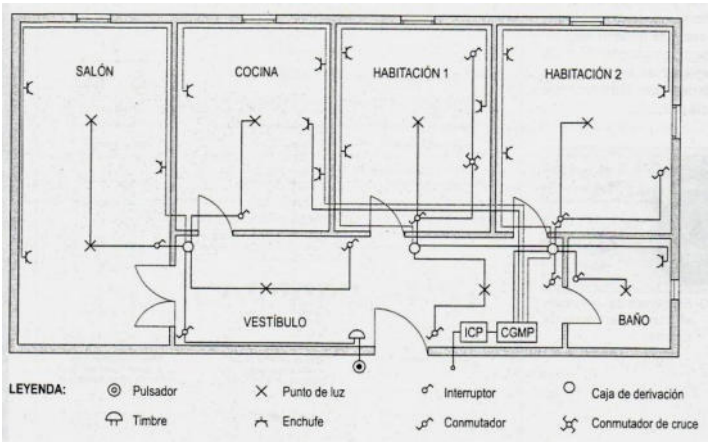
audio • video • computadoras • sistemas digitales • comunicaciones

ELECTRONICA y servicio

“Minicurso de ELECTRICIDAD DOMESTICA”



Una excelente oportunidad de trabajo, GANE MAS DINERO

Principios básicos
Explicaciones paso a paso
Dispositivos y símbología

Material de cortesía

www.electronicayservicio.com/

ALTERNATIVAS LABORALES

MINICURSO DE ELECTRICIDAD DOMÉSTICA

Primera parte. Los fundamentos

Artículo elaborado por el equipo de Redacción, con base en materiales de CEKIT

El trabajo eléctrico es una de las actividades más fáciles de realizar en el hogar o la oficina; es simple, limpio y seguro; no requiere instrumentos ni herramientas demasiado especiales; está suficientemente estandarizado y regulado; etc.

Sin embargo, antes de trabajar con electricidad y emprender la realización de instalaciones o reparaciones eléctricas, es importante comprender algunos aspectos básicos relacionados con la propia electricidad y la forma de trabajar con ella eficientemente y sin riesgos. Con tal propósito, en el presente artículo explicaremos, a grandes rasgos, qué es la electricidad, cómo se manifiesta, cómo se produce, cómo se aprovecha y cómo llega a nuestras casas.

El presente artículo ha sido extraído y adaptado de la obra "Curso Práctico de Electricidad", editado por Cekit, la prestigiosa empresa editorial colombiana, ya desparecida. Los derechos de esta obra fueron adquiridos por México Digital Comunicación, la empresa editora de Electrónica y Servicio.

LOS FUNDAMENTOS

Qué es la electricidad

La electricidad es una forma invisible de energía que se produce por la existencia de unas diminutas partículas, llamadas electrones libres, en los átomos de ciertos materiales o sustancias. Cuando estas partículas se desplazan a través de la materia, constituyen lo que se denomina una corriente eléctrica (figura 1).

En otras palabras, la electricidad no es un invento sino una fuerza natural, como el magnetismo y la gravedad. Los investigadores estudian las propiedades eléctricas de la materia, con el propósito de conocer su comportamiento y desarrollar dispositivos para generar, almacenar o controlar la electricidad o transformarla en otras formas de energía.

