que los equipos dejen de ofrecer la calidad de servicio esperada, es una actividad de mantenimiento preventivo. Un programa de mantenimiento preventivo (MP) es la clave para cualquier proceso exitoso de administración de mantenimiento, ya que reduce la cantidad de mantenimiento correctivo hasta un nivel mínimo.

El mantenimiento preventivo siempre es programable Podemos dividirlo en cuatro tipos bien definidos

- Predictivo
- Periódico
- Analítico
- Progresivo

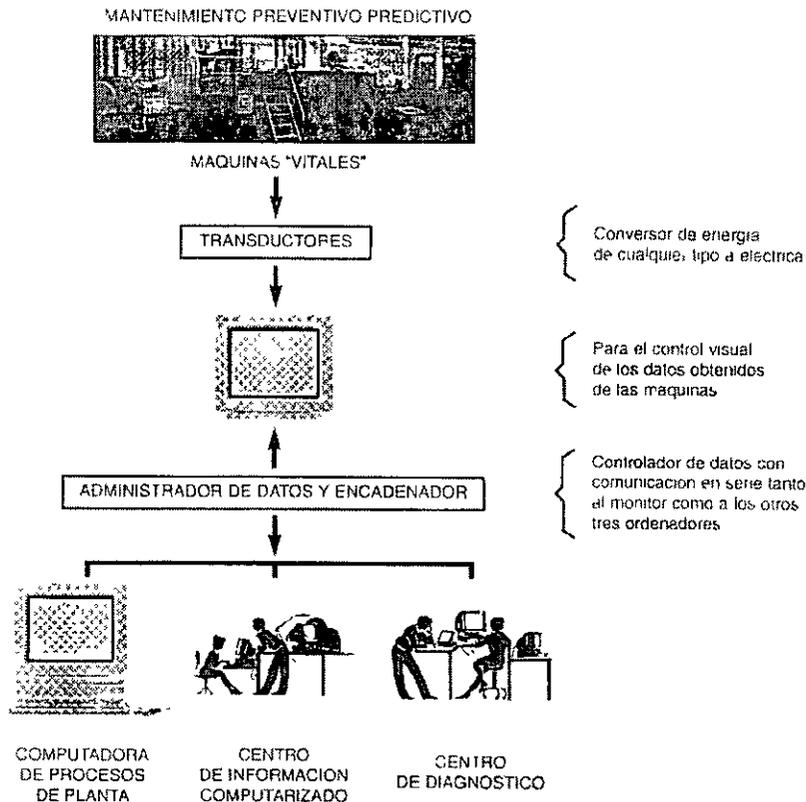
El ***mantenimiento predictivo*** se define como un sistema permanente de ***diagnóstico*** que permite detectar con anticipación la posible pérdida de calidad del servicio que está entregando un equipo. Así, los trabajos por efectuar proceden de un diagnóstico permanente derivado de inspecciones continuas que pueden ser visuales, por medio de medidores o a través de transductores (sensores).

El ***mantenimiento periódico*** es un procedimiento de mantenimiento preventivo que, como su nombre lo indica, es de atención periódica, ***rutinaria***, con el fin de realizar los trabajos después de determinadas horas de funcionamiento del equipo, en el que se hace pruebas y se cambia algunas partes por término de vida útil o porque están fuera de especificación.

El ***mantenimiento analítico*** se basa en un ***análisis*** profundo de la información proporcionada por captadores y sensores dispuestos en los sitios más convenientes de los recursos vitales e importantes de la empresa o de la institución, de tal manera que por medio de un programa de visitas pueden ser inspeccionados con la frecuencia necesaria para anotar los datos y las lecturas resultantes, que son revisados por un analista combinándolas con la información que tiene el banco de datos relativos al equipo. Con esta información, está en posibilidades de aplicar sus conocimientos en ingeniería de fiabilidad para calcular la probabilidad que tiene el equipo de sufrir una falla. La figura de la página siguiente ilustra un sistema de detección con base en sensores

El ***mantenimiento progresivo***, como su nombre lo indica, consiste en atender al equipo por partes, ***progresando*** en su atención cada vez que se tiene oportunidad de contar con un tiempo ocioso de éste.

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”



1.2 Diagnóstico inicial. El estado real de las instalaciones

Conocer el estado real de las instalaciones tiene que ver con la planeación y programación del mantenimiento. Para hacer un diagnóstico inicial que sirva de base para la planeación y la programación, es necesario contar con registros históricos de las reparaciones y del comportamiento funcional de los equipos

Una página de un archivo de la historia del equipo puede elaborarse de la siguiente manera:

Fecha	Mantenimiento efectuado	Tiempo muerto	Refacciones y materiales	Mano de obra (horas)	Tiempo de interrupción (horas)	Costo de refacciones y materiales	Costo de mano de obra

Igualmente, se deberá efectuar una **inspección** exhaustiva que incluya las mediciones y pruebas necesarias para establecer el grado de fiabilidad de un equipo o instalación, es

decir, para determinar si éste se encuentra proporcionando servicio dentro del rango de calidad establecido.

Conviene entonces establecer **registros** de cada equipo o instalación, donde se especifique la ubicación, el tipo de equipo, el servicio que presta, su descripción, su número de identificación y la prioridad de acuerdo con el servicio que presta. Un ejemplo de registro de esta clase es el siguiente:

Edificio: _____					

equipo	identificación	descripción	ubicación	tipo	prioridad

1.3 Diseño del plan de mantenimiento

La planeación del contexto de mantenimiento se refiere al proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo. El proceso de planeación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, la lista de materiales, la requisición de compras, los planos y dibujos necesarios, la hoja de planeación de la mano de obra, los estándares de tiempo y todos los datos necesarios antes de programar y liberar la orden de trabajo. En consecuencia, un procedimiento de planeación eficaz deberá incluir los siguientes pasos

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

- 1 Determinar el contenido de trabajo
- 2 Desarrollar un plan de trabajo
3. Establecer el trabajo de la cuadrilla para el trabajo
4. Planear y solicitar las partes y los materiales.
- 5 Verificar si se necesitan equipos y herramientas especiales
- 6 Asignar a los trabajadores
- 7 Revisar los procedimientos de seguridad
8. Establecer prioridades para todo el trabajo de mantenimiento.
- 9 Asignar cuentas de costos.
10. Completar la orden de trabajo.
11. Revisar los trabajos pendientes y desarrollar planes para su control.
- 12 Predecir la carga de mantenimiento utilizando una técnica eficaz de pronósticos.

Hoja... de ..		Llenada por. . .		Fecha		
Equipo # .. .		Aprobación		Prioridad Normal Programado		
Num	Fecha de terminación	Orden de trabajo #	Unidad	Descripción del trabajo	Oficios	Tiempo estimado

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

El mantenimiento preventivo (MP) no es otra cosa que una serie de tareas planeadas previamente, que son llevadas a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un equipo o sistema. Puede ser planeado y programado con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo. Es el enfoque preferido frente al mantenimiento correctivo por cuatro razones principales.

- La frecuencia de fallas prematuras puede reducirse mediante una lubricación adecuada, ajustes, limpieza e inspecciones promovidas por la medición del desempeño.
- Si la falla no puede prevenirse, la inspección y la medición periódicas pueden ayudar a reducir la severidad de la falla y el posible efecto dominó en otros componentes del sistema del equipo, mitigando de esta forma las consecuencias negativas para la seguridad, el ambiente o la capacidad de producción.
- En donde podamos vigilar la degradación gradual de una función o un parámetro, como la calidad de un producto o la vibración de una máquina, puede detectarse el aviso de una falla inminente.
- Finalmente, hay importantes diferencias en costos tanto directos (por ejemplo, materiales) como indirectos (por ejemplo, pérdidas de producción) debido a que una interrupción no planeada a menudo provoca un gran daño a los programas de producción y a la producción misma, y debido también a que el costo real de un mantenimiento de emergencia es mayor que uno planeado y a que la calidad de la reparación puede verse afectada de manera negativa bajo la presión de una emergencia.

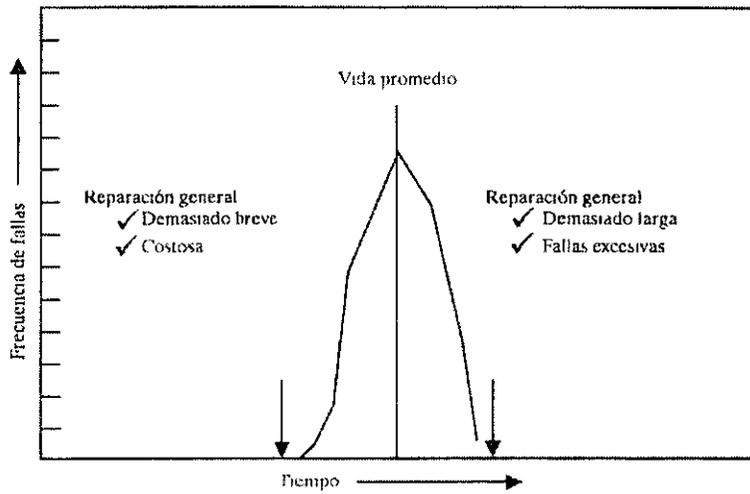
La pregunta más crítica en el mantenimiento preventivo es. ***¿Qué tarea o serie de tareas deben realizarse para impedir una falla?***

Si el mecanismo dominante de falla se basa en el tiempo o se debe al desgaste, es decir, si la probabilidad de la falla aumenta gradualmente con el tiempo, la edad o el uso, entonces las tareas de mantenimiento tienen que basarse en el tiempo. Si, por otra parte, la probabilidad de una falla es constante independientemente del tiempo, la edad o el uso, y existe una degradación gradual desde el principio de la falla, entonces las tareas de mantenimiento pueden basarse en las condiciones. Las tareas basadas en el tiempo se justifican si un restablecimiento o un reemplazo periódicos de componentes restablecen el equipo al estado en que pueda realizar las funciones para las que fue creado. Esta tarea podría variar en complejidad.

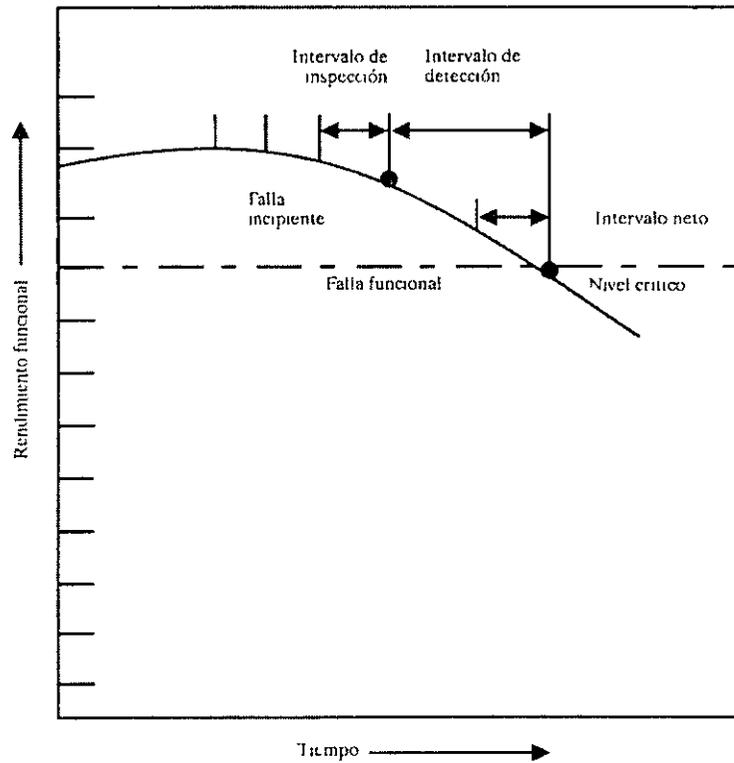
Las tareas basadas en las condiciones, justificadas cuando se desconoce el enfoque de prevención de fallas; se centran en la medición de un parámetro que indique un deterioro o una degradación en el rendimiento funcional del equipo.

El mantenimiento basado en el tiempo es técnicamente factible si la pieza tiene una vida promedio identificable. El mantenimiento basado en las condiciones es técnicamente factible si es posible detectar condiciones o funcionamiento degradado, si existe un intervalo de inspección práctico, y si el intervalo de tiempo (desde la inspección hasta la falla funcional) es suficientemente grande para permitir acciones correctivas o reparaciones.

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”



Reparación general basada en el tiempo



Mantenimiento basado en las condiciones

"MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS"

Debido a que los equipos complejos y sus componentes tendrán varias causas posibles de falla, es necesario desarrollar una serie de acciones de mantenimiento preventivo - algunas basadas en las condiciones y otras basadas en el tiempo- para el mismo equipo, y consolidar éstas en un programa de MP. El programa tendrá tareas agrupadas por periodicidad (es decir, diaria, semanal o anualmente, por horas de operación por ciclos etc.) y agrupadas por oficio (es decir, mecánico, electricista, operador, técnico, etc)

TABLA 3.1 Acciones del programa de mantenimiento preventivo

Quién	Cuándo	Acción	Equipo	Condición	Medida
Mecánico	Semanalmente	Inspeccionar/ ajustar	Sistema hidráulico	Presión	2 500 lb/pulg ² ± 50 lb/pulg ²
Técnico	Semestralmente	Tomar lectura	Rodamientos de motor	Vibración	Banda octava con respecto a la línea básica
Operador	Mensualmente	Lubricar	Motor reductor	Nivel de la varilla de inmersión	Llenar hasta indicador máximo con aceite 10 W 40
Operador	Diariamente	Verificar	Motor reductor	Presión del aceite	Reemplazar el filtro de aceite con P-O1-4201-86 si $\Delta p > 10$ lb/pulg ²

El mantenimiento preventivo es el principal requisito para reducir la frecuencia y severidad de las descomposturas de las máquinas. Se utilizan tres amplias medidas para vigilar que el programa de MP sea competente.

- Cobertura del MP -el porcentaje de equipo crítico para el cual se han desarrollado programas de MP.
- Cumplimiento del MP -el porcentaje de rutinas de MP que han sido completadas de acuerdo con su programa.
- Trabajo generado por la rutinas del MP -el número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tienen como origen rutinas del MP.

El mantenimiento preventivo basado en las condiciones requiere monitorear una variable que está estrechamente relacionada con la falla de los equipos. Es necesario identificar qué parámetro debe vigilarse y medirse.

1.4 Programación del mantenimiento

La programación del mantenimiento es el proceso mediante el cual se acoplan los trabajos con los recursos y se les asigna una secuencia para ser ejecutados en ciertos puntos del tiempo.

El programa de mantenimiento puede prepararse en tres niveles, dependiendo de su horizonte.

1. el programa a largo plazo o maestro, que cubre un período de 3 meses a 1 año;
2. el programa semanal, que cubre 1 semana, y
3. el programa diario, que cubre el trabajo que debe completarse cada día

El **programa a largo plazo** se basa en las órdenes de trabajo de mantenimiento existentes, incluyendo las órdenes de trabajo en blanco, los trabajos pendientes, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento de emergencia anticipado.

El **programa de mantenimiento semanal** se genera a partir del programa a largo plazo y toma en cuenta los programas actuales de operaciones y consideraciones económicas.

El **programa diario** se elabora a partir del programa semanal y generalmente se prepara el día anterior. Este programa con frecuencia es interrumpido para efectuar mantenimiento de emergencia.

Elementos de una programación acertada. La planeación del trabajo de mantenimiento es un requisito previo de la programación correcta. En todos los tipos de trabajos de mantenimiento, los siguientes requerimientos son necesarios para una programación eficaz:

1. Órdenes de trabajo escritas que se derivan de un proceso de planeación bien concebido
2. Estándares de tiempo que se basan en las técnicas de medición del trabajo
3. Información acerca de la disponibilidad de técnicos por especialidad para cada turno.
4. Existencias de refacciones e información para su reabastecimiento.
5. Información sobre la disponibilidad de equipo y herramientas especiales.
6. Acceso al programa de producción de la planta y conocimiento del momento en que las instalaciones estarán disponibles.
7. Prioridades bien definidas para el trabajo de mantenimiento
8. Información acerca de los trabajos ya programados pero que se han atrasado con respecto al programa

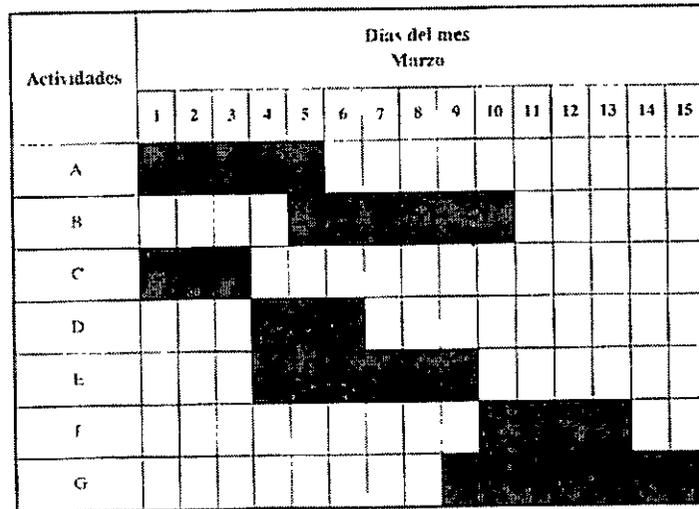
El **sistema de prioridades** para los trabajos de mantenimiento tiene un impacto tremendo en la programación del mantenimiento. Las prioridades se establecen para asegurar que se programe primero el trabajo más crítico.

El sistema de prioridades deberá ser dinámico y debe actualizarse periódicamente para reflejar los cambios en las estrategias de operación o mantenimiento.

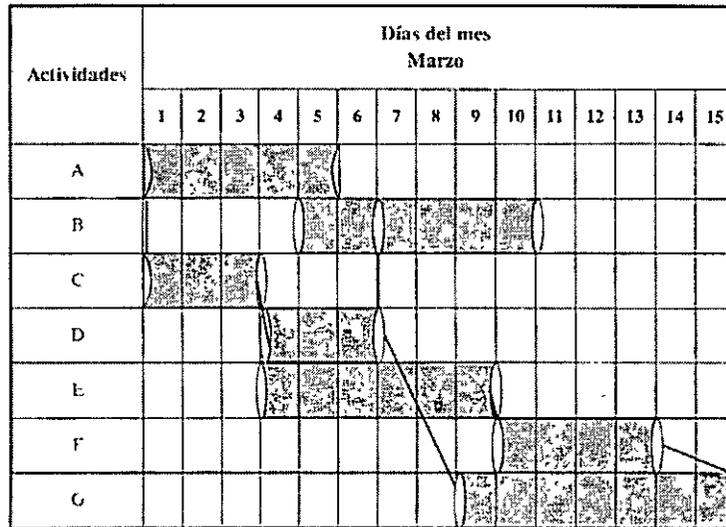
Técnicas de programación. El objetivo final de la programación es construir una gráfica de tiempo que muestre el momento de inicio y terminación para cada trabajo (actividad), la interdependencia entre los trabajos y los trabajos críticos que requieren atención especial y monitoreo eficaz.

La **gráfica de Gantt** es una gráfica de barras que especifica el momento de inicio y terminación de cada actividad en una escala de tiempo horizontal. Su principal desventaja es que no muestra las interdependencias entre los diferentes trabajos. La gráfica de Gantt puede modificarse para mostrar las interdependencias, anotando acontecimientos importantes en cada línea de tiempo de los trabajos

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”



Gráfica de Gantt



Gráfica de Gantt con acontecimientos importantes

2.- El servicio de mantenimiento

2.1 Tipos y funcionamiento de las instalaciones eléctricas

Los edificios modernos ya no son simples albergues contra la lluvia, el viento, el sol y otros fenómenos severos de la naturaleza. Más bien, se están construyendo para crear mejores entornos, más consistente y productivos, en los cuales trabajar y vivir. Los edificios deben diseñarse con características para proporcionar una mejor iluminación; temperatura, humedad y calidad confortable del aire de los espacios; una capacidad conveniente de energía y de comunicación; servicios de alta calidad, y sistemas confiables para la protección de la vida y de las propiedades. Todas estas características deseables se han convertido en una realidad, con los recientes adelantos en los sistemas mecánicos y eléctricos (M/E [Mecánico y Eléctrico]) de los edificios.

Los sistemas M/E (Mecánicos y Eléctricos) de los edificios pueden clasificarse en tres categorías principales, como sigue.

Sistemas mecánicos

- CVAA; Calefacción, ventilación y aire acondicionado.
- Instalaciones locales: Alimentación de agua, drenaje para aguas de lluvia, eliminación de aguas negras, alimentación de gas.
- Plomería: Distribución de agua, tratamiento de agua, instalaciones sanitarias, etc.
- Protección contra incendio: Alimentación de agua, tomas y mangueras contra incendio, detección de fuego y de humos, sistemas de alarma, etc.
- Sistemas especiales.

Sistemas Eléctricos

- Energía Eléctrica: Alimentación y distribución de energía eléctrica normal, de reserva y de energía de emergencia.
- Iluminación: Iluminación interior, exterior y de emergencia.
- Auxiliar. Sistemas telefónicos, de datos, de audio/video, de sonido y de seguridad, etc.
- Sistemas especiales.

Sistemas de operación del edificio

- Transportación: Elevadores, escaleras eléctricas, pasillo eléctricos, etc.
- Procesamiento. productos, alimentos, etc.
- Automatización: Controles del entorno ecológico, administración, etc.
- Sistemas Especiales.

Equipos y sistemas eléctricos

Sistemas de distribución eléctrica En los edificios se utilizan numerosos sistemas de distribución de energía. En función del tamaño del edificio en particular, y de las características, como potencia nominal (hp o kilowatts), voltaje y fases de las cargas predominantes, se utilizarán los sistemas más apropiados. Su frecuencia es otra característica importante de un sistema de distribución de energía. Sin embargo, en un país normalmente la frecuencia está estandarizada, como 60 hertz (Hz) en los Estados Unidos y en México, y 50 Hz en Europa, y la frecuencia estándar deberá respetarse, excepto en aplicaciones no usuales. La mayor parte de los grandes edificios incluyen cargas con características diversificadas, como iluminación y aparatos eléctricos monofásicos y motores trifásicos. Por tanto, en un mismo edificio es bastante común tener más de un sistema de distribución de energía, aunque los sistemas múltiples son costosos y de mantenimiento difícil. A fin de comparar distintas opciones deberá llevarse a cabo estudios de costo beneficio. Como regla, si se requiere más de un sistema, el sistema principal deberá seleccionarse para que satisfaga las cargas predominantes, con uno o más subsistemas convertidos a partir del sistema principal para las cargas subsidiarias.

Los sistemas de distribución de energía eléctrica utilizados en edificios pueden dividirse en cuatro clases de voltaje:

- Sistemas de voltajes extrabajos, 50 volt y menos (sistemas de señalización y comunicación)
- Sistemas de bajo voltaje, hasta 600 volts (energía de uso del edificio)
- Sistemas de voltaje intermedio, hasta de 23,000 volts (circuitos o alimentadores primarios del edificio, y equipo grande)
- Sistemas de alto voltaje, de hasta 70,000 volts (circuitos alimentadores primarios exteriores)

Dentro de cada clase de voltaje hay variaciones. Para la distribución de la energía dentro de los edificios, lo más común son sistemas de bajo voltaje de hasta 480 volts. Los sistemas de voltaje intermedio y de alto voltaje son utilizados sólo en edificios grandes, con varios millones de pies cuadrados de área de planta, o en plantas industriales. Para los fines de este curso, solamente consideremos los sistemas de bajo y medio voltaje.

Cargas menores de 100 kVA Los edificios residenciales y pequeños típicamente tienen una carga por demanda menor de 100 kVA. Normalmente las cargas están diseñadas para 127 volts monofásicos.

Cargas mayores a 100 kVA. Generalmente las cargas mayores de 100 kVA son servidas por sistemas trifásicos. Una excepción es la carga de departamentos multifamiliares o centros comerciales pequeños, donde es totalmente apropiado utilizar un sistema monofásico, incluso si la carga total exceda en mucho a los 100 kVA. Conforme la carga aumenta, los sistemas de voltaje más alto son preferibles debido a la reducción de tamaño de los conductores.

En México son populares los sistemas trifásicos de 127 y 240 volts. Los sistemas de 220/380 volts son bastante comunes en otros países, donde el voltaje de uso de los

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

aparatos domésticos es de 220 volts, en vez de 127 volts. En sistemas de este tipo, las líneas monofásicas de 220 volts darán servicio a pequeños aparatos domésticos, y las líneas trifásicas de 380 volts darán servicio a carga más grandes.

La mayor parte de los sistemas de generación de energía eléctrica regulan de manera automática, dentro del 1% del valor nominal, el voltaje de alimentación en la planta generadora y en la subestación de distribución. Sin embargo, cuando el sistema de la compañía eléctrica está sobrecargado, su voltaje de alimentación puede caer. Una fluctuación del 5% es bastante común y está dentro de los límites legales de las reglamentaciones a empresas eléctricas.

Bajo circunstancias anormales, cuando se sobrecarga una red de una empresa eléctrica, dicha empresa puede recurrir a la técnica de bajar en un 5 o 10% de lo normal su voltaje de distribución -por ejemplo, de 4,160 volts a 3,750. Con esto, de manera correspondiente se reducirá el voltaje secundario del edificio en un porcentaje similar, y más o menos reducirá la carga por demanda del edificio en la misma magnitud. Sin embargo, si la caída de voltaje es excesiva, el equipo del edificio puede sufrir efectos perjudiciales, como motores sobre calentados, reducciones de eficiencia en el uso de la energía, o fallas en instrumentos sensibles, eléctricos y electrónicos.

Límite de variación del voltaje. El límite de variación del voltaje es la diferencia entre los voltajes mínimo y máximo del sistema, bajo condiciones de sin carga y a plena carga, respectivamente. El límite de variación del voltaje toma en consideración la caída de voltaje a través de transformadores, equipo de distribución, alimentadores y circuitos derivados.

Voltaje nominal del sistema y de los equipos. En vista que, incluso en los sistemas mejor diseñados, el voltaje del sistema de distribución de energía, inevitablemente caerá entre su extremo alimentador (fuente) y su extremo receptor (carga) debido a las impedancias inherentes a los componentes de distribución, tendrá que existir un plan para vencer estas variaciones. Por esta razón, normalmente los voltajes nominales del equipo y de los aparatos domésticos es aproximadamente 5% más bajo que el voltaje nominal del sistema. Por ejemplo, los aparatos eléctricos monofásicos se fabrican a 100-115 volts para uso en un sistema nominal de 120-127 volts.

Sistema conectado a tierra. Cuando el sistema eléctrico está conectado a la tierra, ya sea intencional o accidentalmente, se dice que el sistema está puesto a tierra. En general, todos los sistemas eléctricos de los edificios están conectados a tierra de manera intencional en el punto del sistema donde el voltaje, comparado con tierra, es más pequeño. Existen varias razones para esta puesta a tierra:

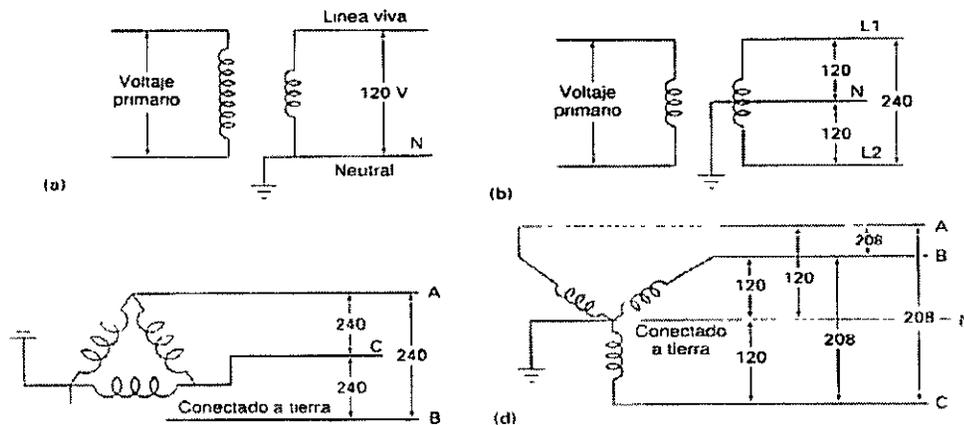
1. La conexión a tierra protege al sistema y al equipo contra sobrevoltaje más elevado, como el lado primario del sistema de distribución, que pudiera exceder varios cientos de miles de volts.
2. Cuando cae un rayo en un edificio y en su sistema eléctrico, puede destruirse el cableado y el aislamiento eléctrico del equipo, y la corriente del rayo saltará buscando tierra, la corriente del rayo seguirá una trayectoria directa hacia tierra, pasando por alto alimentadores y equipo.

 “MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

3. La conexión a tierra protege a las persona contra descargas eléctricas severas. Si el sistema y equipo están conectados a tierra y el circuito eléctrico accidentalmente se pone en corto circuito con el equipo, el dispositivo de protección del equipo (fusibles o cortacircuitos) deberá operar abriendo el circuito. Si el sistema no está puesto a tierra, entonces cualquier tierra accidental en el alambre a través del equipo podría pasar a través de la persona en ese momento tocando al equipo.
4. Un sistema conectado a tierra es más económico que uno no conectado a tierra. El lado puesto a tierra del circuito no deberá interrumpirse. Por lo que, en un circuito monofásico, sólo se requerirá un interruptor de un polo, en tanto que en un sistema monofásico sin conectar a tierra deben utilizarse interruptores de dos polos.

Puesta a tierra del sistema. Una práctica común es usar como electrodo de conexión a tierra una tubería de agua en prácticamente toda su longitud está enterrada y en contacto íntimo con la tierra. Sin embargo, la experiencia indica que conectar a tierra un sistema eléctrico de esta manera puede causar la corrosión de la tubería de agua. Debido a este problema, las empresas distribuidoras de agua desalientan este tipo de conexión a tierra, instalando acoplamientos no conductores en la tubería principal o utilizando tuberías de material plástico. Una alternativa menos eficaz, aún así aceptable, es usar varillas o placas de cobre introducidas en la tierra como electrodos de conexión a tierra. Un método más confiable aunque más costoso, es instalar bajo el edificio una malla de tierra o un lazo de tierra alrededor del edificio como parte del edificio como parte del sistema. Existen dos requisitos para la conexión a tierra.

Conexión a tierra del sistema. Todo el sistema de distribución deberá estar conectado a tierra en el punto del mismo que esté al voltaje neutro o más bajo. En la siguiente figura se indica la localización de los sistemas conectados a tierra en algunos sistemas de distribución interiores:



■ FIGURA 11-4

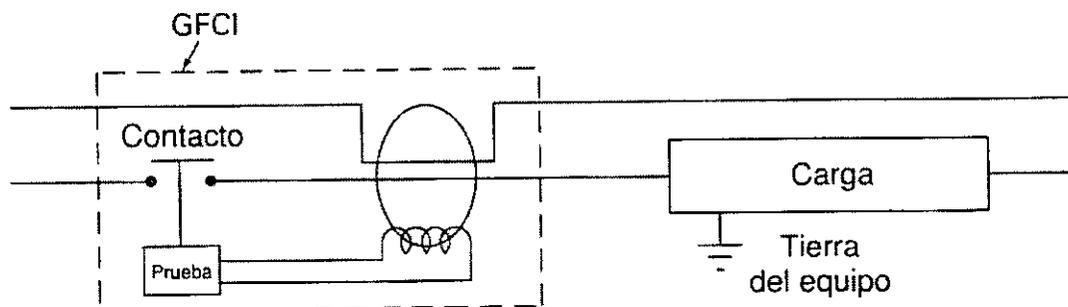
Sistema puesto a tierra típico

- (a) Sistema monofásico de dos hilos de 120 voltios. Línea a tierra = 120 voltios
- (b) Sistema trifásico de una sola fase de 120/240 voltios. Línea a tierra = 120 voltios
- (c) Sistema de tres alambres trifásico de 240 voltios. Línea a tierra = 240 voltios
- (d) Sistema trifásico de cuatro hilos de 120/208 voltios. Línea a tierra = 120 voltios

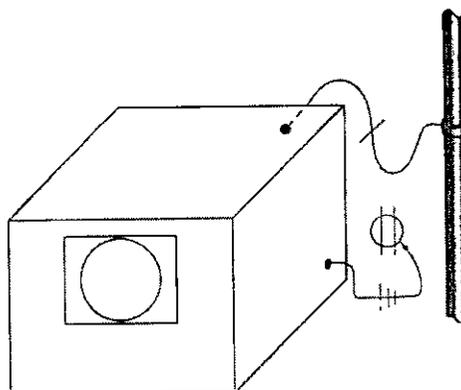
Conexión a tierra de equipos. Todas las envolturas o carcasas eléctricamente conductoras, como el armazón de un motor o la cubierta de un aparato eléctrico, deberán estar conectados a tierra mediante un conductor independiente, codificado en color verde

 "MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS"

Aunque como tierra se pueden utilizar, en vez de lo anterior, las canalizaciones eléctricas metálicas, para el equipo es preferible el uso de un conductor de puesta a tierra como se indica en la siguiente figura:



Polarización Ya que uno de los conductores de todos los sistemas de distribución interiores para edificios está puesto a tierra, la envoltura externa de cualquier equipo eléctrico, como la carcasa de un receptáculo para lámpara, la envoltura metálica de una herramienta eléctrica, o la caja de acero de una maquina lavadora de ropa (véase la siguiente figura) deberá quedar conectada al lado puesto a tierra del circuito eléctrico, a fin de proteger a quien opere el equipo. Este requisito se satisface mediante la instalación de receptáculos o contactos polarizados, con terminales para la conexión a tierra del equipo. El lado no puesto a tierra del receptáculo o contacto es más pequeño que los conectados a tierra; por lo tanto, sólo puede aceptar la hoja más pequeña del enchufe del equipo.

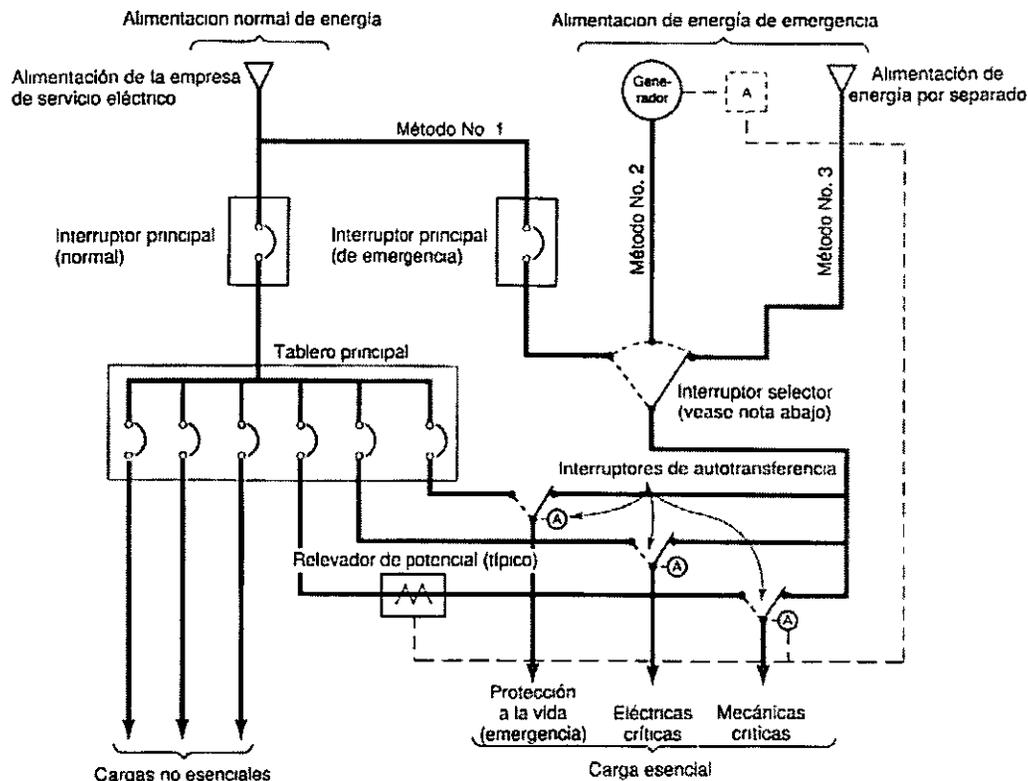


Como seguridad adicional, ciertos receptáculos y circuitos que alimentan cargas para piscinas de natación, cocinas, garajes, cuartos de baño, lavanderías y equipo a intemperie, deberá ser del tipo que pueden disparar o cortar el equipo, si en el flujo de corriente del circuito se detecta una falta de equilibrio entre los lados conectados a tierra y los no conectados a tierra. Este desequilibrio indicará que se está fugando corriente a través del lado no conectado a tierra del circuito, por lo que esta situación deberá ser corregida, mediante un interruptor de circuito de falla a tierra (GFCI). En las dos figuras anteriores se ilustra la configuración y el principio operativo de un receptáculo o contacto GFCI.

Sistema de alimentación de emergencia. Los códigos de construcción requieren de manera legal sistemas de alimentación de emergencia, para asegurar la continuidad en la operación del edificio, cuando la pérdida de suministro normal pudiera crear riesgos a la vida, riesgos de incendio o pérdida de propiedades o de negocios.

Comúnmente se utilizan tres tipos de alimentaciones de energía de emergencia:

1. *Derivación antes del interruptor principal.* Cuando el interruptor principal se desconecte, el circuito derivado de emergencia seguirá activo. Éste es el sistema de alimentación de emergencia alterna menos confiable, ya que si se pierde el suministro de energía del servicio público, tanto los circuitos derivados normales como los de emergencia quedarán fuera de servicio. Esta alternativa es sólo buena para residencias y negocios pequeños. (Véase la figura de la página siguiente)
2. *Generador en el domicilio.* Uno o más generadores eléctricos instalados en el domicilio o en el edificio, arrancarán de manera automática para proporcionar energía a las cargas esenciales. Ésta es la alternativa más confiable, aunque es la más costosa tanto en inversión como en mantenimiento.
3. *Fuente independiente de energía.* La carga de emergencia automáticamente es transferida a una fuente de energía separada, ya sea de la misma empresa suministradora del servicio eléctrico o de otra fuente de energía. Esta alternativa no está disponible excepto tratándose de edificios extremadamente grandes



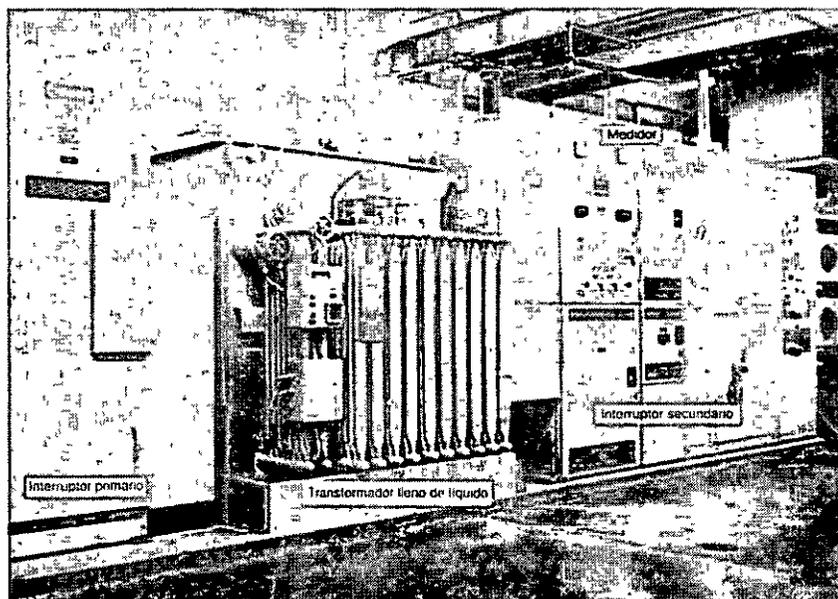
Las cargas de emergencia son cargas eléctricas que deben ser mantenidas durante una falla de energía o durante una emergencia, como en el caso de un incendio. Estas cargas incluyen luces de emergencia o de escape, sistemas de control del edificio, sistema de alarma contra incendio, elevadores, etc. *Las cargas críticas* son cargas eléctricas que, al ser interrumpidas, pueden causar que ciertos productos, como refrigeradores o congeladores, ya no sean operacionales. Algunas veces, como en el caso de una caja registradora, también se pierde dinero. Las cargas críticas se requieren específicamente en instalaciones de cuidados relacionados con la salud.