Figura 1

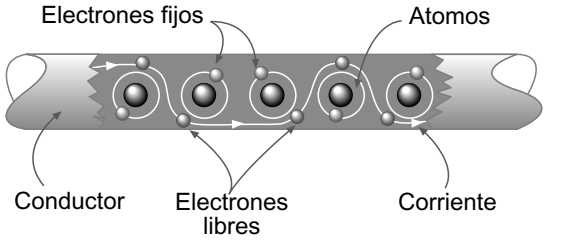
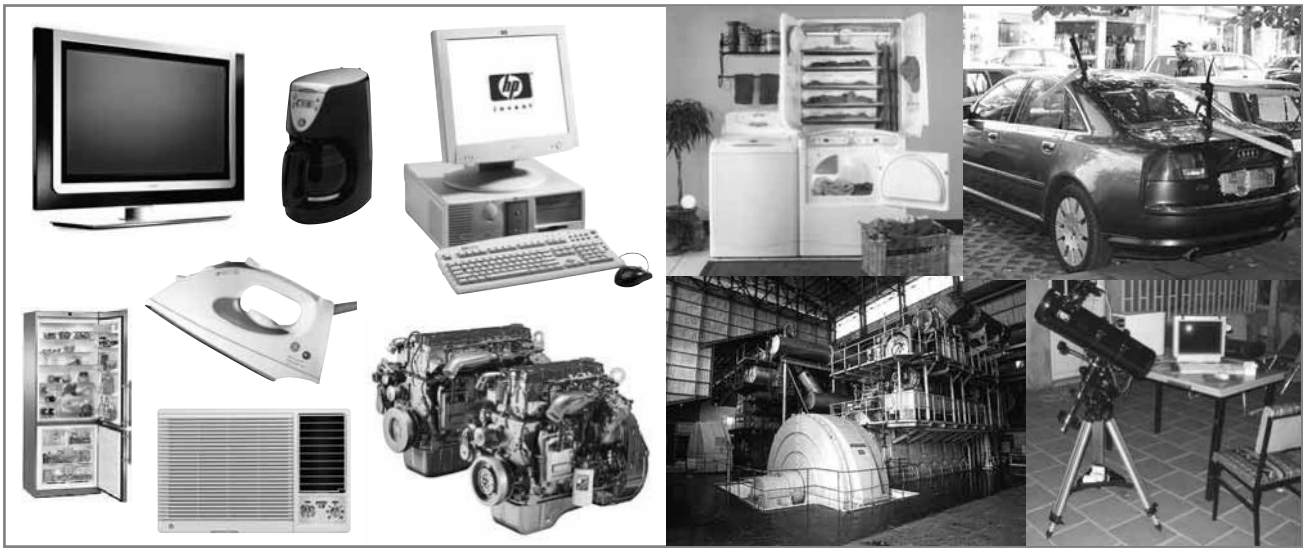


Figura 2



Actualmente, el número de artefactos que transforman la electricidad en otras formas de energía, y viceversa, es impresionantemente extenso: motores, alternadores, baterías, lámparas, electrodomésticos, automóviles, computadoras, robots, satélites, etc. (figura 2).

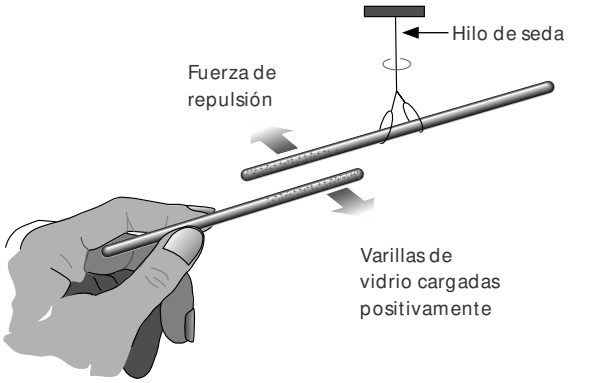
Cómo se manifiesta la electricidad

La electricidad puede manifestarse en forma estática o dinámica. Expliquemos esto por separado.

Electricidad estática

Aparece cuando se frotan entre sí dos sustancias diferentes; por ejemplo, una varilla de vidrio con una seda o una varilla de ebonita con una piel. En ambos casos, la frotación proporciona a cada cuerpo una cierta cantidad de energía llamada carga eléctrica (figura 3).

Figura 3



La carga eléctrica puede ser positiva (+) o negativa (-). En nuestro ejemplo, el vidrio adquiere una carga positiva y la ebonita una carga negativa. Los cuerpos con cargas del mismo signo se repelen entre sí; y los cuerpos con cargas de diferente signo, se atraen mutuamente. Este tipo de fenómenos estáticos son muy comunes en la vida diaria; pero no tienen mayor aplicación práctica.