La capacidad de las cargas esenciales (de emergencia y críticas) varía según el diseño y el uso de un edificio. Obviamente, un edificio de oficinas de una sola planta, no requerirá nada que se parezca a la carga esencial de un edificio de muchos pisos, de un hospital, de un laboratorio, o de una planta industrial especial. En general, la carga esencial para oficina puede variar entre el 10 al 20% de la carga total conectada, y puede llegar a ser tanto como el 40%, en edificios de extra gran altura y en hospitales

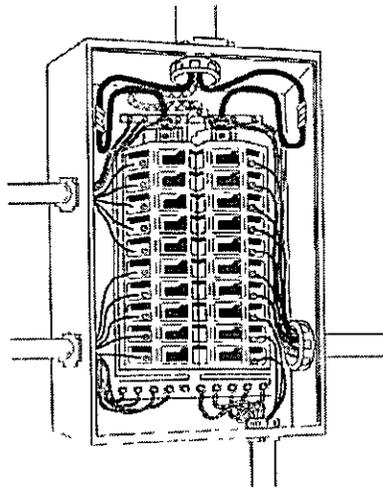
Equipo de potencia En un sistema de distribución de energía eléctrica existen varios niveles de equipo, iniciando con la toma o servicio de energía, los transformadores, el equipo de distribución y terminando con dispositivos de protección de lado de la carga.

Entrada de servicio. La energía de la empresa pública puede entrar a un edificio a través de una cometa aérea, en el caso de pequeños sistemas, o a través de bancos de ductos subterráneos, para sistemas grandes. La energía de la entrada de servicio pudiera estar al voltaje de uso del edificio, como 120/240 volts, o pudiera entrar a un voltaje más alto, que posteriormente se reducirá al voltaje de uso a través de transformadores reductores

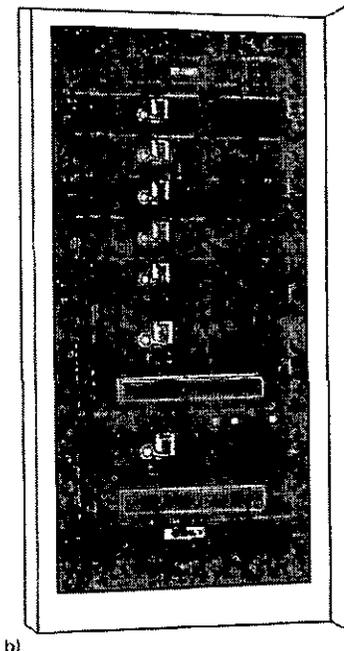
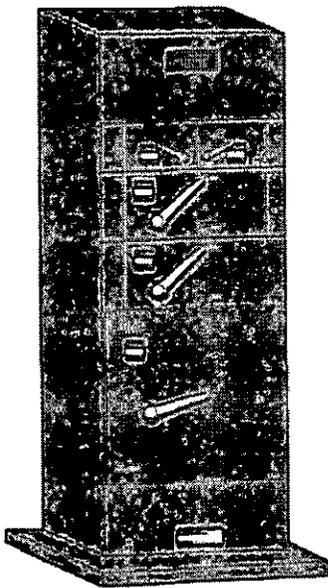
Un tablero de interruptores es un conjunto de interruptores y dispositivos de protección de circuitos a partir del cual se distribuye la energía. El tablero de interruptores sirve como centro principal de distribución de un pequeño sistema, o como una porción del centro de distribución en un sistema más grande.



Un *tablero de distribución* es un conjunto de interruptores y de dispositivos de protección de circuito que sirve como punto de distribución final del sistema. En la siguiente figura se muestra el interior de un pequeño panel de distribución.



Dependiendo de la carga a la cual se conecte, el tablero se puede identificar como de iluminación, de energía, de calefacción, de alguna especialidad, o un tablero de distribución combinado. En las siguientes figuras se muestra varios tipos de tableros de distribución. No existe diferenciación clara entre tableros de interruptores y tableros de distribución, aunque uno se refiere siempre al tablero de interruptores como el equipo de distribución más cercano a la extremidad de suministro del sistema.

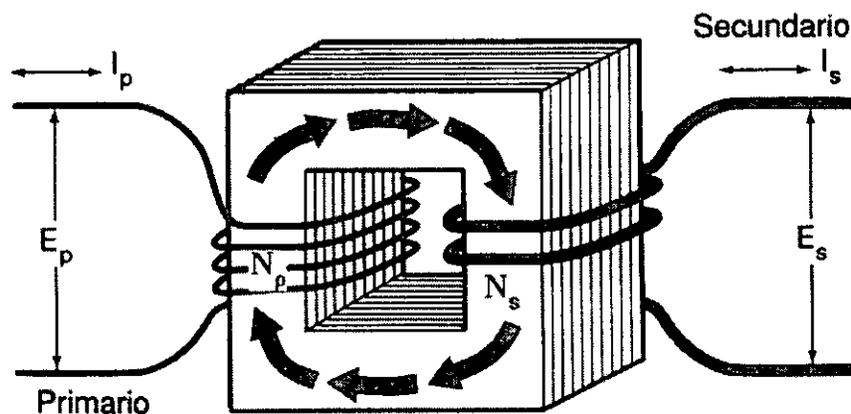


Transformadores. Los transformadores son equipos de transmisión de energía cuyo propósito principal es convertir el voltaje del sistema de un nivel a otro. Todos los transformadores operan con base en el principio de la inducción magnética, en la cual se devanan bobinas primarias y secundarias sobre un núcleo de acero al silicio común. El lado de entrada es el primario, y el lado de salida es el secundario. Si del primario al secundario se incrementa el voltaje, el transformador será un elevador; si se reduce, es un transformador reductor. Debido a la inducción magnética, el voltaje es inducido del primario al secundario. El voltaje resultante es directamente proporcional a la relación de vueltas entre los embobinados primario y secundario. Esto es.

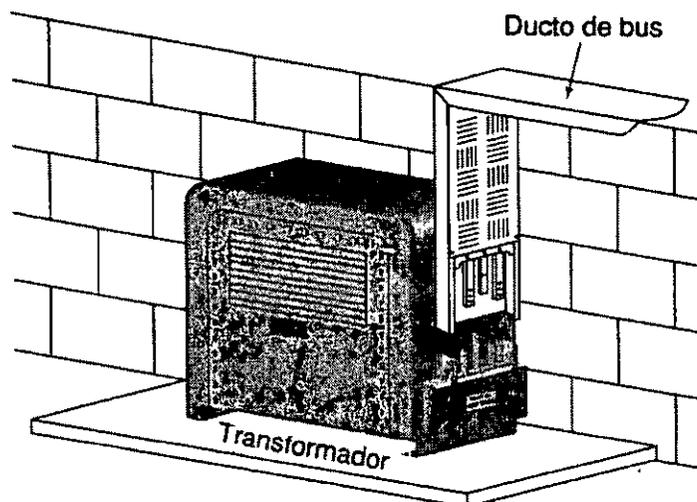
$$E_s = (N_s/N_p) (E_p),$$

es decir,

$$E_s = \frac{1}{2} E_p, \text{ si } N_p \text{ es dos veces } N_s$$



Los transformadores se clasifican de aceite o secos. Este último se utiliza principalmente en aplicaciones de uso interior. Los transformadores de tipo de aceite tienen una impedancia más baja y normalmente son más eficientes, pero deben instalarse en pozos para transformadores o en espacios cerrados. En la figura superior de la pág. 20 se muestra un transformador del tipo de líquido interior en línea con un centro de distribución grande de energía. La siguiente figura ilustra un transformador pequeño de tipo seco montado sobre su base.



Motores. Virtualmente cualquier equipo que requiera de movimiento, como una bomba, elevador, ventilador, aire acondicionado, o incluso equipo tan pequeño como un reloj eléctrico, requiere de un motor. Los motores se clasifican de acuerdo con las características siguientes:

- *Tamaño.* Fraccionario o de caballaje integral, etc.
- *Voltaje.* 120, 208, 240, 277, 380, 480, 600, 2, 300, 4, 160 volts, etc.
- *Número de polos* Dos polos (3,600 rpm), cuatro polos (1,800 rpm), seis polos (1,200 rpm), etc. (con base en 60 Hertz)
- *Fase.* Monofásico, doble trifásico, etc.
- *Principio de operación.* Universal, de fase dividida, de inducción (jaula de ardilla, motor de rotor devanado), síncrono, etc.
- *Construcción.* A prueba de goteo, a prueba de agua, a prueba de explosión, etc.
- *Características de arranque* De alto par de arranque, de baja corriente de baja corriente de arranque, etc.

La mayor parte de los motores utilizados en los equipos de los edificios son del tipo de inducción de jaula de ardilla. Debido a la reactancia inductiva del embobinado del motor, los motores de inducción siempre tienen un factor de potencia atrasado, que puede ir desde el 70 al 80% a plena carga, y tan bajo como el 10 al 20% durante el arranque. En consecuencia, la corriente de arranque de un motor puede ser de hasta 10 veces corriente a plena carga

El tamaño de un motor se establece en caballos de fuerza (HP) que es equivalente a 746 watts, ó 0.75 kW. La corriente a plena carga de un motor varía de acuerdo a su diseño

Operando bajo un principio de deslizamiento, un motor de inducción tiene una velocidad normal ligeramente menor que su velocidad síncrona. Por ejemplo, un motor de dos polos normalmente tiene una velocidad síncrona de 3,600 rpm, si opera en un sistema de 60 Hz.

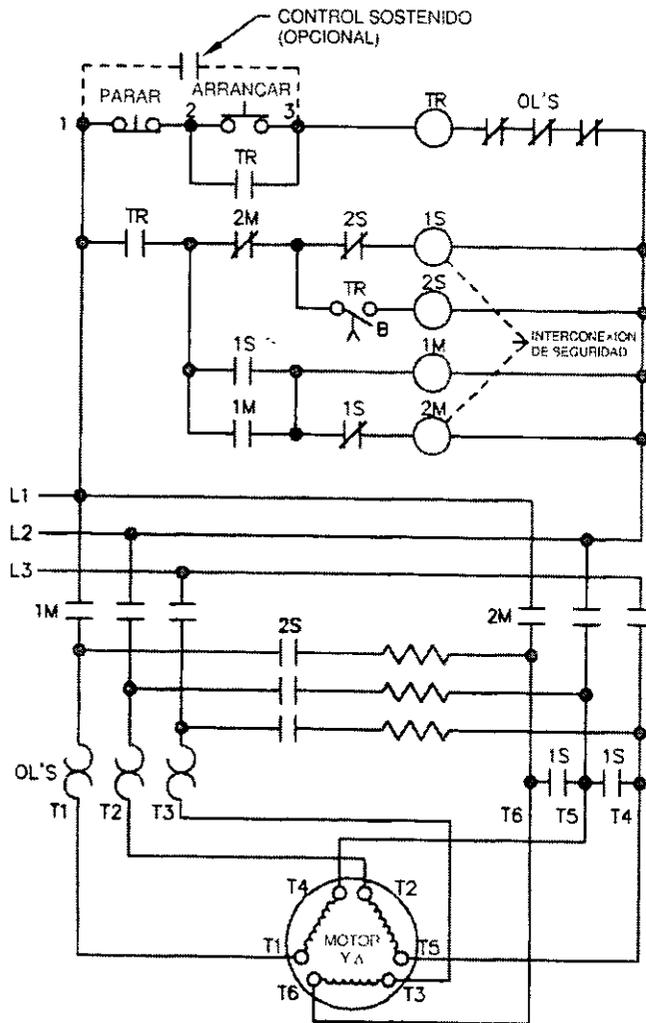
Arrancadores de motor Cuando arranca algún motor, su corriente es mucho mayor que su corriente normal a plena carga durante varios segundos. La persistencia de esta corriente de arranque dependerá de la rapidez con que pueda llevar el equipo a velocidad

plena, lo que a su vez dependerá de la inercia de la carga. Los interruptores ordinarios de activar y desactivar de tipo manual no son capaces de resistir el flujo momentáneo de corriente. Por lo que son necesarios interruptores diseñados para circuitos de motores. Para motores grandes de un caballo o más, se requiere arrancadores automáticos. Estos arrancadores permiten momentáneamente un gran influjo de corriente, incluyendo además protección contra sobrecarga continuada. Los arrancadores pueden clasificarse de acuerdo con las propiedades siguientes

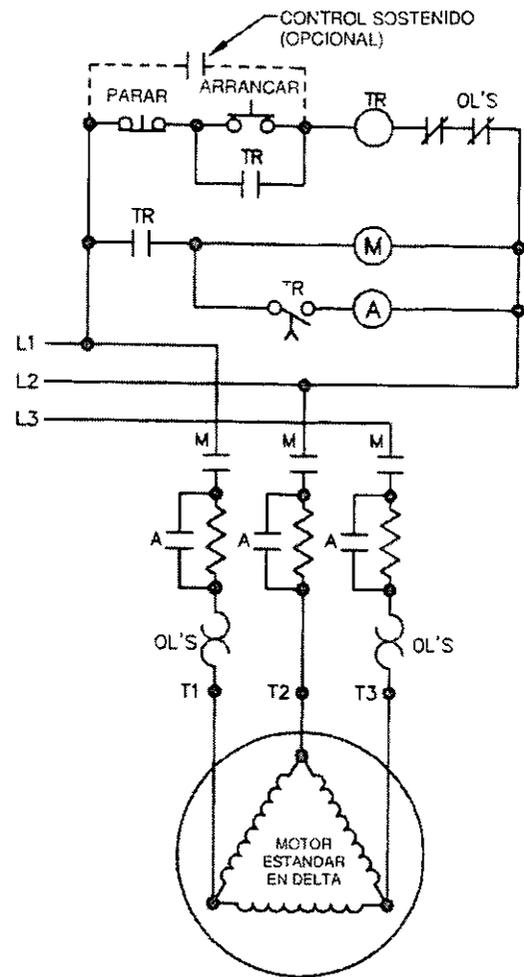
- *Principio de operación.* Electromagnético, de estado sólido, etc.
- *Dispositivos de protección.* Con o sin disyuntor, con o sin protección contra corto circuito.
- *Circuito de arranque.* A voltaje de línea, a voltaje reducido (tipo autotransformador), conexión inicial reducida (estrella-delta, tipos con embobinado dividido)
- *Circuitos de protección.* Sobrecorriente, sobrevoltaje, bajo voltaje, fase inversa, etc.
- *Construcción.* Servicios general, intemperie, a prueba de agua, a prueba de agua, a prueba de explosión, etc

En la siguiente figura se ilustra dos de los muchos arrancadores de motor utilizados para reducir la corriente durante el arranque de una carga de motor. Los arrancadores de motor pueden montarse individualmente o en sistemas grandes ser preensamblados como centro de control de motores, para facilitar la instalación de conductores de entrelazamiento de control.

"MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS"



(a)



(b)

Métodos de arranque para motor a voltaje reducido y a conexión de voltaje reducido (a) Arrancador del tipo Y-delta (Y/Δ) donde el motor se conecta durante el arranque en Y (los devanados del estator al 57.7% del voltaje de línea), y después de un retardo en tiempo calibrado se conectan en delta (embobinados del estator al 100% del voltaje en línea). Este método requiere de un motor especial con seis terminales. (b) Arrancador tipo de resistor primario, que utiliza un motor de inducción estándar de tres terminales, lo que requiere de un juego grande de resistencias para reducir el voltaje de línea durante el arranque.

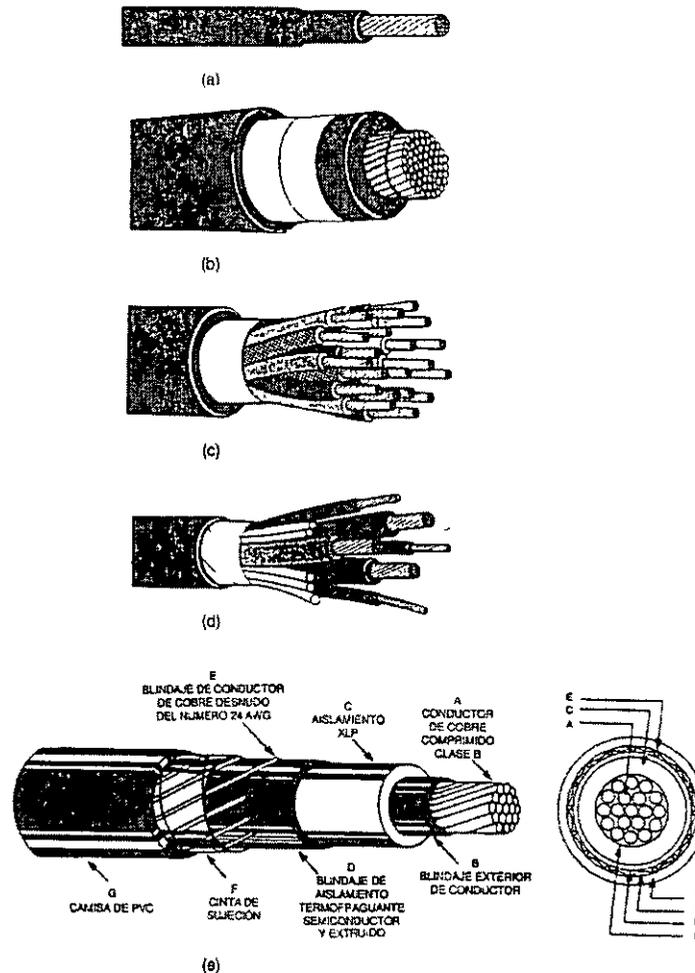
Conductores. Un conductor es un componente eléctrico que lleva y confina el flujo de la corriente eléctrica en su interior. Los conductores están fabricados de un material de alta conductividad (baja resistividad) para minimizar la pérdida de energía y la caída de voltaje. Normalmente, se fabrican en forma cilíndrica como conductores, aunque también se fabrican en sección cuadrada o rectangular.

Dependiendo de su construcción, los conductores se clasifican de acuerdo a las características siguientes:

- Material: Cobre, aluminio, etc.
- Forma: Conductor, cable, bus, ducto de bus, etc.
- Composición: Sólido, trenzado, etc.

 “MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

- Nivel de voltaje. 100 volts, 600 volts, 5,000 volts, etc.
- Aislamiento. Hule, termoplástico, asbesto, etc.
- Recubrimiento. Plomo, aluminio, no metálico, polímero degradado, etc
- Rango de temperatura. 60°C, 75°C, 90°C, 250°C, etc.



En la figura anterior se muestran varios tipos de conductores y cables. Algunos de los conductores más comunes de 600 volts, de tipo general, para edificios utilizados en canalizaciones eléctricas son los siguientes:

- THHN Resistente al calor, termoplástico, 90°C para ubicaciones húmedas y secas; utilizado principalmente en circuitos derivados
- THWN Resistente al calor y a la humedad, 75°C; utilizado principalmente en circuitos derivados.
- USE Cable subterráneo de entrada de servicio, 75°C, aislamiento resistente al calor y a la humedad con recubrimiento no metálico.
- XHHW Polímero sintético degradado, 75°C resistente al calor y a la humedad, para ubicaciones húmedas y secas; utilizado principalmente para alimentadores grandes.