Electricidad dinámica

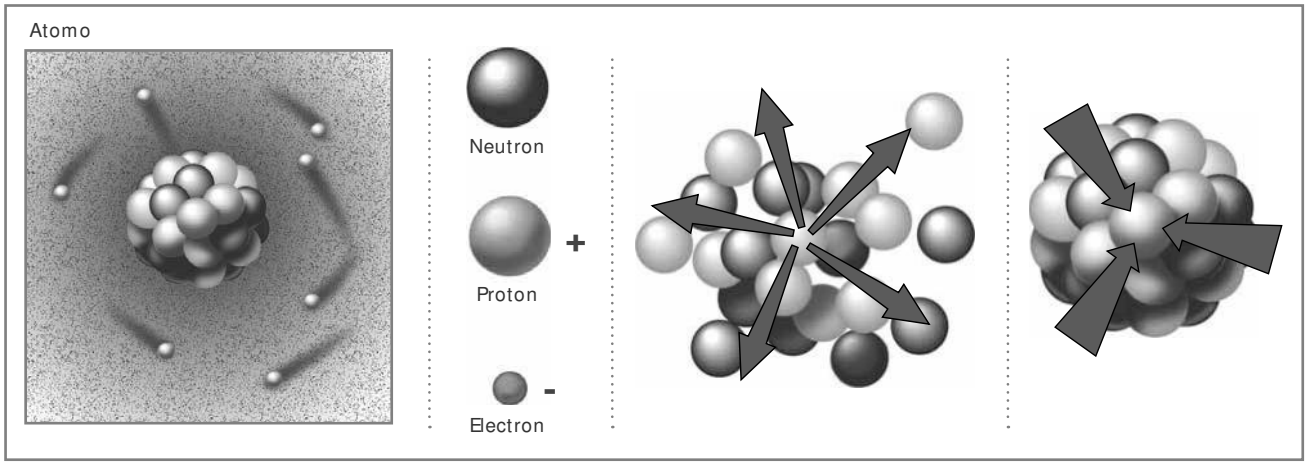
Se produce cuando, al aplicar una fuerza externa llamada voltaje, se estimula en un material una corriente apreciable de electrones.

Cuando esta corriente circula a través de la materia, produce una gran variedad de efectos útiles, incluyendo luz, calor, movimiento, sonido, etc. Puesto que este es el tipo de electricidad del que vamos a hablar en el presente artículo, es importante comprender su naturaleza.

El átomo

Pues bien, cabe señalar que todas las sustancias están formadas de átomos, los cuales, a su vez, se componen de varias partículas elementales; desde el punto de vista eléctrico, las más importantes son los electrones, los protones y los neutrones.

Figura 4



Los electrones son de carga negativa (-), los protones de carga positiva (+) y los neutrones carecen de carga. Los protones y neutrones constituyen el núcleo; y alrededor de él giran los electrones, en órbitas o niveles de energía (figura 4). Como los protones atraen a los electrones, éstos no pueden escapar del átomo. A su vez, los protones se rechazan entre sí; pero estas fuerzas de repulsión son compensadas por los neutrones. Por esta razón, la materia no se desintegra.

Los materiales conductores

En algunos materiales, los electrones de las órbitas exteriores son tan débilmente atraídos por los protones del núcleo, que, bajo la influencia de una fuerza externa, les es muy fácil escapar del átomo para convertirse en electrones libres; y entonces, estamos hablando de materiales conductores.

Los materiales aislantes

En otros materiales, los electrones son tan fuertemente atraídos por los protones, que les resulta prácticamente imposible escapar y conducir corrientes eléctricas; entonces, estamos hablando de materiales aislantes (figura 5).

Entre los elementos conductores, se cuentan el agua, el oro, la plata, el aluminio y el cobre; y entre los aislantes, el caucho, la madera, el papel, el vidrio, la mica, la porcelana y los plásticos. El conocimiento de las propiedades de los conductores y los aislantes, es clave para utilizar la electricidad en forma racional, eficiente y segura.

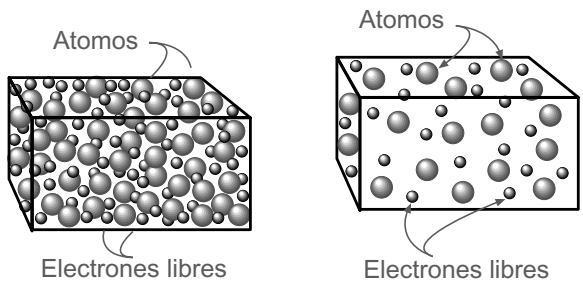
Los materiales semiconductores

Existe también una categoría intermedia de materiales, llamados semiconductores; pueden comportarse indistintamente como conductores o como aislantes, dependiendo del voltaje aplicado. Entre este tipo de materiales se cuentan el silicio y el germanio, con los cuales se fabrican los diodos, los transistores, etc.

Los materiales semiconductores se utilizan principalmente en electrónica, que es una de las ciencias derivadas de la electricidad y una de las que mayores progresos técnicos ha tenido en los últimos tiempos.

Algunos materiales son mejores conductores de la electricidad que otros; o la conducen, siempre y cuando existan determinadas circunstancias; por ejemplo, el aire es normalmente un buen aislante; pero se vuelve conductor durante las tormentas, permitiendo el paso de rayos y la producción de relámpagos. Por su parte, el oro es mejor conductor que el cobre y el aluminio; pero por razones de economía, estos últimos son más utilizados en electricidad.

Figura 5



Cómo se produce la electricidad

Actualmente existen muchos métodos para generar voltajes e impulsar corrientes eléctricas: baterías, alternadores, generadores, dínamos, reactores, etc. Cada uno de estos equipos convierte en electricidad algún otro tipo de energía.

Las baterías, por ejemplo, convierten la energía química en energía eléctrica (figura 6). En su forma más elemental (la pila), una batería consta de dos electrodos (+ y -) sumergidos en una pasta o solución química llamada electrolito. Y las reacciones químicas entre el electrolito y los electrodos, ocasionan la aparición de cargas eléctricas opuestas en estos últimos; entonces se genera entre ellos un voltaje. Este tipo de electricidad se denomina corriente continua.

Los alternadores, por su parte, convierten la energía mecánica en energía eléctrica. Constan de un elemento giratorio (rotor) accionado por una turbina; y cuando este elemento gira dentro de un campo magnético, induce en sus terminales de salida un determinado voltaje. Este tipo de electricidad se denomina corriente alterna.

Los alternadores y generadores de corriente alterna producen casi un 95% de la energía eléctrica que se consume en todo el mundo. En la mayoría de los casos, esta energía es de origen térmico; es decir, se inicia quemando combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural. El calor generado se emplea para calentar agua y transformarla en vapor; y este vapor, a su vez, es utilizado para mover enormes turbinas que hacen funcionar grandes alternadores. Así funcionan las llamadas centrales termoeléctricas.

Figura 6

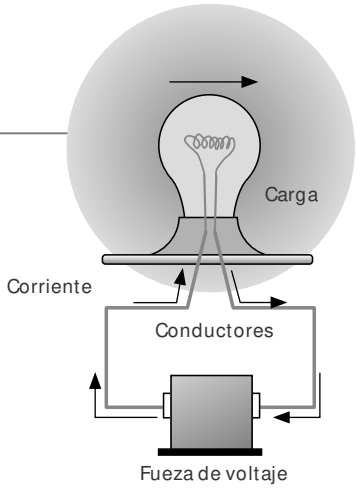
Otras fuentes alternativas de energía son los saltos de agua, la luz solar, la energía del viento, el movimiento de las olas, el calor natural de la tierra, la fisión atómica, etc. La disponibilidad de fuentes generadoras de electricidad es un elemento clave para el progreso industrial, el bienestar del hombre y la conservación del medio ambiente.

Qué es un circuito eléctrico

Para que una corriente eléctrica pueda realizar un trabajo útil (por ejemplo, encender una lámpara o accionar un motor), necesita un camino cerrado en el cual circule de manera permanente. Esta trayectoria continua se denomina circuito eléctrico (figura 7). El estudio de los circuitos es clave para comprender cómo funcionan las instalaciones, los aparatos y demás sistemas eléctricos.