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

Además de los alambres instalados en canalizaciones eléctricas, ciertos alambres y cables pueden ser instalados sin canalización. En edificios se utilizan los siguientes conductores de este tipo:

- *Aislamiento mineral (MI)*. Éstos son alambres con recubrimientos metálicos, es decir armados, con un rango de temperatura de 90° a 250°C. estos cables MI pueden enterrarse directamente en concreto, banquetas, muros o techos.
- *No metálico (NM y NMC)* Este cable armado es un ensamble desde la fábrica de dos conductores o a la humedad, retardante de llama, y no metálico. Se utiliza principalmente en unidades habitacionales residenciales y en otro tipo de edificios que no excedan de tres pisos de altura Este cable comúnmente se conoce como Romex.
- *Cable blindado (AC)* Este cable contiene dos o más conductores aislados en un recubrimiento metálico. Puede utilizarse en aplicaciones expuestas u ocultas, principalmente en pequeños tamaños A veces se conoce como BX.
- *Cable conductor plano (FCC)* Este tipo de cable está formado de tres o más conductores de cobre planos, colocados borde a borde, separados y encerrados en una envoltura aislante. El FCC puede ser instalado bajo losetas de piso no mayores de tres pies por lado. No debe ser utilizaciones riesgosas El alambre FCC normalmente se conoce alambre plano.

Calibre del alambre. Los conductores están numerados de acuerdo con el calibre de alambre americano (AWG) del No 36 hasta el No. 0000 (#4/0). Los calibres son retrógrados, es decir, un calibre más pequeño representa un tamaño mayor Un conductor sólido de #4/0 (no trenzado) deberá tener un diámetro de 0.5 de pulgada El tamaño siguiente más pequeño tendrá menor diámetro, reduciéndose de acuerdo con la relación 1 123. En otras palabras, el diámetro de un conductor sólido de #3/0 deberá ser de 0.5/1.123, es decir 0.405 de pulgada. El diámetro real de conductores trenzados es, naturalmente, mayor que un conductor sólido del mismo calibre AWG.

Capacidad de corriente. La corriente que puede tolerar con seguridad un conductor dependerá de su tamaño, así como del tipo de aislamiento, del método de instalación, del número de conductores en una canalización eléctrica, y de la temperatura que lo rodea. Las capacidades de conducción de corriente permisibles, es decir las capacidades en amperes de diversos tipos y tamaños de conductores están dadas en NEC. La capacidad en amperes permisible de los conductores se ve reducida a temperaturas ambientes superiores a 88°F. La capacidad en amperes permisible en los conductores, también se reduce cuando se instalan más de tres conductores en una canalización eléctrica

Dimensión de los conductores. El código NEC da datos sobre conductores desnudos y recubiertos para dimensionar las canalizaciones eléctricas. En la tabla se muestra un listado condensado de las dimensiones de conductores recubiertos de hule y termoplásticos.

 “MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

Tamaño AWG & MCM	En canalización eléctrica				Al aire			
	Cobre		Aluminio		Cobre		Aluminio	
	75°C	90°C	75°C	90°C	75°C	90°C	75°C	90°C
14	20	25			30	35		
12	25	30	20	25	35	40	30	35
10	35	40	30	35	50	55	40	40
8	50	55	40	45	70	80	55	60
6	65	75	50	60	95	105	75	80
4	85	95	65	75	125	140	100	110
3	100	110	75	85	145	165	115	130
2	115	130	90	100	170	190	135	150
1	130	150	100	115	195	220	155	175
1/0	150	170	120	135	230	260	180	205
2/0	175	195	135	150	265	300	210	235
3/0	200	225	155	175	310	350	240	275
4/0	230	260	180	205	360	405	280	315
250	255	290	205	230	405	455	315	355
500	380	430	310	350	620	700	485	545

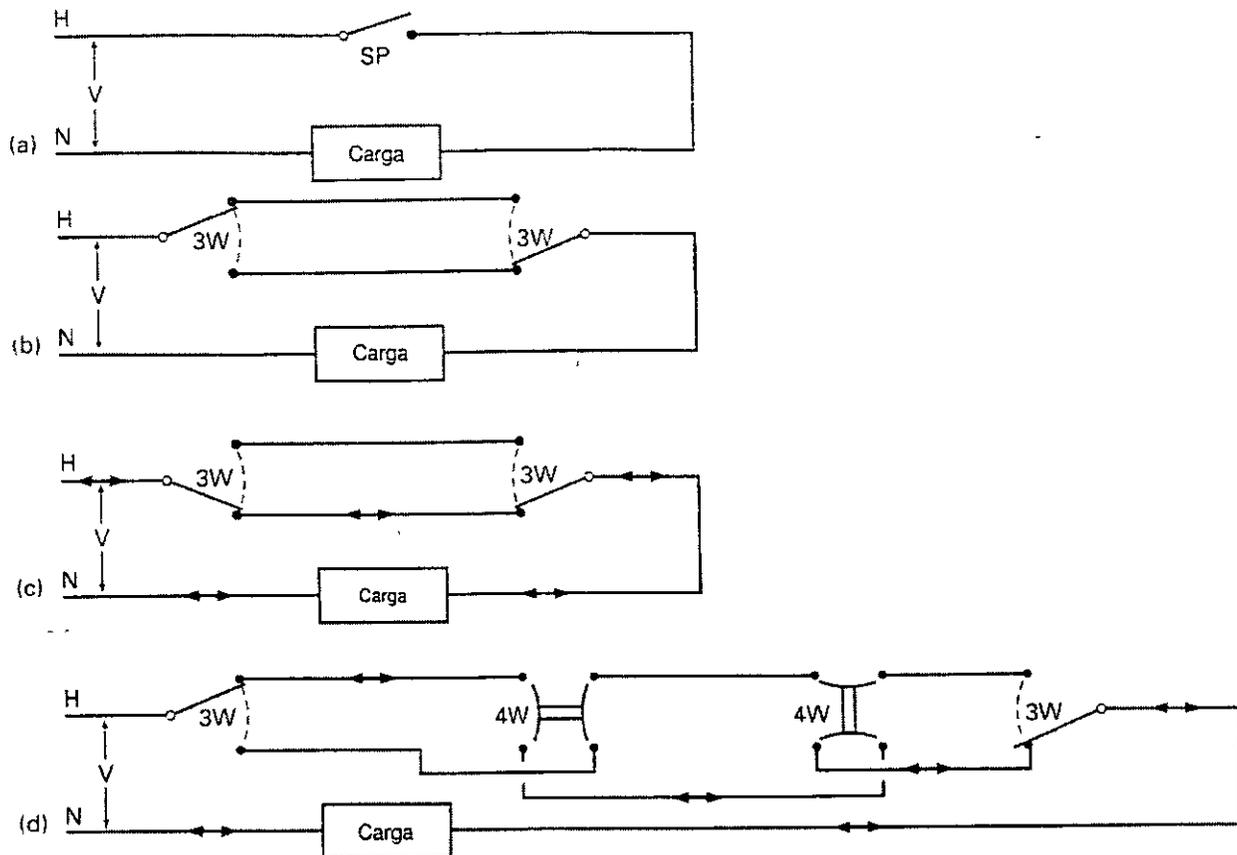
Ambiente	Factor de corrección de capacidad en amperes							
88-95°F (31-35°C)	94	94	94	96	94	96	94	96
97-104°F (36-40°C)	88	91	88	91	88	91	88	91

Dispositivos de alambrado. Una diversidad de dispositivos de alambrado -desde interruptores, contactos y dispositivos de protección de sobrecorriente, hasta contactores y atenuadores- son utilizados en sistemas eléctricos. Todos los dispositivos independientemente del sistema de alambrado, deber instalarse en cajas aprobadas por el código

Interruptores. Un interruptor es un dispositivo que sirve para cerrar, abrir o modificar las conexiones de un circuito eléctrico. Los interruptores se clasifican de acuerdo con los criterios siguientes:

1. *Clasificación NEC.* Servicio general, de aislamiento, de servicio o de motor, etc.
2. *Método de efectuar el contacto* Deslizante, de golpe, líquido (mercurio), etc
3. *Voltaje nominal.* 250, 600, 5000 volts, etc
4. *Número de conexiones.* De una sola desconexión, de doble desconexión, etc.
5. *Número de polos.* 1,2,3,4 polos, etc
6. *Número de posiciones cerradas.* De un solo tiro, de doble tiro, etc.
7. *Método de operación* Manual, magnético operado por motor, etc.
8. *Velocidad de operación.* Cierre lento/apertura lenta, cierre rápido/apertura rápida, etc.
9. *Carcasa.* Abierta, cerrada, intemperie, a prueba de agua, a prueba de explosión, etc.
10. *Función de control* Simple, de tres vías, etc
11. *Método de protección.* Sin fusible, con fusible, cortacircuito, combinación, etc
12. *Actuación de los contactos* Contacto sostenido, contacto momentáneo, etc.
13. *Servicio* Servicio ligero, servicio pesado, servicio de interrupción de carga, etc
14. *Otras funciones.* Atenuador, control de voltaje, fotoeléctrico, reloj, sostenido eléctrica o mecánicamente, controlado con auxiliar, es decir a presión, temperatura, flujo, infrarrojo, movimiento, sensible a la proximidad, etc.

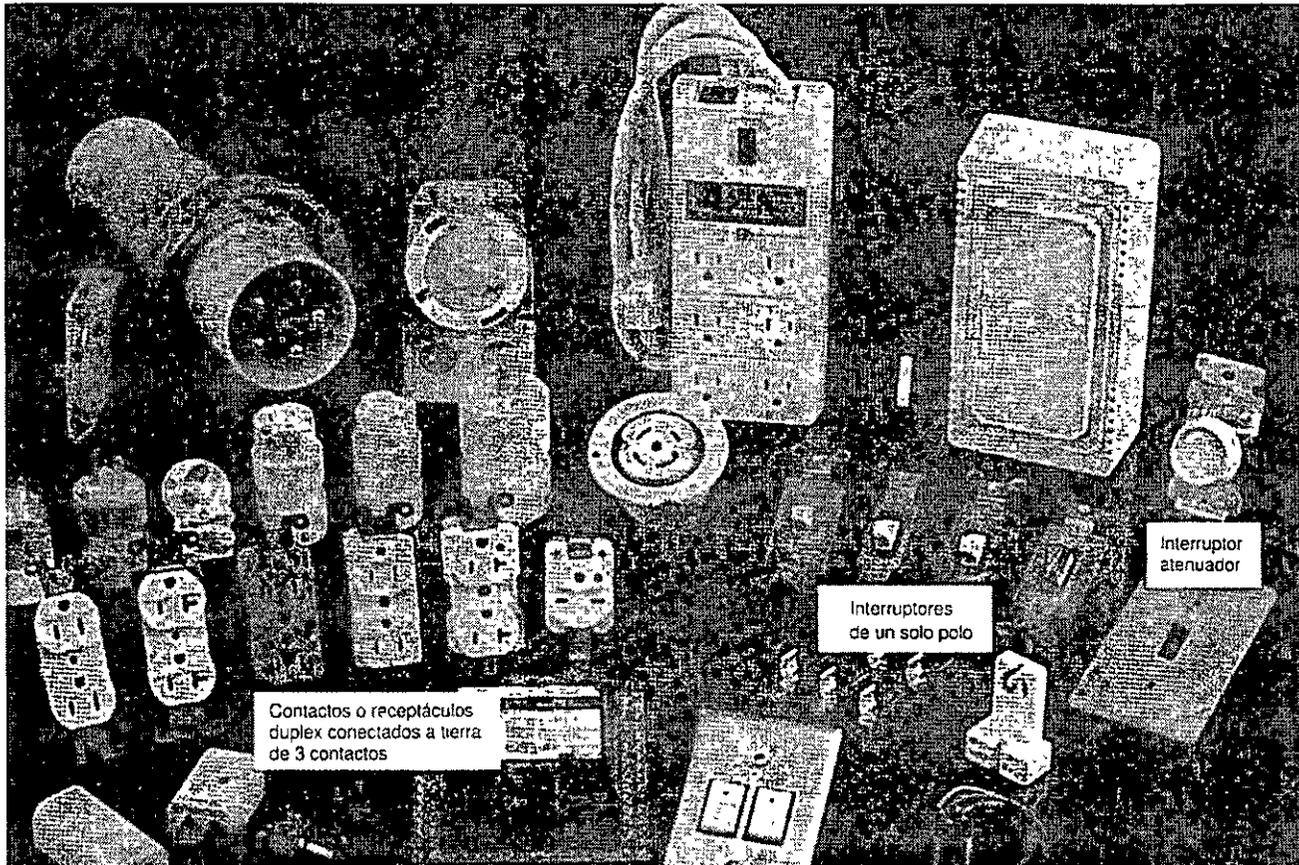
Los interruptores de luz son normalmente interruptores de un sólo polo y un sólo tiro. Cuando las luces deben ser activadas desde más de una ubicación, se utilizan interruptores de tres o de cuatro vías. Los principios de operación de los interruptores de tres y de cuatro vías se ilustran en la siguiente figura. Como regla, el primero y el último interruptor deberán ser interruptores de tres vías y los interruptores intermedios deberán ser de cuatro vías.



Diagramas esquemáticos de alambado de diferentes tipos de interruptores

Interrupción a control remoto de bajo voltaje Cuando se desea la interrupción de luces y cargas de aparatos domésticos en múltiples localizaciones, un sistema de control remoto de interrupción de bajo voltaje proporcionará flexibilidad y economía. Con este sistema, todos los alambres de control se operan a 24 volts o menos y, por lo tanto, no es necesario instalarlos en conduits. Las cargas, ya sean de 120, 240 ó 277 volts, serán operadas por uno o más relevadores electromagnéticos del tipo de contacto momentáneo.

Receptáculos o contactos. Un receptáculo o contacto es un dispositivo de alambado instalado en una caja de salida o chalupa para la conexión de aparatos eléctricos a través de un enchufe. Algunos tipos son mostrados en la siguiente figura:



Receptáculos e interruptores típicos

Los contactos de uso común para los tipos enchufables de aparatos como máquinas de escribir, luces portátiles, televisiones, etc., también se conocen como *contactos de conveniencia* y normalmente se instalan a 125 volts y 15 A. Pueden ser de dos hilos con contactos paralelos no polarizados, o de tres hilos con contactos polarizados. Dado que todos los sistemas eléctricos de 120 volts en un edificio están conectados a tierra; un receptáculo no polarizado de contactores paralelos de dos hilos no podrá distinguir la polaridad de los alambres, y por lo tanto uno de los lados está puesto a tierra. Lógicamente, existirá una probabilidad de 50-50 que el equipo se enchufe del lado incorrecto sujetando a la persona al voltaje de línea si el lado no conectado a tierra del alambre que toca la cubierta del equipo. Afortunadamente, el sistema de 125 volts no es mortal al ser accidentalmente tocado por una persona, aunque definitivamente el choque eléctrico se sentirá. Por esta razón, NEC ya no acepta la utilización de receptáculos o contactos no polarizados y sin conectar a tierra en instalaciones nuevas. Todos los receptáculos o contactos de dos hilos son conectar a tierra serán reemplazados con el tiempo.

Dispositivos de protección. Los circuitos eléctricos que incluyen alimentadores, equipo de distribución circuitos derivados y el equipo de la carga, deben protegerse para evitar que se exceda su capacidad nominal, lo que pudiera ocurrir como resultado de muchas distintas circunstancias. Algunos ejemplos son:

- **Sobrecorriente** Debido a una sobrecarga mecánica o a fallas eléctricas internas o externas.

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

- *Sobrevoltaje.* Debido a un corto circuito entre el alambrado primario y secundario o en razón de una descarga eléctrica.
- *Inversión de polaridad en un sistema trifásico.* Debido a un cambio en el servicio de energía.

El método más común utilizado para evitar los daños causados por sobrecarga es la instalación de dispositivos de protección en ubicaciones estratégicas, por ejemplo; en tableros de interruptores, tableros de distribución, al principio de un alimentador, en un circuito derivado, o en el equipo mismo. Estos dispositivos se dividen en tres tipos generales: relevadores, cortacircuitos y fusibles. Los relevadores normalmente son utilizados por las empresas de servicio público para proteger su sistema primario de distribución, o sus grandes equipos primarios en red. Por lo general en el caso de sistemas y equipos de edificios, se utilizan cortacircuitos y fusibles.

Cortacircuitos. Se define un cortacircuito en los estándares NEMA como un dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito mediante algún medio no automático, y para abrir sin daños automáticamente el circuito sobre una sobrecorriente predeterminada, cuando esté aplicado adecuadamente dentro de su valor nominal. Existen tres tipos de cortacircuitos.

1. *Cortacircuitos de caja moldeada (MCCB).* Las partes conductoras de corriente, mecanismos y dispositivos de disparo están totalmente contenidos dentro de una caja moldeada de material aislante. Los MCCB están disponibles en tamaños y armazones pequeños y medianos desde 30 a 800 amperes, y con valores de disparo de 15 a 800 amperes.
2. *Corta circuitos de potencia (LVPCB).* Estos CB también se conocen como cortacircuitos en aire. Se utilizan principalmente en la construcción de bancos e interruptores. Los LVPC tienen contactos reemplazables, y están diseñados para que se les pueda dar mantenimiento en el campo. Los LVPCB están disponibles en tamaños de armazón mediana y grande desde 600 a 4,000 A. Los LVPCB tienen voltajes nominales a partir de 600 volts, en tanto que los MVPCB están diseñados a partir de 72.5 kV nominales, y los HVPCB para más de 72.5 kV.
3. *Contracircuitos de caja aislada (ICCB).* Éstos tienen las características de construcción tanto del MCCB como del LVPCB, y se utilizan principalmente en tableros de interruptores montados de manera fija, aunque también están disponibles en configuraciones desmontables. Los tamaños de armazones van desde 600 hasta 4000 A.

Construcción y características de los cortacircuitos. Los cortacircuitos también se clasifican mediante otras características de construcción y operación, de acuerdo con:

1. Medio de eliminación del arco (extinción) Aire o aceite.
2. Principio de operación Térmico, magnético, termomagnético, estado sólido (electrónico), etc.
3. Voltaje nominal 125, 250, 600 volts, 5, 12, 15, 35 kilovolts, etc.
4. Tamaño de armazón 30, 50, 100, 225, 400, 600, 800, 1200, 2000, 4000, A., etc.
5. Clasificación de disparo. 15, 20, 30, 50, 90, 100 y más a los valores nominales del tamaño de armazón.
6. Capacidad de interrupción. 5000, 10,000, 15,000, 20,000, 30,000 A. y más.

7. Métodos de operación Manual, operación remota, etc.
8. Otras características. Sobrevoltaje, subvoltaje, contactos auxiliares, corriente inversa, fase inversa, etc.

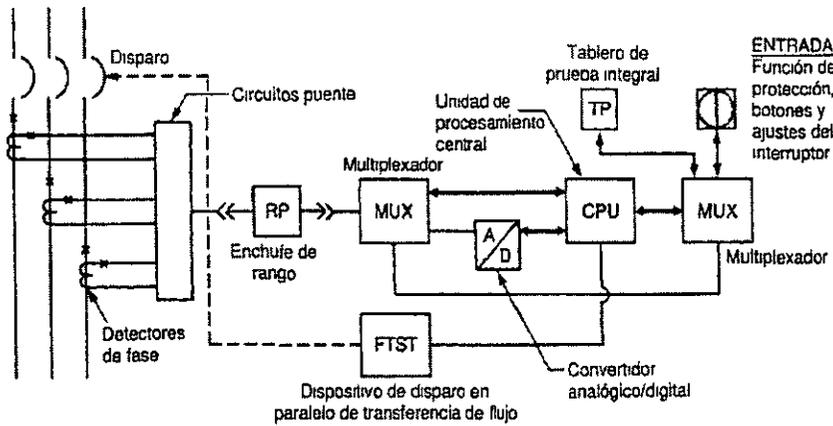
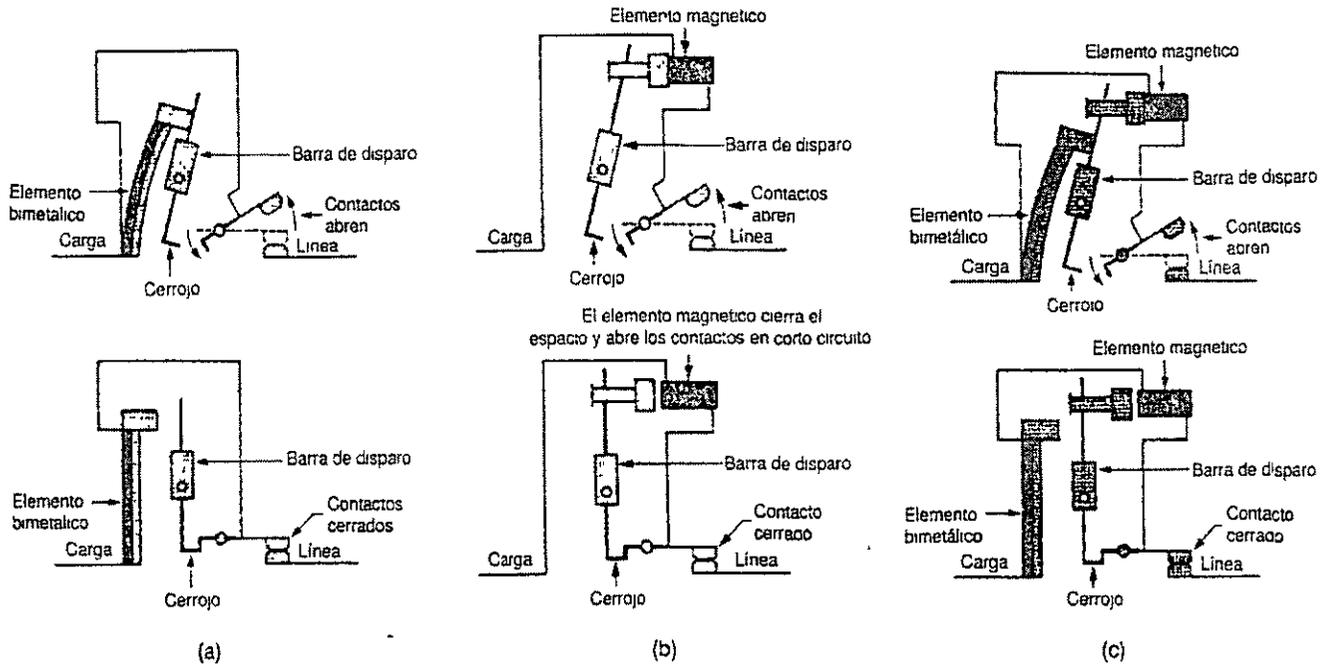
Principios de operación del CB. Existen dos tipos de componentes para cortacircuitos (disparar) dentro de un CB.