Un circuito eléctrico básico se compone de una fuente de voltaje, unos conductores y una carga. La fuente produce la fuerza necesaria para impulsar una corriente eléctrica a través del circuito; los conductores proporcionan un camino fácil para la circulación de los electrones; y la carga, convierte la energía de estos últimos en luz, calor, movimiento, etc. Los circuitos prácticos requieren, además de dichos elementos, componentes tales como interruptores, fusibles, medidores, etc.

Figura 7



Dependiendo del tipo de fuente de voltaje utilizada, los circuitos pueden ser de corriente continua o de corriente alterna (figura 8). Una pila o una batería, por ejemplo, hace que los electrones se muevan siempre en una misma dirección: del electrodo negativo al electrodo positivo. Este tipo de corriente se denomina corriente continua o DC (*Direct Current*).

Por otra parte, cuando el voltaje de un alternador se aplica a un circuito eléctrico, hace que los electrones se muevan periódicamente en una dirección y luego en la dirección opuesta. Este tipo de corriente se denomina corriente alterna o AC (*Alternating Current*); es la que proporciona cualquier tomacorriente doméstico.

La cantidad de veces que se invierte el sentido de circulación de la corriente en un segundo, determina la frecuencia de esa corriente. En la mayoría de los países, la frecuencia de la red de corriente alterna es de 50 o 60 hercios (Hz) o ciclos por segundo; el hercio es la unidad de medida de la frecuencia. Y los niveles de voltaje utilizados varían mucho de un país a otro; la unidad de medida del voltaje es el voltio (V).

La finalidad de un circuito es, en general, hacer uso de la energía de los electrones en movimiento, para medirla o convertirla en otras formas de energía (luz, calor, movimiento, etc.). Así que para que cualquier artefacto eléctrico funcione, necesariamente debe estar incorporado en un circuito eléctrico. Incluso, dentro de cada electrodoméstico existen circuitos especiales que realizan funciones bien definidas; por ejemplo, proporcionan diversos niveles de luz o calor.

La aparentemente compleja jungla de cables y alambres que corren a través de las paredes y techos de una casa, es, en realidad, un sistema bien organizado de circuitos; y cada uno de ellos, tiene una función muy específica. Cada uno de estos circuitos forma un camino cerrado para la circulación de la corriente, el cual comienza en el panel o tablero de entrada del servicio eléctrico (caja de fusibles), atraviesa las cargas conectadas a los distintos tomacorrientes y retorna al panel de entrada.

Qué es una instalación eléctrica

Una instalación eléctrica en general, puede definirse como un conjunto de aparatos y circuitos interrelacionados que sirven para producir, convertir, transformar, transmitir, distribuir o utilizar la energía eléctrica. Dependiendo de su uso, las instalaciones eléctricas se clasifican en tres grupos: residenciales o domiciliarias, industriales y singulares.

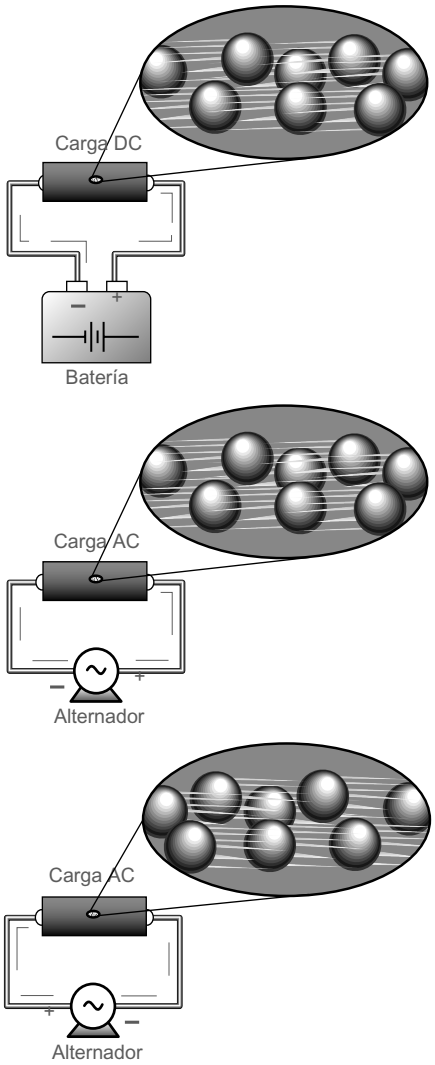
Instalaciones residenciales

Se realizan en el interior de edificios destinados a la vivienda (casas, departamentos, etc.).

Instalaciones industriales

Se realizan en el interior de edificios destinados a la fabricación de determinados productos (textileras, ensambladoras, etc.).

Figura 8



Instalaciones singulares

Se realizan en el interior de edificios que tienen funciones especiales (teatros, hospitales, escuelas, etc.).

En este artículo nos referiremos principalmente a las instalaciones residenciales, que son las más utilizadas.

La instalación eléctrica de una vivienda representa el eje central del cual dependen todos los demás elementos o cargas que se conectan a la misma, y que proporcionan a sus habitantes un alto grado de confort y conveniencia. Para ello, la instalación debe hacerse de modo que su uso no represente peligro alguno para las personas o los propios inmuebles.

Cómo llega la electricidad a nuestras casas

La electricidad que llega a nuestros hogares, es el resultado de un complejo proceso de transformaciones de energía que comienza en una central de generación (en la cual, otras formas de energía son convertidas en energía eléctrica) y termina en la acometida (que es el punto donde nuestra casa se empalma o conecta con la red de distribución pública, operada por la compañía local de electricidad). Precisamente esta red, es el último eslabón del llamado sistema eléctrico nacional de un país.

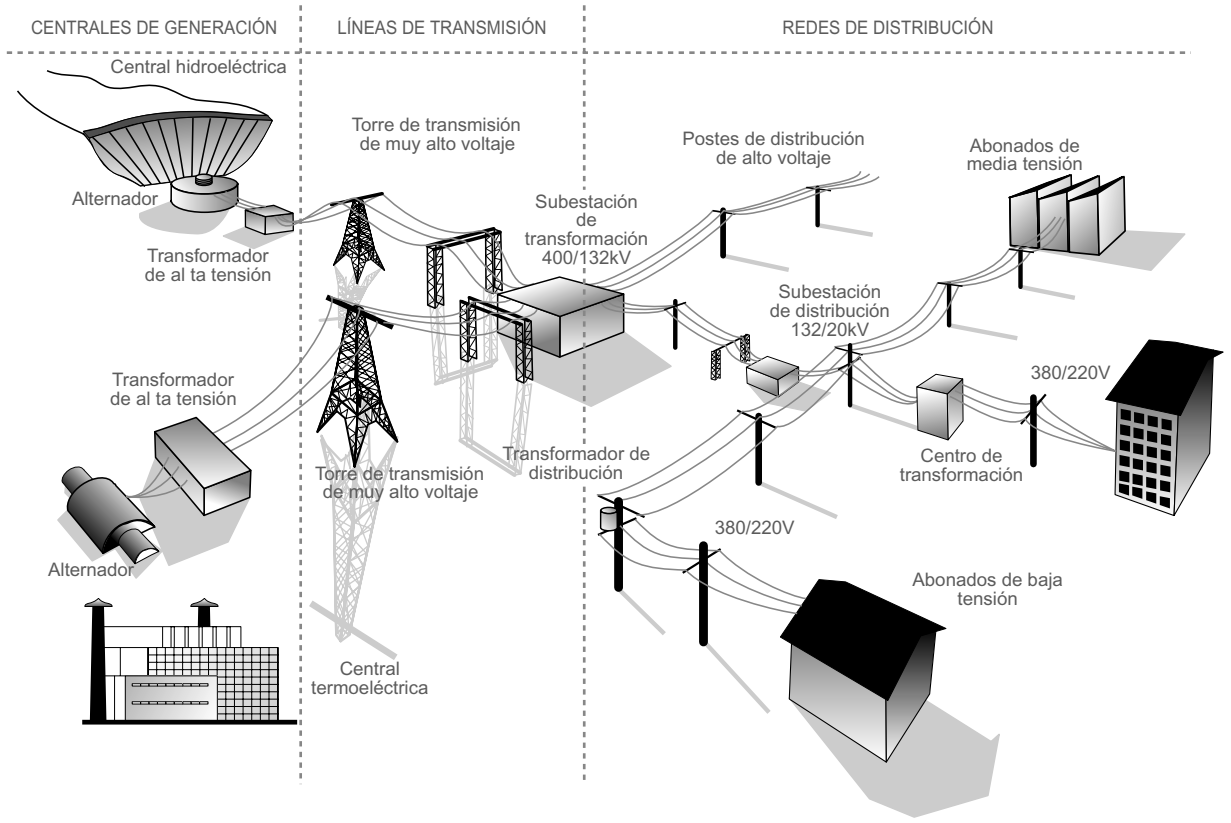
Un sistema eléctrico nacional se compone de tres partes o subsistemas fundamentales, cada uno de los cuales cumple funciones específicas; se trata de las centrales de generación, las líneas de transmisión y las redes de distribución (figura 9). Enseguida las explicaremos por separado.