1. *Tipo bimetal/electromagnético.* Está formado por un elemento bimetálico, que responde a la elevación de temperatura dentro del CB y de un electromagneto, que responde a la fuerza magnética causada por un flujo de corriente anormalmente alto. El bimetal proporciona la protección térmica y el electromagneto proporciona la protección contra corto circuito. Los principios de operación de estos elementos son mostrados en la figura de la siguiente página (a), (b) y (c).
2. *De estado sólido (electrónico).* Está formado por dispositivos análogos o digitales, para detectar las características o circunstancias eléctricas del circuito y procesar los datos a través de una unidad de procesamiento central (CPU) con acciones preprogramadas. El tipo analógico detecta la corriente pico de una corriente, en tanto que el tipo digital detecta la corriente rms., que es una representación más realista de una corriente de CA. el principio de operación del tipo del CB de estado sólido de tipo digital, aparece en la figura de la siguiente página (d)

Ventajas de los cortacircuitos. Las ventajas de los cortacircuitos sobre otros tipos de dispositivos de protección por ejemplo los fusibles, son:

- Fácilmente reestablecibles, cuando se haya disparado un sistema.
- Más compactos.
- Adaptables para controles de motor y para interconexión eléctrica con otros equipos
- Pueden servir como un interruptor de desconexión (aunque no debería ser utilizado como interruptor de operación).

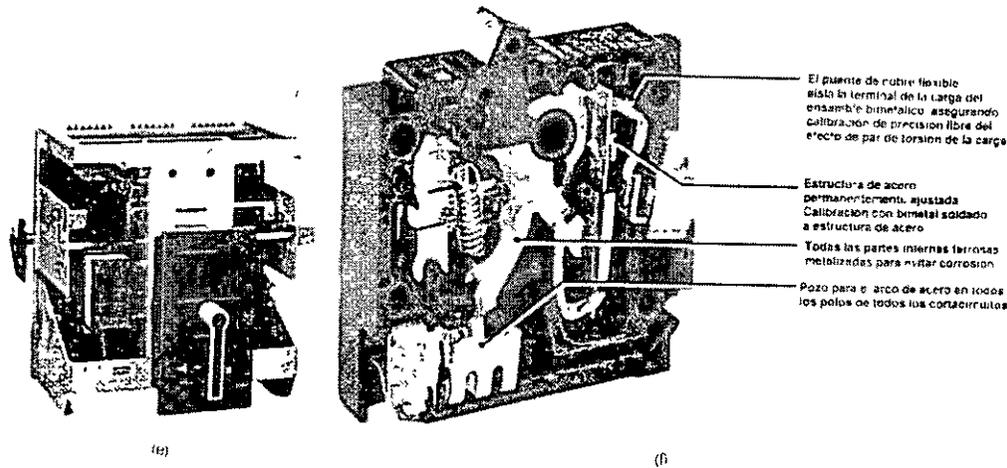
“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”



Principio de operación de los cortacircuitos

 “MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

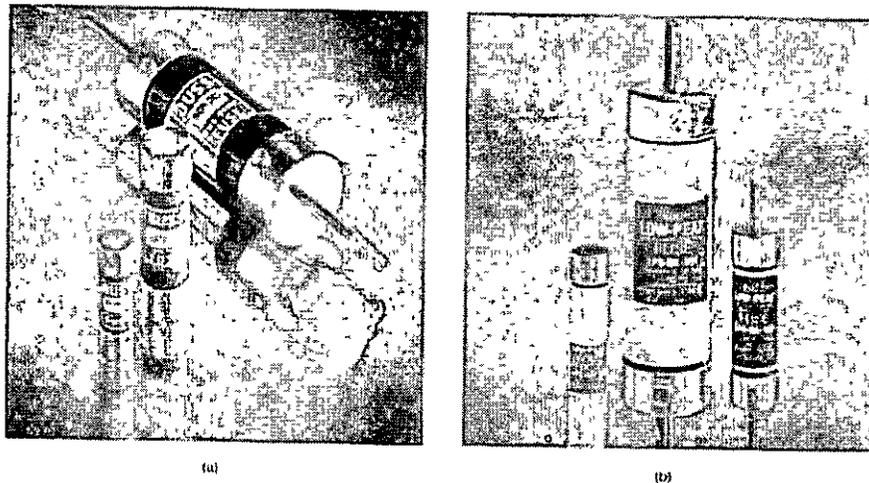
En la siguiente figura (e) y (f), se muestra diversos tipos de cortacircuitos -un cortacircuito para alimentador derivado de un sólo polo de caja moldeada (MCCB) y un interruptor de alta capacidad de interrupción (LVPCB) con detección y controles de estado sólido



Construcción típica de los cortacircuitos

Fusibles. Un fusible es un dispositivo protector eléctrico que al detectar una corriente anormal se funde y abre el circuito en el cual está instalado. Es un dispositivo autodestructivo.

Clasificación de fusibles. Existen muchos tipos de fusibles, clasificados en las categorías siguientes (véase la figura)



Varios fusibles tipo cartucho. (a) Tipo de uso general, de uno o dos elementos. (b) Tipo de elementos duales limitador de corrientes elevadas

1. *Voltaje nominal.* 12, 24, 125, 250, 600, 5000 y voltajes más altos.
2. *Corriente nominal.* Desde una fracción hasta 6000 amperes
3. *Construcción.* No renovable, renovable, elementos individuales o duales, etc.
4. *Principio de operación* Eliminación rápida, con retardo de tiempo, limitadora de corriente, etc
5. *Capacidad de interrupción en corto circuito.* 5000 amperes a 20,000 A.
6. *Material fusible* Plomo, estaño, cobre, plata, etc.

Principio operativo de los fusibles. Es muy sencillo el principio de operación de un fusible de un solo elemento. El eslabón fusible está fabricado de una aleación eutéctica de plomo, estaño y antimonio, que tiene un punto de fusión a una sola temperatura, sin ablandamiento antes de llegar a su punto de fusión. El elemento fusible está hecho con precisión, teniendo cuellos de botella (secciones angostas) que se funden al sobrecalentarse debido a un flujo más alto de corriente. Véase la figura (a) de la siguiente página.

Los fusibles de elementos duales son mostrados en la figura (b) y son fusibles con retardo de tiempo. Cada uno de ellos está formado de dos elementos fusibles. Bajo condiciones normales de operación, el elemento de retardo en tiempo se soltará cuando el material fusible que sujeta al conector “S” se funde. Dado que el conector “S” está sujeto a un sumidero de calor, este punto de fusión intencionalmente se retarda, para evitar el molesto disparo de la carga conectada, como en el caso de una carga de motor. Una carga de motor tiene una alta corriente transitoria durante el arranque. Si no existiera retardo en el tiempo para compensar esta corriente transitoria alta, entonces la carga del motor sería cortada antes de que arranque. En la figura (b) se demuestra la acción de un fusible de elemento dual bajo diversas condiciones. El segundo elemento fusible, igual que el fusible de una sola pieza, se fundirá cuando detecte una corriente de corto circuito muy alta.

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”



1. Vista en corte de un fusible típico de un solo elemento



2 En una sobrecarga sostenida, una sección del eslabón se funde y se establece un arco



3. Fusible de un solo elemento, abierto después de haber desconectado una sobrecarga del circuito



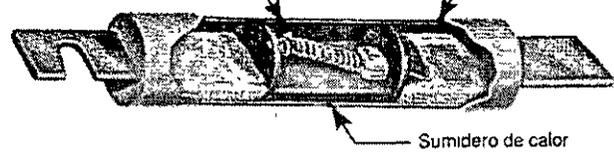
4 Cuando el fusible es sometido a una corriente de corto circuito, varias secciones del eslabón fusible se funden prácticamente instantáneamente



5 Fusible de un solo elemento, abierto después de haber desconectado un corto circuito
(a)

Sección de sobrecarga formada por un conector "S" cargado por resorte y sujeto por una aleación fusible

Secciones de corto circuito conectadas a través del sumidero de calor



1 El fusible de dos elementos tiene elementos distintos y separados para sobrecarga y para corto circuito



2 Bajo sobrecarga sostenida, el resorte de disparo fractura a aleación fusible calibrada, liberando el conector



3 Fusible de dos elementos, abierto después de desconectar una sobrecarga de circuito



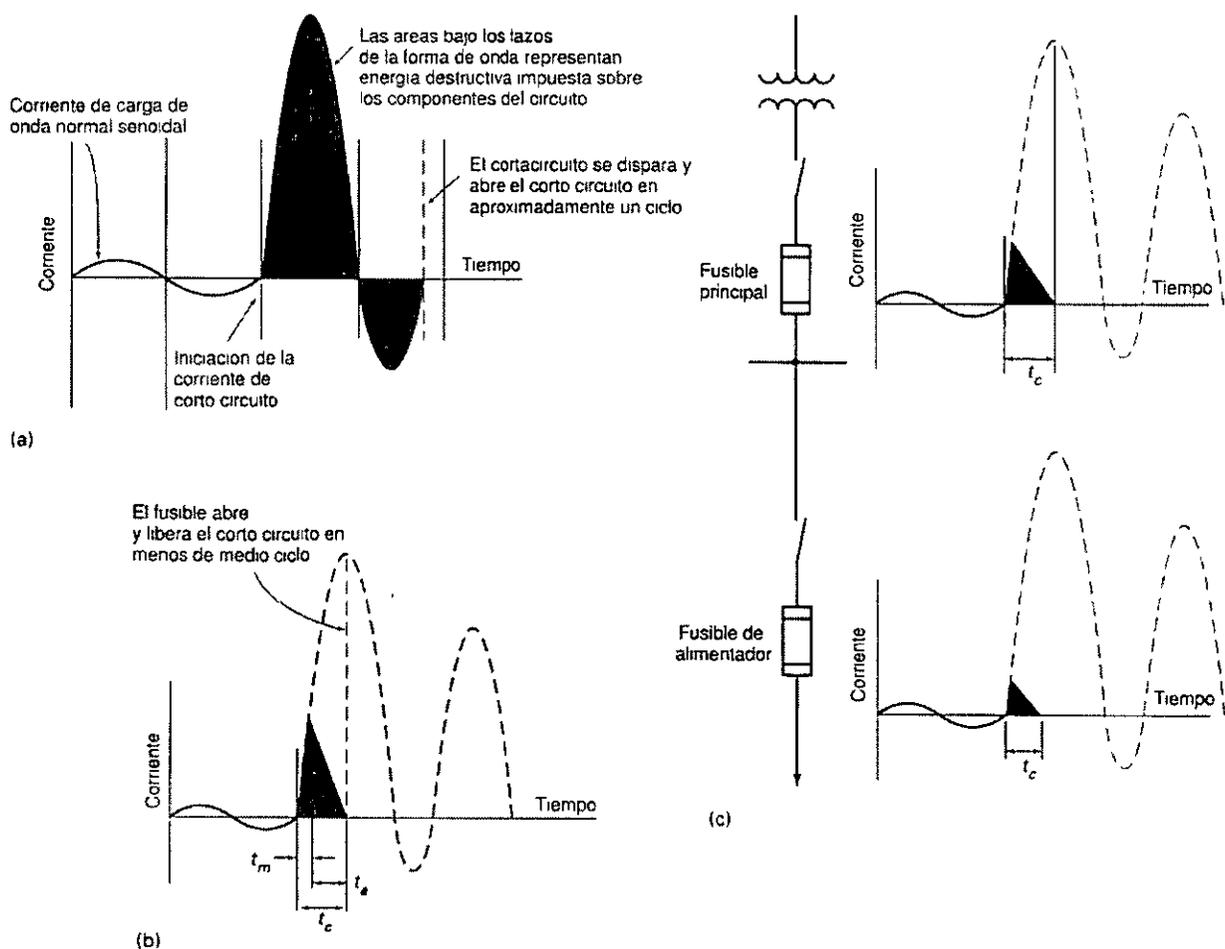
4 Una corriente de corto circuito ocasiona que se fundan las porciones de los elementos de corto circuito con área de sección recta pequeña, haciendo que los arcos quemen los espacios resultantes suprimidos por material absorbente de arcos y por la creciente resistencia del arco



5. Fusible de elemento dual, abierto después de desconectar un corto circuito
(b)

Secuencias de operación de diversos tipos de fusibles

Ventaja de los fusibles. Dos ventajas de importancia tienen los fusibles en el sentido de que en un sistema de distribución correctamente diseñado son de acción rápida y se pueden auto coordinar. Si se utiliza la misma clase de fusible en todos los niveles de protección, los fusibles más bajos (naturalmente, de menores amperes nominales) se abrirán primero, impidiendo la interrupción de fusibles de niveles superiores. En la siguiente figura (a) se ilustra el tiempo normal de disparo de un cortacircuito de caja moldeada, en exceso de un ciclo. La figura (b) es el tiempo de apertura de un fusible, normalmente menor a medio ciclo en la figura (c) se ilustra la coordinación natural de fusibles en un sistema de distribución en el cual el fusible del alimentador tiene un tiempo de apertura más breve que los fusibles principales.



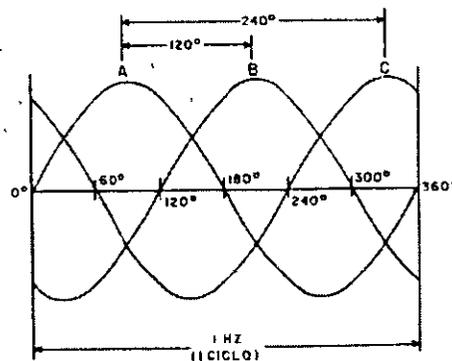
Tiempos de disparo de fusibles y cortacircuitos

Motores eléctricos. El principio de los motores trifásicos de inducción es el de la creación de un **campo magnético giratorio** que se crea en el **estator** (la parte fija o estática de un motor) mediante la aplicación de corriente alterna trifásica en las bobinas o devanados de éste, que **induce** una corriente eléctrica en el **rotor** (la parte del motor que gira o que tiene rotación), con su correspondiente campo magnético, lo que a su vez provoca un momento de giro, produciéndose así el movimiento.

Virtualmente, cualquier equipo que requiera de movimiento, como una bomba, un elevador, un ventilador, un equipo de aire acondicionado, o incluso un equipo tan pequeño como un reloj eléctrico, requiere de un motor. Los motores se clasifican de acuerdo con las características siguientes.

- *Tamaño.* Fraccionario o de caballaje integral, etc.
- *Voltaje.* 120, 208, 240, 277, 380, 480, 600, 2300, 4160 volts, etc.
- *Número de Polos.* Dos polos (3,600 rpm), cuatro polos (1,800 rpm), seis polos (1,200 rpm), etc. (con base en 60 Hertz).
- *Fase* Monofásico, doble, trifásico, etc.
- *Principio de operación.* Universal, de fase dividida, de inducción (jaula de ardilla, motor de rotor devanado), síncrono, etc
- *Construcción.* A prueba de goteo, a prueba de agua, a prueba de explosión, etc
- *Características de arranque* De alto par de arranque, de baja *I* de arranque, etc

Los motores trifásicos de inducción operan en sistemas de tres fases que son básicamente tres sistemas monofásicos, en los que los voltajes de cada fase están defasados con respecto a las otras dos fases por 120° (véase la figura)

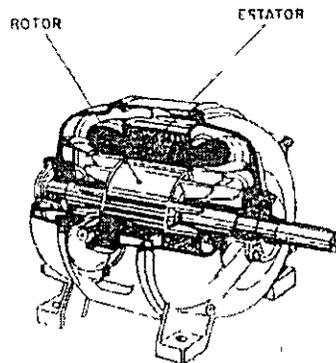


Sistema eléctrico trifásico

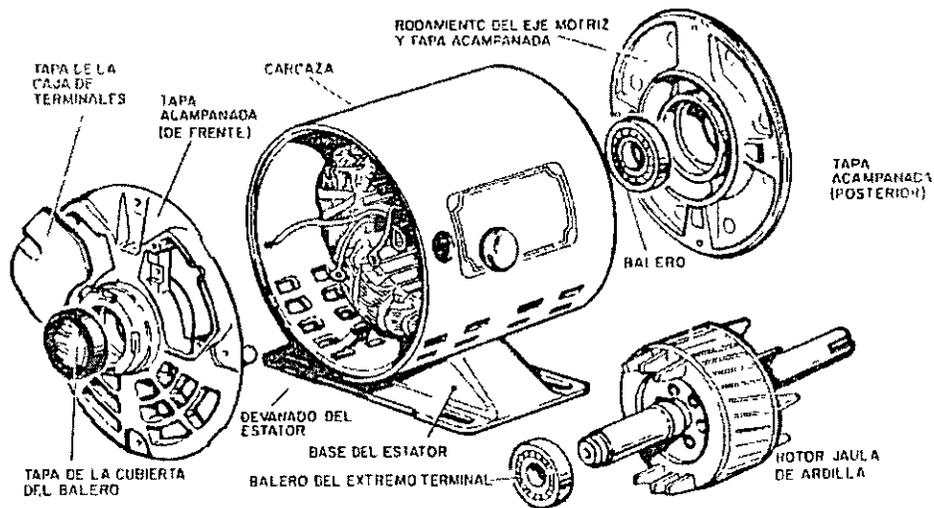
Las características de operación de los motores trifásicos son superiores a las de los motores monofásicos. Los motores trifásicos de inducción se construyen básicamente en dos tipos

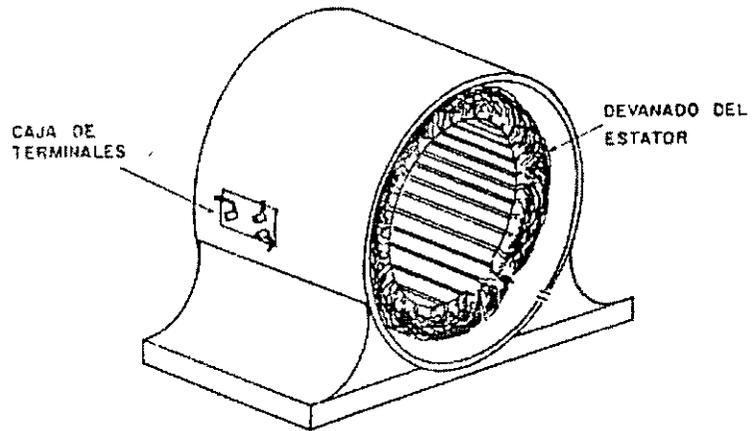
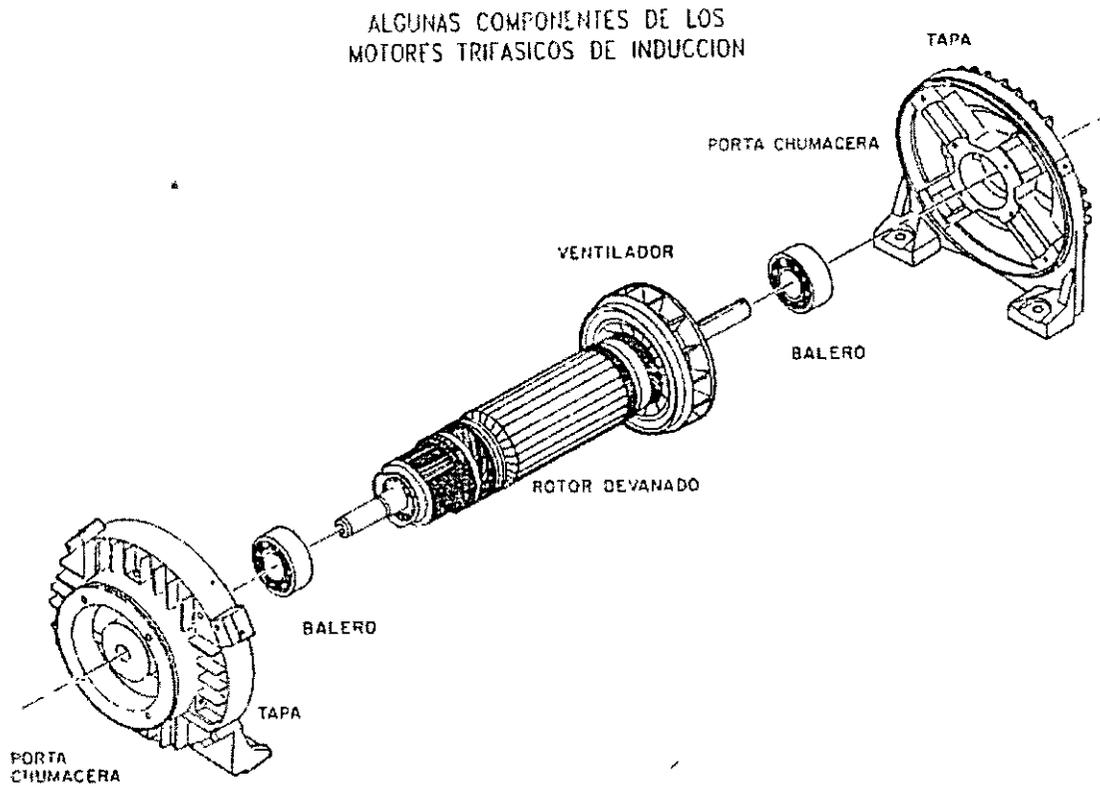
1. de jaula de ardilla
2. de rotor devanado

En las dos figuras siguientes se ilustra, respectivamente, las partes constitutivas de un motor de jaula de ardilla y de un motor con rotor devanado



CORTE DE UN MOTOR DE CA DE INDUCCION

**Motor de jaula de ardilla**



ESTATOR Y CARCAZA

Motor con rotor devanado

La mayor parte de los motores utilizados en los equipos de los edificios son del tipo de inducción de jaula de ardilla. Debido a la reactancia inductiva del embobinado del motor, los motores de inducción siempre tienen un factor de potencia atrasado, que puede ir desde el 70 al 80% a plena carga, y tan bajo como el 10 al 20% durante el arranque. En consecuencia, la corriente de arranque de un motor puede ser de hasta 10 veces corriente a plena carga.

La potencia de un motor se establece en caballos de fuerza (HP) que es equivalente a 746 watts, o 0.75 Kw. La corriente a plena carga de un motor varía de acuerdo a su diseño

Operando bajo un principio de deslizamiento, un motor de inducción tiene una velocidad normal ligeramente menor que su velocidad síncrona. Por ejemplo, un motor de dos polos normalmente tiene una velocidad síncrona de 3,600 rpm (60 Hz x 60 seg/min), pero una velocidad nominal de 3,450-3,500 rpm, si opera en un sistema de 60 Hz.

Arrancadores de motor Cuando arranca algún motor, su corriente es mucho mayor, durante varios segundos, que su corriente normal a plena carga (corriente nominal). La persistencia de esta corriente dependerá de la rapidez con que pueda llevarse el equipo a velocidad plena, lo que a su vez dependerá de la inercia de la carga. Los interruptores ordinarios de activar y desactivar de tipo manual no son capaces de resistir el flujo momentáneo de corriente. Por lo que son necesarios interruptores diseñados para circuitos de motores. Para motores grandes de un caballo o más se requiere arrancadores automáticos. Estos arrancadores permiten momentáneamente un gran influjo de corriente, incluyendo además protección contra sobrecarga continuada. Los arrancadores pueden clasificarse de acuerdo con las propiedades siguientes.

- *Principio de operación* Electromagnético, de estado sólido, etc
- *Dispositivos de protección.* Con o sin disyuntor, con o sin protección contra corto circuito.
- *Circuito de arranque.* A voltaje de línea, a voltaje reducido (tipo autotransformador), conexión inicial reducida (delta-estrella, tipos con embobinado dividido)
- *Circuitos de protección.* Sobrecorriente, sobrevoltaje, bajo voltaje, fase inversa, etc.
- *Construcción.* Servicio general, intemperie, a prueba de agua, a prueba de explosión, etc

Los arrancadores de motor pueden montarse individualmente, o en sistemas grandes pueden ser preensamblados como centro de control de motores para facilitar la instalación de conductores de entrelazamiento de control.

Conexión de los devanados de los motores trifásicos. Los devanados del estator de un motor trifásico de inducción, sea del tipo de jaula de ardilla o de rotor devanado, se pueden conectar en estrella o en delta. Existen también otros tipos de conexiones, pero las conexiones estrella y delta son las más comunes. Los devanados conectados en delta son cerrados y forman una configuración en triángulo o en forma de la letra del alfabeto griego, delta (Δ). Los devanados conectados en estrella forman una configuración en (Y).

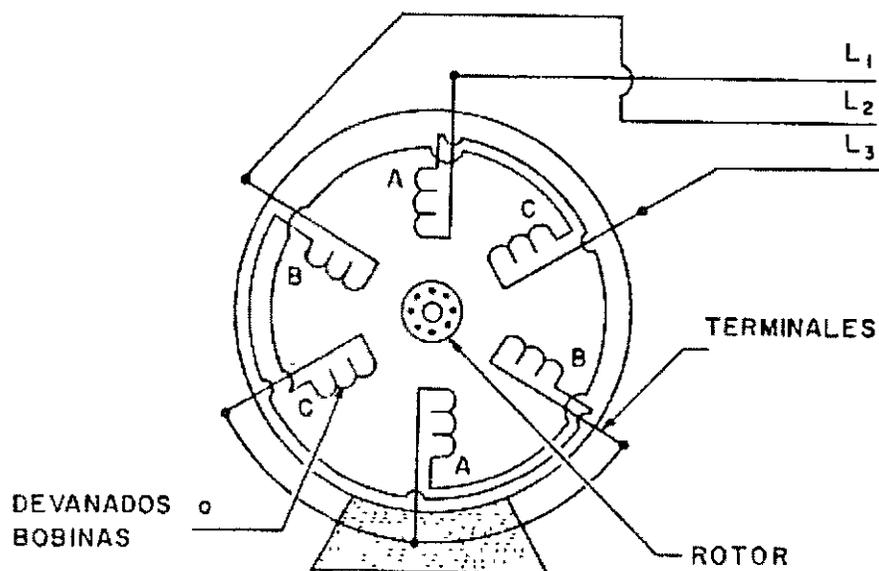
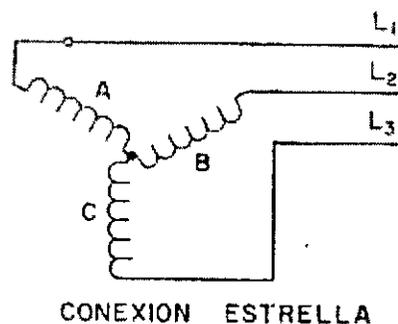
En los motores conectados en estrella, los extremos de cada una de las fases individuales se unen en un punto común. En los motores conectados en delta, los extremos de cada

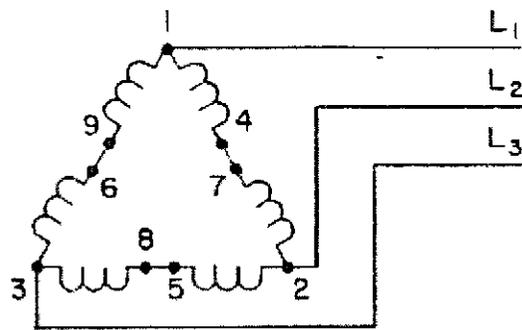
"MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS"

fase se conectan al principio de la fase siguiente. Los devanados de un motor se pueden diseñar con seis o nueve terminales para ser conectados a la línea de alimentación trifásica.

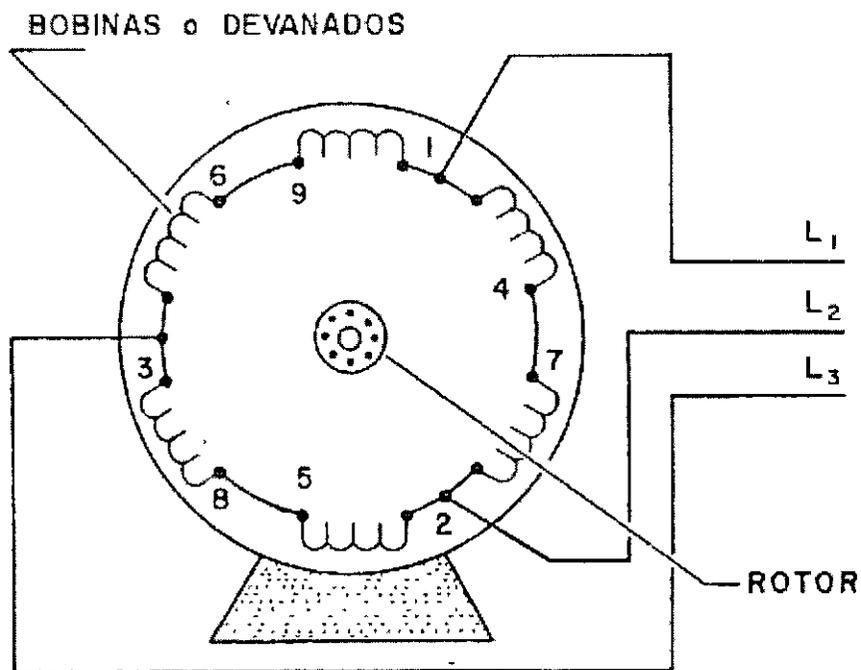
Para determinar el tipo de conexión que tiene un motor, cuando no existe este dato en la placa de características, sólo es necesario hacer uso de un óhmetro, de una lámpara de prueba o de una batería con un timbre

En las siguientes dos figuras se ilustra la conexión estrella y la conexión delta.





CONEXION DELTA



Conexión delta

Alumbrado eléctrico La iluminación es la correcta utilización de la luz natural, o de la generada artificialmente, para proporcionar el entorno visual deseado para trabajar y vivir.

La luz natural es una energía radiante que se origina en el sol. Otras formas de energía pueden ser convertidas en luz. Por ejemplo, quemar aceite combustible convierte energía química en calor y en energía lumínica. El medio más eficiente para convertir la energía en luz, es la energía eléctrica. Los sistemas de iluminación que son desarrollados a través de la conversión de energía eléctrica en energía luminosa, son llamados también sistemas de alumbrado.

Tipos de alumbrado. El componente fundamental de los equipos de alumbrado es la fuente luminosa, llamada comúnmente lámpara. El conjunto que sujeta una o varias lámparas juntas para proporcionar iluminación, es la luminaria.

Las luminarias son diseñadas para un tipo particular de lámpara y generalmente no son adecuadas para otro tipo de lámpara.

Desde que fueron utilizadas por vez primera para proporcionar iluminación, hasta nuestros días, las lámparas son fabricadas de muy diversas formas y en muchos tipos diferentes (véase la figura de la otra página). Actualmente existen miles de lámparas para muy diversas aplicaciones; no obstante, todas ellas pueden ser agrupadas en cuatro tipos principales, en función de su principio operativo.

- 1) Las **lámparas incandescentes** se basan en el principio de convertir energía eléctrica en calor, a una temperatura que hace que el filamento de la lámpara se ponga incandescente (rojo o blanco).
- 2) Las **lámpara fluorescentes** contienen vapor de mercurio. Cuando se aplica un voltaje adecuado, se produce un arco eléctrico entre los electrodos opuestos, generando radiaciones ultravioleta, algunas visibles, pero en su mayor parte invisibles. Estas radiaciones ultravioleta excitan el recubrimiento de fósforo en el interior de la unidad, emitiendo así luz visible.
- 3) **Lámparas de descarga de alta intensidad (HID).** Producen una luz de alta intensidad dentro de un tubo de arco interno, contenido dentro de un bulbo exterior. El gas metálico dentro del tubo de arco puede ser mercurio, sodio o una combinación de otros vapores metálicos. El bulbo exterior puede ser transparente o estar recubierto de fósforo. Las lámparas HID se clasifican como de mercurio, de haluros metálicos y de sodio a alta presión.

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

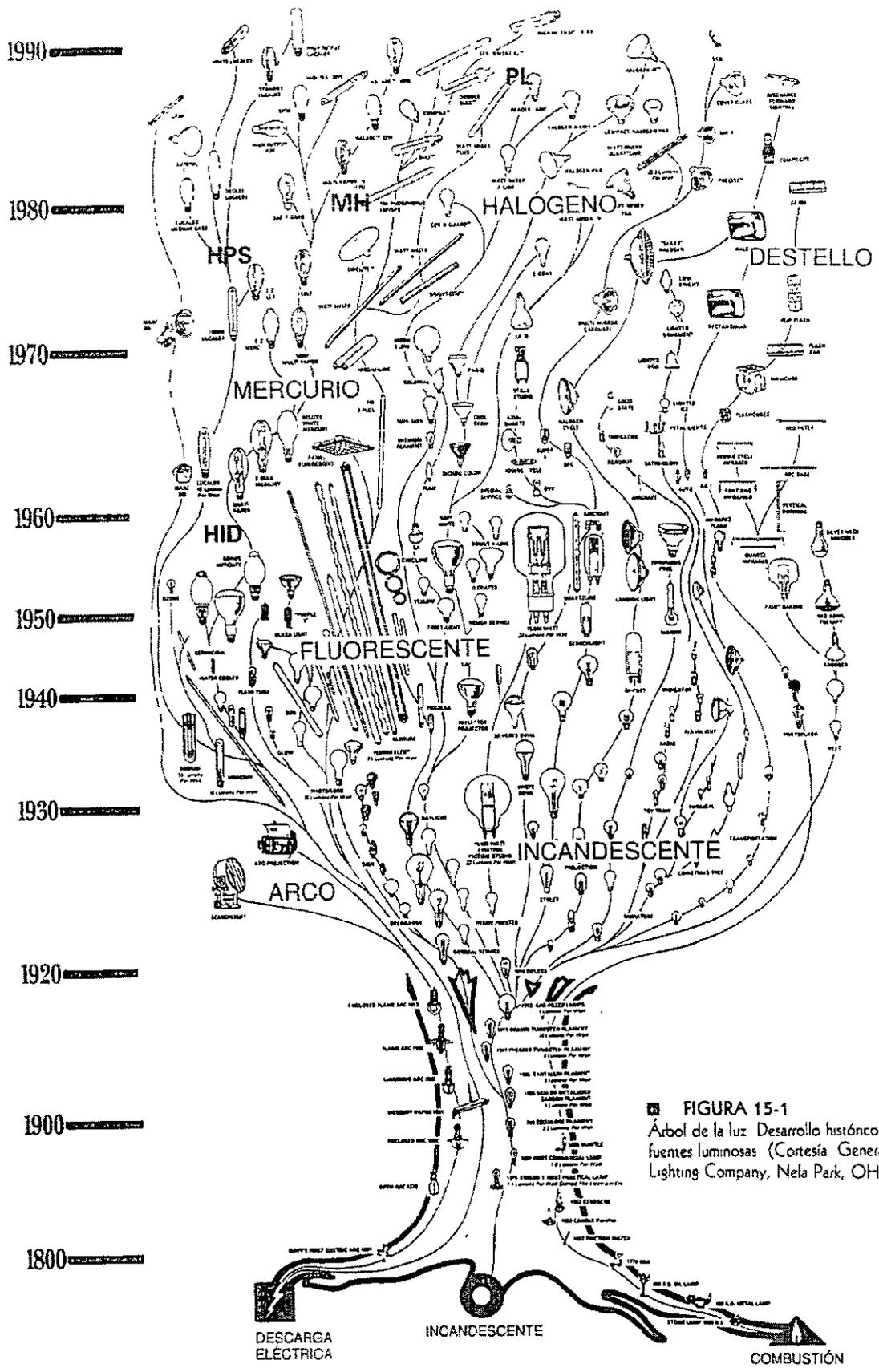


FIGURA 15-1
Árbol de la luz Desarrollo histórico d
fuentes luminosas (Cortesía General
Lighting Company, Nela Park, OH)

Desarrollo histórico de fuentes luminosas

- 4) Las **lámpara misceláneas** incluyen una amplia variedad de ellas funcionando sobre varios principios distintos. Aunque su aplicación en edificios es limitada, los avances en tecnología y en producción pudieran dar una nueva dimensión al mundo de la arquitectura y del diseño de espacios. Algunos de estos nuevos tipos de lámpara son:

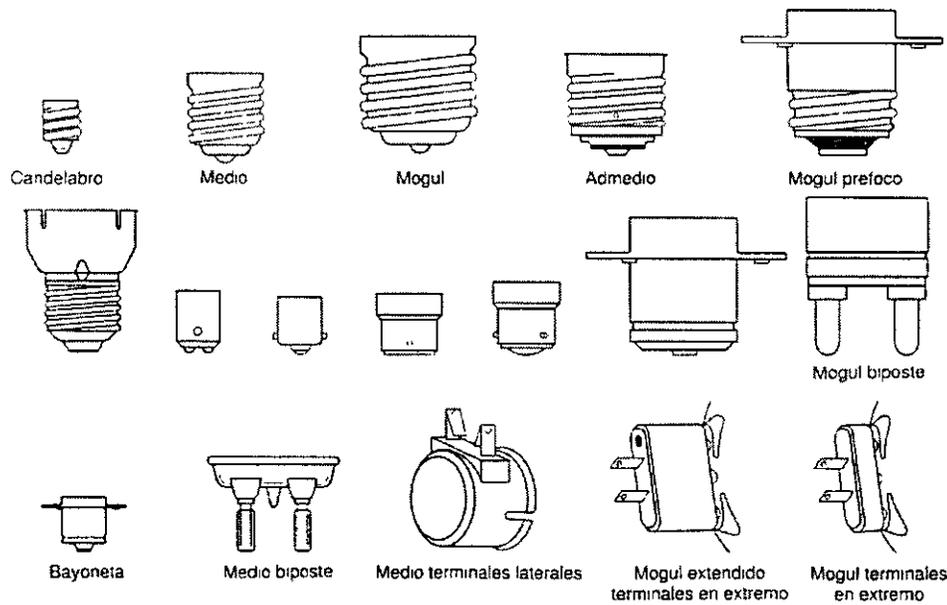
Lámparas de arco corto, es decir, lámparas de arco compacto, como la familia de lámparas xenón, que producen luz en pequeños tubos de arco y son lo más cercano a una verdadera fuente puntual de alta luminosidad. Son utilizadas principalmente en faros buscadores, en proyectores y en instrumentos ópticos.