Centrales o plantas generadoras

Estas centrales son subsistemas de producción. Y tal como su nombre lo indica, son las encargadas de convertir en electricidad otras formas de energía y producir la energía eléctrica que el país necesita.

Las centrales modernas son principalmente de tres tipos: hidroeléctricas, termoeléctricas y nucleares. Más de un 70% de la potencia eléctrica que se consume en el mundo, es generada en centrales térmicas; y el resto, en plantas hidroeléctricas, nucleares y de otros tipos.

Figura 9



En una central hidroeléctrica, por ejemplo, se aprovecha la energía de los saltos de agua naturales (catarata y cascadas) o los creados por el hombre al estancar ríos y lagos (represas). La fuerza del agua impulsa los alabes o paletas de una turbina hidráulica, la cual, a su vez, hace girar el rotor de un alternador. Como resultado, este último produce un voltaje relativamente alto, del orden de 10 a 35 kilovoltios o miles de voltios.

Posteriormente, mediante transformadores, el voltaje de salida del alternador de la central es incrementado, con el fin de reducir las pérdidas de energía y mejorar el rendimiento del sistema eléctrico en general. Los voltajes transformados de esta manera, se conducen a través de cables aéreos especiales (líneas de transmisión) desde las distintas centrales hasta una subestación de transformación, donde se reducen a un valor de entre 34.5 y 13.8 kilovoltios.

Líneas de transmisión

Las anteriores líneas de transmisión de alto voltaje (subsistema de transporte) se soportan en torres elevadas por seguridad; constituyen el eslabón entre las centrales generadoras y las subestaciones de transformación. Desde estas últimas, la energía eléctrica se conduce, a través de líneas de transmisión de mediano voltaje, a las subestaciones de distribución.

Redes o subestaciones de distribución

Se encargan de repartir y hacer llegar la electricidad a todos los usuarios o abonados del sistema eléctrico.

Inicialmente, una subestación de distribución primaria convierte el voltaje de entrada (digamos 132 kilovoltios) en un voltaje más bajo (digamos 20 kilovoltios) destinado a abonados industriales o de media tensión.

Esta red también alimenta a los subsistemas de distribución secundarios, formados por los transformadores y centros de distribución, encargados de repartir y hacer llegar la energía eléctrica a todos los usuarios finales, incluyendo su casa.

Esta ultima parte del sistema, denominada red pública de distribución, normalmente maneja voltajes de entre 110 y 480 voltios. La frecuencia (50 o 60 hercios) viene definida desde la central de generación.

Las redes de distribución pueden ser monofásicas o trifásicas; y se acoplan a la caja general de protección de un edificio, a través de una acometida aérea o subterránea.

CÓMO TRABAJAR CON LA ELECTRICIDAD

La energía eléctrica es extremadamente útil y fácil de usar; pero también es potencialmente peligrosa y letal. Por esta razón, debe ser utilizada racionalmente y tratada con precaución y respeto; de lo contrario, el usuario se expone –y expone a quienes lo rodean– a sufrir graves accidentes de origen eléctrico, incluyendo lesiones personales e incendios.