Lámparas de sodio de baja presión (LPS). Son lámparas monocromáticas en la región amarilla del espectro luminoso. La eficacia de una lámpara LPS llega hasta 180 lúmenes por watt, pero sus aplicaciones son limitadas en razón de su color. Las aplicaciones típicas son en calles, en carreteras, en estacionamientos abiertos y en patios de almacenamiento

Lámparas electroluminiscentes. Éstas emiten luz mediante la excitación directa del fósforo por la aplicación de una corriente alterna (CA). Por tanto, pueden ser fabricadas de cualquier forma, tamaño y configuración. Las lámpara electroluminiscentes pueden producir distintos colores de luz mediante la mezcla de fósforos. Aunque son extremadamente eficientes, al rendir aproximadamente 200 lúmenes por watt, su uso está limitado a señalizaciones y aplicaciones decorativas.

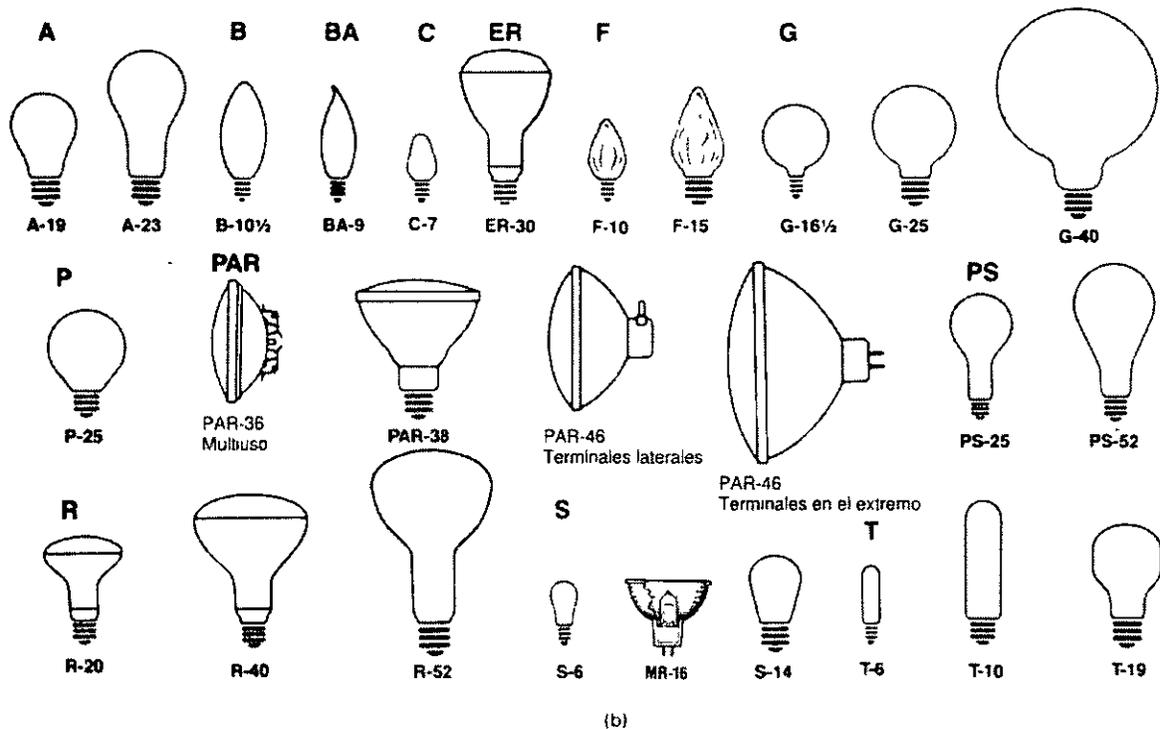
En las siguientes cinco figuras, se lustra diferentes tipos y accesorios de lámparas incandescentes, fluorescentes, de alta intensidad (HID) y de otros tipos.

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”



Formas del bulbo (los tamaños no son reales) ^(a)

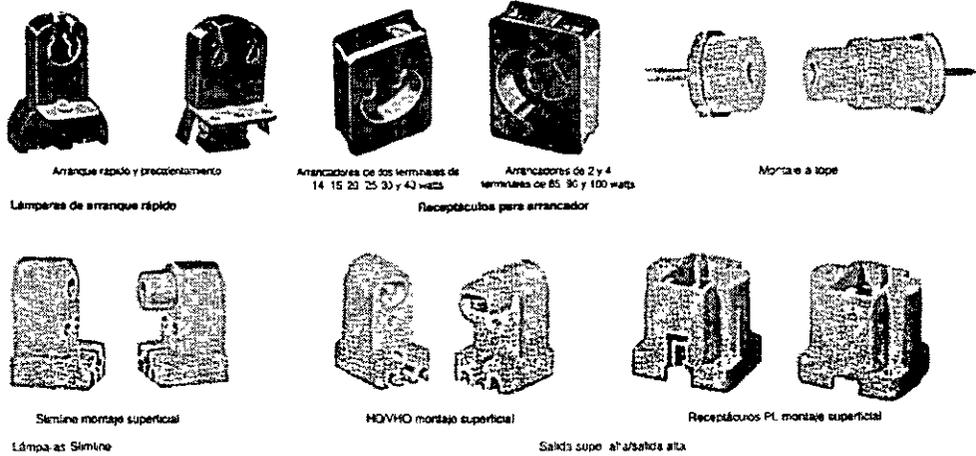
El tamaño y la forma de un bulbo queda designado por una letra o letras, seguidas por un número. La letra indica la forma del bulbo, en tanto que el número indica el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Por ejemplo "T-10" identifica un bulbo de forma tubular, con un diámetro de 10/8 es decir 1 1/4 pulgadas. Las siguientes ilustraciones muestran algunas de las formas y tamaños más populares de bulbo.



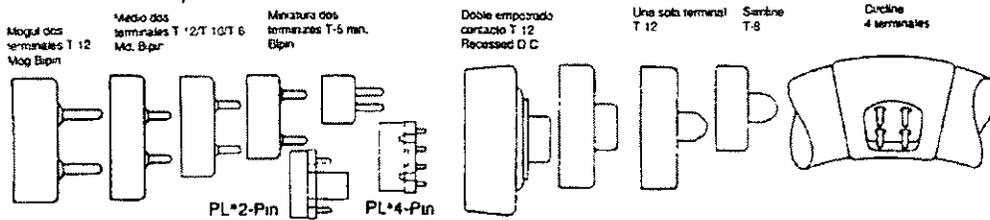
Lámparas incandescentes. (a) Bases comunes. (b) Formas

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

Portalámparas y porta arrancadores típicos

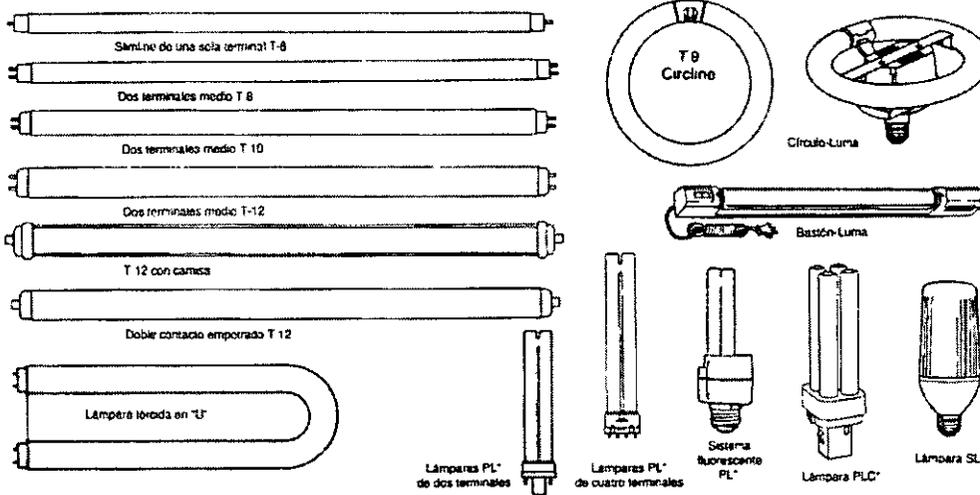


Tipos de bases (no de tamaño real)

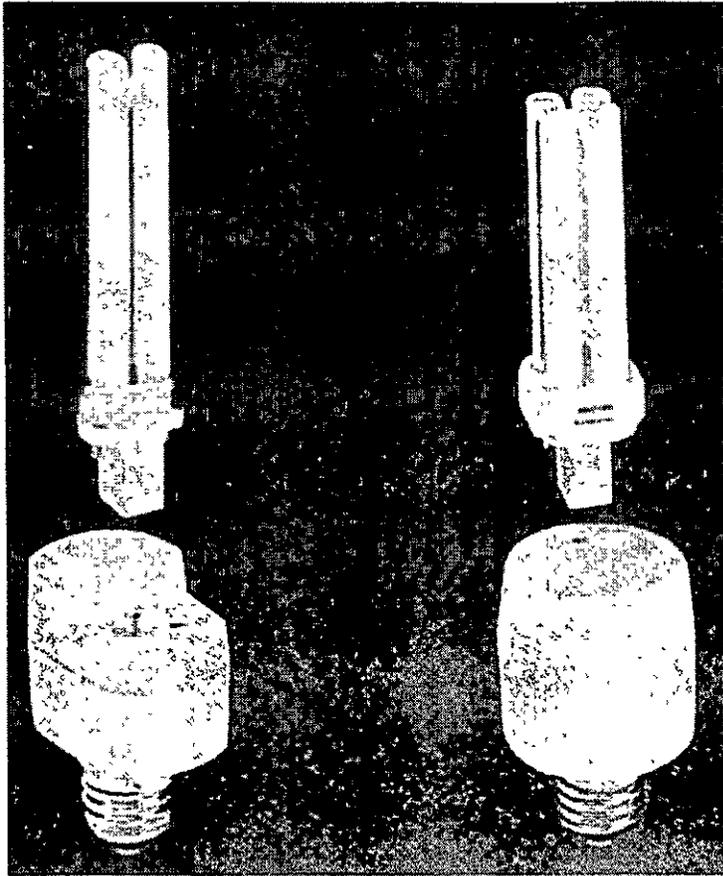


Forma De Bulbos (no a tamaño real)

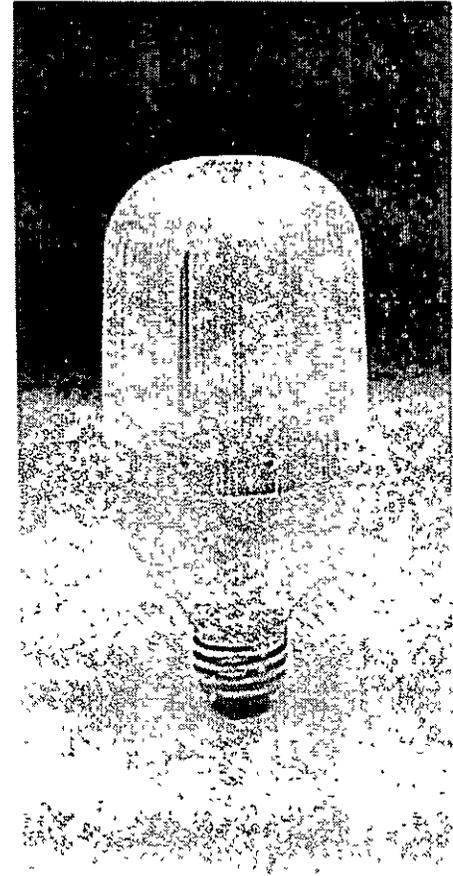
El tamaño y forma de un bulbo es designado mediante una letra o letras seguidas por un número. La letra indica la forma del bulbo en tanto que el número da el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Por ejemplo T 12 indica un bulbo de forma tubular con un diámetro de 12/8 es decir de 1 1/2 pulgadas. Las ilustraciones siguientes muestran algunas de las formas y tamaños de bulbos más populares.



Portalámparas, bases y formas de los bulbos (o tubos) de lámparas fluorescentes



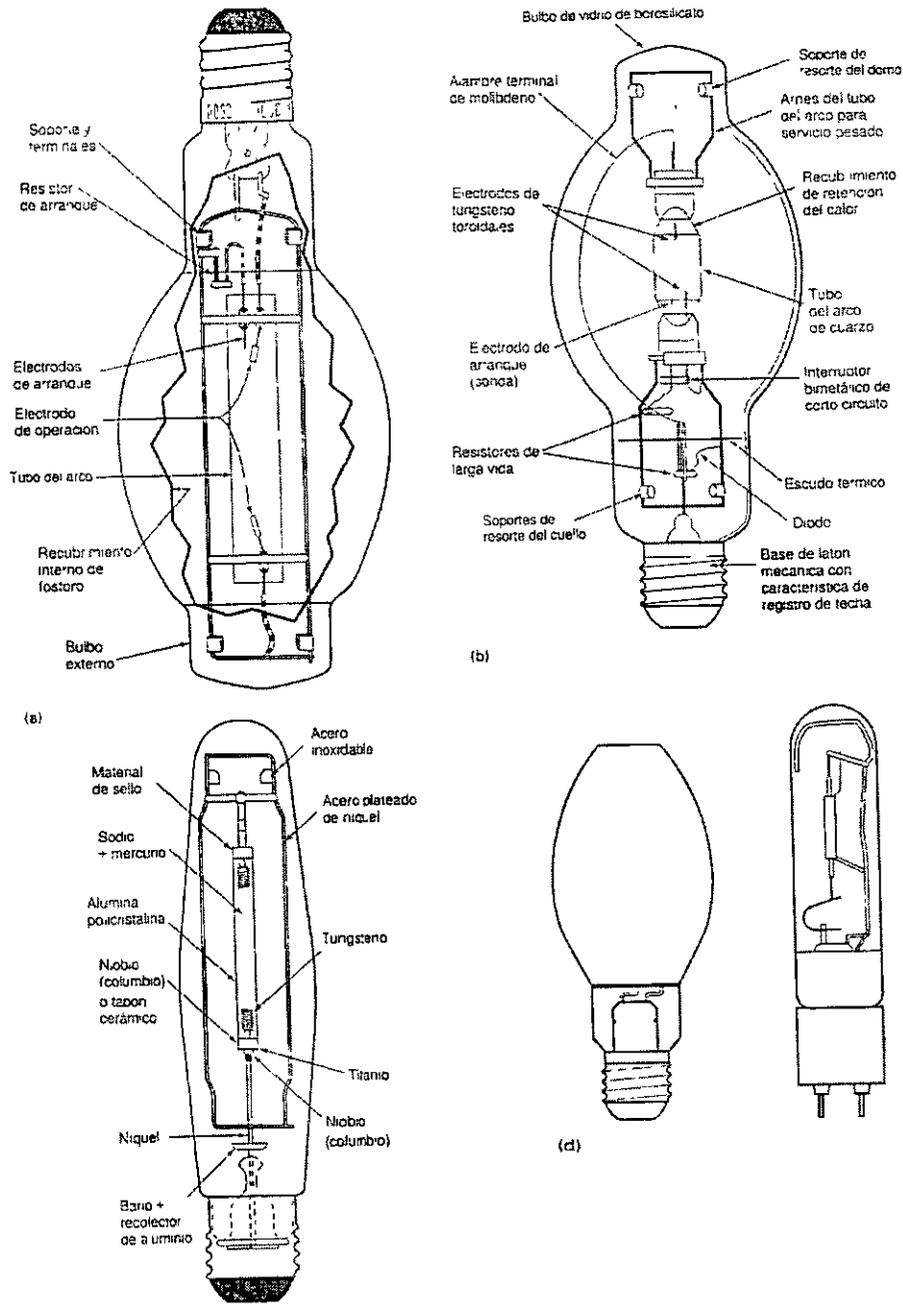
(a)



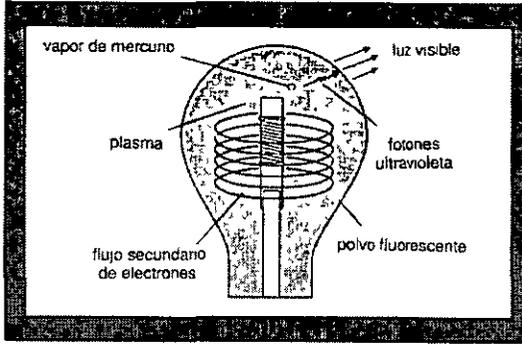
(b)

Lámparas fluorescentes. (a) Tipo PL. (b) Tipo SL

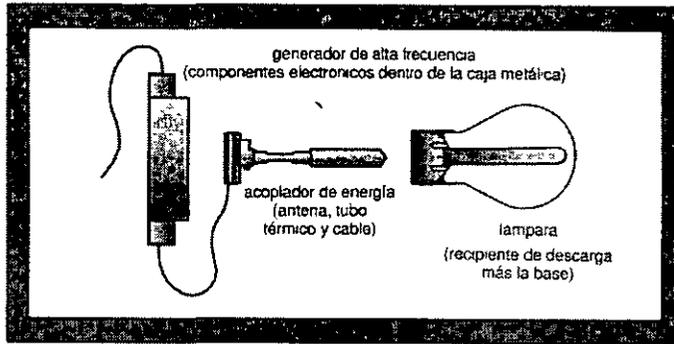
“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”



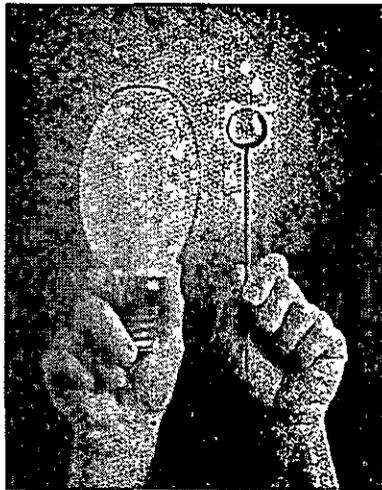
Construcción típica de lámparas HID. (a) Mercurio. (b) Haluro metálico (c) Sodio de alta presión. (d) HPS súper blanca.



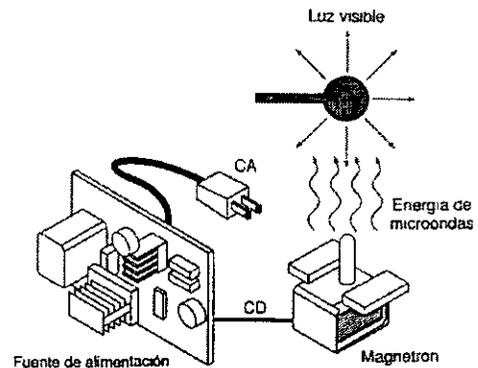
(a)



(b)



(c)



(d)

Otros tipos de lámparas

2.2 Diagnóstico de fallas en el funcionamiento de instalaciones eléctricas

La prueba eléctrica de circuitos es en general un trabajo sencillo. Los "secretos" relacionados con la localización de desperfectos quedan despojados de su misterio cuando se entiende unos cuantos principios básicos. Reducida a los hechos, la prueba de circuitos que utiliza el ingeniero de operación se concreta a dos verificaciones:

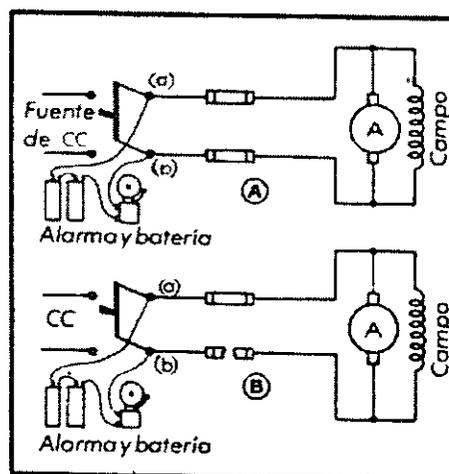
- 1 Medición del voltaje y
- 2 Recorrido por el circuito

La localización de fallas eléctricas es una aplicación simple de estas dos pruebas.

Medición de voltaje. La medición del voltaje no es más que la conexión de un voltímetro entre dos puntos y la toma de lectura. Esto puede todavía simplificarse tocando con las puntas de una lámpara probadora entre dos puntos. Si la lámpara enciende con brillo normal, se puede inferir que el voltaje entre los dos puntos es igual al voltaje nominal de la lámpara.

Para verificar circuitos de 220 volts, se puede conectar en serie dos lámparas de 110 volts, que sean de igual potencia. Si la lámpara da la luz normal, el voltaje "medido" a través de este instrumento de prueba es de 220 volts.

Circuito continuo. La prueba a través de un circuito muestra si existe un "camino" eléctrico completo de baja resistencia entre dos puntos. La conexión A de la siguiente figura ilustra un circuito completo entre los puntos a y b, puesto que existe una trayectoria continua a través de la armadura del motor y su campo. Por otra parte, en el circuito B de la misma figura se muestra una abertura cuando se prueba entre los puntos a y b, debido al fusible quemado. Esto se llama un circuito **abierto**. Esto es sólo un ejemplo de los muchos desperfectos que interrumpen un circuito.

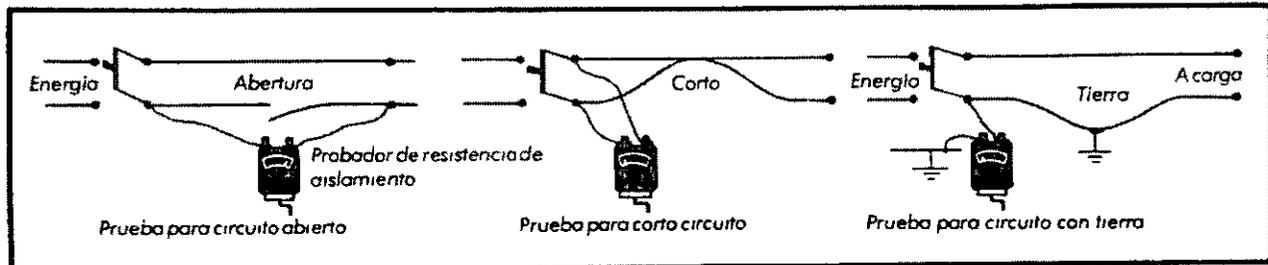


La alarma y la batería muestran un circuito completo en A y abierto en B.

Circuitos abiertos. Las aberturas son causadas normalmente porque se queman los fusibles, por interruptores abiertos, por conexiones terminales flojas o por dispositivos de control defectuosos. La causa es rara vez una rotura en un cable. Una de las maneras más simples de verificar la continuidad de un circuito es por medio de un probador de

resistencia de aislamiento. Este instrumento es práctico cuando no hay una fuente de electricidad disponible. También es útil con equipo de alto voltaje donde la detección de averías en circuitos "vivos" puede ser peligrosa.

En la siguiente figura se ilustra el uso de un probador de resistencia de aislamiento para verificar la continuidad de un circuito, para determinar si una línea tiene corto circuito y para verificar si hay falla a tierra en la línea.



El probador de resistencia de aislamiento lee infinito en una línea que tiene un circuito abierto. Lee cero si la línea tiene cor-

to circuito y cuando se conecta entre línea y tierra lee cero si la línea hace tierra.

También se puede usar un probador de lámpara para verificar tierras. Primero se abre el interruptor de la línea y se conecta a tierra una punta de la lámpara. Luego se verifica cada uno de los cables que llevan energía. Si uno hace tierra, la lámpara se encenderá cuando se toca el cable que no hace tierra con la otra punta del probador. La línea que no haga encender la lámpara es la línea que está haciendo tierra.

2.3 Métodos de ahorro de energía

Ahorro de energía en el diseño de sistemas de alumbrado. En la actualidad, todos sabemos la importancia que tiene para el desarrollo de la vida el cuidado y la conservación del medio ambiente o entorno. Una parte importante de esta conservación está constituida por el ahorro de energía, ya que con el uso racional de ella se protege al medio ambiente.

En iluminación, el ahorro de energía está determinado fundamentalmente por dos principios: el máximo aprovechamiento de la luz natural y la adecuada selección de fuentes y equipos luminosos al diseñar los sistemas de alumbrado. El primero, debe ser tomado en cuenta durante la etapa de diseño arquitectónico, el segundo, durante el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas.

Existen muchos factores que deben ser considerados al seleccionar las fuentes y los equipos luminosos en un sistema de alumbrado. Algunos de ellos son:

Potencia lumínica. La potencia lumínica, expresada en lúmenes, se define como sigue:

- Lúmenes iniciales: potencia lumínica nominal inicial.
- Lúmenes promedio: promedio de la potencia lumínica inicial y la potencia lumínica a final de la vida nominal de la lámpara.

 “MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

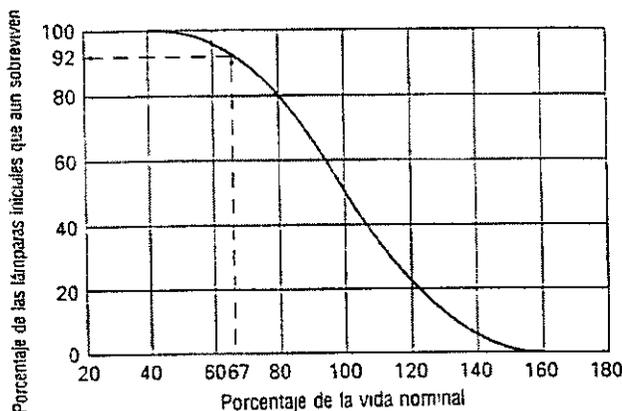
- Lúmenes medios. potencia lumínica al llegar al 40% de la vida nominal de la lámpara
- Lúmenes de haz. Lúmenes iniciales en el rayo central de un proyector.

Intensidad La luminosidad o intensidad luminosa de una fuente luminosa se expresa en candelas a varios ángulos de la lámpara o luminaria. Estos datos por lo general son proporcionados por los fabricantes en forma de curvas de distribución de bujías de potencia lumínica.

Eficacia luminosa. La eficacia luminosa, o dicho simplemente, la eficacia, se define como la potencia lumínica o flujo luminoso (lumen) por unidad de potencia eléctrica (watt) de entrada, y se expresa en lúmenes/watt (lm/w). Teóricamente, 1 watt de energía eléctrica puede ser convertido en 683 lúmenes de luz monocromática verde o en aproximadamente 200 lúmenes de luz blanca. Con esto como referencia, la eficacia de 10 a 25 lm/w de las lámparas incandescentes, deja mucho que desear.

Eficiencia de la luminaria La eficiencia de la luminaria es una medida de la potencia lumínica total de salida, en lúmenes, en comparación con la entrada total de potencia lumínica de todas las lámparas de la luminaria y se expresa como un porcentaje. La eficiencia de ésta, es una excelente medida para comparar luminarias con características similares de distribución en bujías, pero no necesariamente es una medida de lo bien que se esté utilizando la potencia lumínica. Por ejemplo, si se debe iluminar un cuadro en una pared, una luminaria con bulbo desnudo, 100% eficiente, suspendida frente al cuadro, no resultará tan buena como un proyector que sólo tiene una eficiencia del 60%.

Vida nominal de la lámpara. La vida nominal de una lámpara se define como el tiempo que transcurre hasta que sigue funcionando sólo el 50% del grupo de lámparas. En la figura de la página siguiente se muestra la curva de mortalidad de las lámparas incandescentes.



Rangos de curvas de mortalidad o de expectativa de vida típicas para lámparas incandescentes

Depreciación de los lúmenes. La potencia lumínica se va depreciando con el tiempo. La pérdida de luz, que se conoce como depreciación lumínica, puede ser tan alta como el 20 al 30% de la vida nominal de la lámpara. Esta característica deberá ser tomada en

"MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS"

consideración en el diseño de la iluminación. En la tabla se enlistan características de depreciación (en lúmenes) típicas para varias lámparas

Tipo de lámpara	Potencia lumínica aproximada (%)	
	@ 50% de la vida	@ 100% de la vida
Incandescente, tipo para servicio general	90	82
Tungsteno halogeno	97	92
Fluorescente, carga ligera (baja brillantez)	92	90
carga mediana (normal)	85	82
carga alta (salida alta)	75	65
Descarga de alta intensidad, Mercurio (H)	77	60
Haluros metálicos (MH)	70	65
Sodio de alta presión (HPS)	90	70

Características de depreciación de lámparas (como un porcentaje de su potencia lumínica inicial)

Por último, en la siguiente tabla, se puede ver algunas de las características generales de las fuentes luminosas más comunes

Características generales de fuentes luminosas de uso común (reproducido con permiso de IESNA)

Características generales de fuentes luminosas de uso común									
Fuente luminosa	Rango en watts	Eficiencia (lm/W)	Vida	Mantenimiento de lúmenes	Tiempo de arranque	Exactitud de color	Resistencia a vibración	Capacidad de atenuación	Costo unitario
Filamento incandescente	10 a 1,500	Muy bajo	De muy bajo a bajo	De regular a bueno	Muy bueno	Muy bueno	No	Muy bueno	Buena
Tungsteno halogeno	10 a 2,000	Muy bajo a bajo	Muy bajo a bajo	Buena o muy buena	Muy buena	Muy buena	No	Buena	Muy buena
De descarga de baja presión									
Fluorescente estándar	15 a 40	Bajo a buena	Regular a muy buena	Regular a bueno	Buena a muy buena	Bajo a muy buena	Si	Buena	Pobre
Fluorescente Slimline	20 a 75	Regular a buena	Regular a bueno	Regular a bueno	Muy buena	Regular a muy buena	Si	Bajo	Pobre
Fluorescente de alto rendimiento	35 a 110	Regular a bueno	Regular a bueno	Regular a bueno	Muy buena	Regular a muy buena	Si	Buena	Pobre
Fluorescente de muy alto rendimiento	38 a 215	Regular a bueno	Regular a bueno	Regular a bueno	Muy buena	Regular a muy buena	Si	Buena	Pobre
Fluorescente línea Econoline (1-12)	30 a 185	Regular a bueno	Regular a bueno	Regular a bueno	Muy buena	Bajo a muy buena	Si	Bajo	Pobre
Fluorescente de alta eficiencia	18 a 40	Buena	Buena	Buena	Muy Buena	Buena a muy buena	Si	Regular	Pobre
Fluorescente compacto	5 a 40	Buena	Regular a buena	Buena	Buena a muy buena	Buena a muy buena	Si	Muy bajo	Regular
Descarga de alta intensidad									
Mercurio	40 a 1,000	Bajo a regular	Buena a muy buena	Muy bajo a regular	Bajo	Muy bajo a regular	Si	Regular	Pobre
Mercurio con autobalastro	100 a 1,500	Muy bajo	Regular a muy buena	Bajo a regular	Regular	Bajo a regular	No	Muy bajo	Pobre
Haluro metálico	32 a 1,500	Buena	Bajo a regular	Muy bajo	buena	Bajo	Si	Bajo	Buena
Sodio de alta presión	35 a 1,000	Regular a bueno	Regular a muy buena	Regular a bueno	Regular	Bajo a bueno	Si	Bajo	Buena
Misceláneos									
Sodio de baja presión	10 a 180	Regular a muy buena	Regular a bueno	Buena a muy buena	Regular	Muy bajo	Si	Muy bajo	Pobre
Cátodo frío	10 a 150	Bajo	Muy buena	Regular a bueno	Muy buena	Bajo a muy buena	Si	Buena	Pobre

*Para datos específicos véanse los catálogos de los fabricantes

Características generales de fuentes luminosas de uso común

3.- Control del funcionamiento de los sistemas eléctricos

3.1 Comprobación en campo de las condiciones de la operación de los sistemas eléctricos

En el primer capítulo se definió al mantenimiento como *“la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas”*, es decir, aquellas para las que fue diseñado.

Pero, ¿cómo saber si las actividades de mantenimiento que son llevadas a cabo conducen a tener los equipos y las instalaciones operando de manera que puedan realizar las funciones para las que fueron diseñados?

Administración del mantenimiento

Si los planes y los programas de mantenimiento son adecuados y eficientes, los sistemas o los equipos operarán la mayor parte del tiempo en condiciones de funcionamiento normal. Para asegurar la calidad del mantenimiento, es necesario administrarlo adecuadamente. Sólo así se podrá comprobar cuáles son las condiciones de operación de los sistemas.

La administración del mantenimiento es la ***administración de todos los equipos y sistemas que posee una empresa o una institución***, basada en la maximización del rendimiento sobre inversión en equipos o instalaciones.

Esta definición incluye las siguientes funciones, de manera enunciativa y no limitativa

- Mantenimiento preventivo (MP)
- Inventario y adquisición
- Sistemas de órdenes de trabajo
- Capacitación técnica e interpersonal
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)
- Mejoramiento continuo

Mantenimiento preventivo (MP). El programa de mantenimiento preventivo (MP) es la clave para cualquier proceso exitoso de administración de activos, ya que reduce la cantidad de mantenimiento correctivo hasta un nivel suficientemente bajo.

Inventario y adquisición. Con el fin de tener suficientes refacciones, sin que sean demasiadas, los programas de inventario y adquisición deben centrarse en proveer las partes correctas en el tiempo justo para el mantenimiento y la reparación de los equipos.

Sistemas de órdenes de trabajo. La iniciativa de órdenes de trabajo en administración de activos incluye la documentación y el rastreo del trabajo de mantenimiento realizado. Se utiliza un sistema de órdenes de trabajo para iniciar, rastrear, y registrar todas las actividades de mantenimiento e ingeniería.

Capacitación técnica e interpersonal. La función de capacitación en mantenimiento asegura que los técnicos que trabajan con un equipo tengan las destrezas requeridas para entender su funcionamiento y proporcionarle el mantenimiento adecuado.

Mantenimiento predictivo (MPred) Una vez que han sido liberados los recursos de mantenimiento, éstos deben enfocarse en tecnologías predictivas que se apliquen a los equipos e instalaciones.

Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) Cuando ya se ha registrado la información, las técnicas de MCC se aplican a los esfuerzos preventivos y predictivos para optimizar los programas. Si un equipo en particular es, digamos, sensible al medio ambiente o está relacionado con la seguridad o es extremadamente importante para la operación, entonces se escoge y se utiliza las técnicas apropiadas de MP/MPred.

Si un equipo va a restringir o a impactar la capacidad operacional de la empresa o la institución, entonces se aplica otro nivel de actividades MP/Mpred, teniendo un costo tope en mente

Si por descuido se dejó que un equipo fallara y fuera costoso reemplazarlo o reconstruirlo, debe entonces especificarse otro nivel de actividades de MP/MPred. Siempre existe la posibilidad de que sea más económico dejar que algunos equipos funcionen hasta que fallen. Esta acción se considera en el MCC.

Las herramientas del MCC requieren que la información sea efectiva. Por esta razón el proceso de MCC se utiliza después de que la organización haya logrado un nivel de madurez que asegure una información exacta y completa de los activos

3.2 Comparación y documentación de los registros efectuados

Control del mantenimiento

Para efectuar la comparación y documentación de los registros efectuados en pruebas y monitoreo a los sistemas eléctricos intervenidos, de acuerdo con las especificaciones técnicas, las políticas y los procedimientos de la institución, es muy importante llevar registros documentales de todas las actividades de mantenimiento. Esto permitirá establecer control sobre ellas. Algunos de estos registros son:

Órdenes de trabajo. El primer paso en la planeación y el control del trabajo de mantenimiento se realiza mediante un sistema eficaz de órdenes de trabajo (OT)

El propósito del sistema de órdenes de trabajo es proporcionar medios para.

- 1 Solicitar por escrito el trabajo que va a realizar el departamento de mantenimiento.
2. Seleccionar por operación el trabajo solicitado.
3. Asignar el mejor método y los trabajadores más calificados para el trabajo.
4. Reducir el costo mediante una utilización eficaz de los recursos.
- 5 Mejorar la planeación y la programación del trabajo de mantenimiento.

 “MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

- 6 Organizar y controlar el trabajo de mantenimiento
- 7 Mejorar el mantenimiento mediante los datos recopilados de la OT, que serán utilizados para el control y para los programas de mejora continua.

ORDEN DE TRABAJO							
Orden de trabajo núm			Turno		Dpto solicitante... .. .		
Fecha .. .			A <input type="checkbox"/>		Costo núm.		
Ubicación .. .			B <input type="checkbox"/>		Departamento.. .		
Equipo núm.			C <input type="checkbox"/>		Unidad.. .. .		
Prioridad	Emergencia <input type="checkbox"/>		Urgente <input type="checkbox"/>		Normal <input type="checkbox"/>		Programada <input type="checkbox"/>
El trabajo debe completarse sin interrupción Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>							
Descripción general del trabajo							
Mano de obra				Materiales			
Habilidades (oficio o especialidad)	Tiempo		Descripción detallada del trabajo	Partes.		Precio	
	Est.	Real		Desc	Parte núm	Unidad	Total
Aprobación del trabajo .. .				Fecha de terminación .. .			

Figura 2.3 Orden de trabajo típica

 “MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

Otros medios para el registro de datos acerca del trabajo o de los costos de mantenimiento, son

- tarjeta de trabajo, y
- registro de la historia del equipo.

Con el fin de obtener los datos correctos para el trabajo, el costo y el control de la condición de las instalaciones, es esencial contar con medios exactos para la recopilación de datos y el mantenimiento de registros.

Es necesario informar tres aspectos importantes:

- 1 tiempo de reparación,
2. costos, y
3. tiempo muerto.

Tarjeta de trabajo (reporte). El formato para el reporte de trabajo (tarjeta de trabajo) es el documento donde se registra el trabajo realizado y la condición del equipo. Este formato puede ser manual o automatizado.

Reporte de trabajo	Fecha	Reporte núm.
Nombre del empleado:	Ocupación:	Hora de inicio:
Nombre de la instalación	Ubicación	Identificación
Defecto del equipo Acción correctiva Refacciones/materiales utilizados Medición/observaciones Condición general del equipo Observaciones: Tiempo consumido		

tarjeta de trabajo (reporte).

Registro de la historia del equipo. El archivo de historia del equipo es un documento en el que se registra información acerca de todo el trabajo realizado en un equipo o en una instalación determinados. Contiene información acerca de todas las reparaciones realizadas, el tiempo muerto, el costo de las reparaciones y las especificaciones del mantenimiento planeado. En este documento se registra:

- 1 Especificaciones y ubicación del equipo,
2. Inspecciones, reparaciones, servicio y ajustes realizados, las descomposturas y fallas con sus causas, y las acciones correctivas emprendidas.
3. Trabajo realizado en el equipo, componentes reparados o reemplazados, condición de desgaste o rotura, erosión, corrosión, etc.
4. Mediciones o lecturas tomadas, tolerancia, resultados de pruebas e inspecciones.
5. Hora de la falla y tiempo invertido en llevar a cabo las reparaciones.

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS”

Fecha	Mantenimiento efectuado	Tiempo muerto	Refacciones y materiales	Mano de obra	Horas de producción perdida	Costo de mano de obra	Costos de refacciones y materiales

Figura 2.7 Página de un archivo de historia del equipo.

4.- Bibliografía

- **Dounce** Villanueva Enrique, “La productividad en el mantenimiento industrial”, edit. CECSA, México, 2000.
- **Duffuaa**, S., Raouf, A. & Dixon, J., “Sistemas de mantenimiento. Planeación y control”, edit Limusa Wiley, México, 2005
- **Elonka**, Stephen Michael, “Operación de plantas industriales. Manual práctico para la operación, mantenimiento y reparación de equipos y sistemas”, edit. McGraw-Hill, México, 1983.
- **Marcus**, Abraham, “Electricidad para técnicos”, edit. Diana, México, 1983.
- **Tao**, William K. Y. & **Janis**, Richard R., “Manual de instalaciones eléctricas y mecánicas en edificios, Tomos I y II”, edit Prentice Hall Hispanoamericana, S A., México, 1998.

Lecturas recomendadas

- **Becerril** L., Diego Onésimo, “Datos prácticos de instalaciones eléctricas”, edit. Norte 66-A, col. S. Díaz Mirón, 07400, D F., México, 7ª edición.
- **CFE**, “Normas de montajes Conexiones y medidores”, edit. CFE, México.
- **Enríquez** Harper, Gilberto, “Manual de operación y mantenimiento de motores eléctricos”, edit. DGETI, México, 1993.
- **LATINCASA**, “Catálogo de productos”, edit. Conductores LATINCASA, S A de C. V., México, 1989.