En este subtema daremos algunas recomendaciones importantes para realizar trabajos con electricidad en forma segura y eficiente.

Accidentes de origen eléctrico

Todos hemos escuchado historias de incendios, explosiones, accidentes personales y otros tipos de accidentes de origen eléctrico: granjas incineradas por tormentas eléctricas, casas destruidas debido a fallas en las instalaciones eléctricas, laboratorios dañados por un cortocircuito, personas electrocutadas en su casa al tocar partes metálicas energizadas, etc. La mayoría de estos accidentes ocurren por imprudencia de los propios usuarios o porque los medios de seguridad previstos por los diseñadores de las instalaciones y artefactos eléctricos no son suficientes para garantizar la seguridad personal (no fueron correctamente aplicados; o con el tiempo, se deterioraron).

Aunque no es posible controlar las tormentas eléctricas, ni somos ingenieros eléctricos para diseñar un sistema de protección de instalaciones altamente eficiente y perdurable, sí podemos y debemos ser cuidadosos con la electricidad en nuestro hogar; sobre todo para prevenir incendios, choques eléctricos, cortocircuitos y sobrecargas. A continuación examinaremos algunos casos particulares.

Incendios

Las causas de un incendio de origen eléctrico son muy variadas; la más común, es la sobrecarga. Un circuito está sobrecargado, cuando fluye demasiada corrien-

te a través de él; en estas circunstancias, los conductores se calientan hasta el punto de derretir y quemar el aislante que los protege; como resultado, los alambres quedan al descubierto, y al entrar en contacto, originan un cortocircuito.

Un circuito puede sobrecargarse, por ejemplo, al conectar demasiados aparatos a un tomacorriente que no está diseñado para transportar toda la cantidad de corriente que esos aparatos demandan (figura 10). Con el fin de evitar sobrecargas por este motivo, cada tomacorriente doméstico se diseña únicamente con dos salidas; no obstante, muchas personas pasan por alto esta medida de seguridad; mediante el uso de extensiones o enchufes múltiples, se atreven a conectar más de un aparato en una salida de tomacorriente.

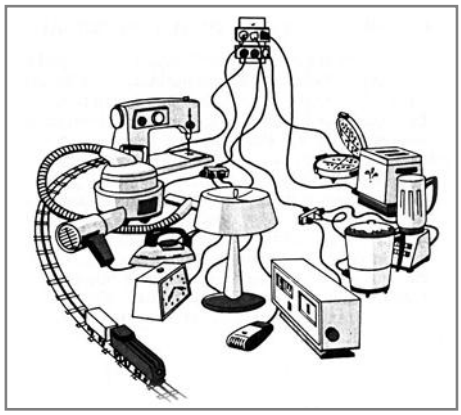
El mal uso de las extensiones y los enchufes múltiples es una de las principales fuentes de incendios, sacudidas y otros accidentes eléctricos.

Otra forma común de originar sobrecargas, es conectar calentadores, estufas y otros artefactos térmicos a circuitos no diseñados para transportar la corriente que estos aparatos demandan. Esta corriente es, en general, muy superior a la que exigen otros electrodomésticos. Por esta razón, la mayoría de las instalaciones eléctricas proveen circuitos separados para los electrodomésticos grandes o de gran consumo.

Choques eléctricos

Un choque o sacudida eléctrica es la sensación física producida por la reacción de los nervios cuando circula una corriente a través del cuerpo. En casos menores, sólo se produce un ligero estiramiento de los músculos; pero en los casos más graves, la respiración se corta y los músculos del corazón se paralizan, llegándose incluso a la muerte (electrocución).

Figura 10



La cantidad de corriente que puede producir graves daños varía de una persona a otra y del tiempo que dure la descarga a través del cuerpo. El amperio, que se abrevia con la letra A, es la unidad de medida de la corriente eléctrica; pues bien, una corriente menor de 3mA o milésimas de amperio, es prácticamente inofensiva y no representa mayor riesgo. Pero las corrientes de entre 5 y 10mA provocan contracciones involuntarias de los músculos, y pequeñas alteraciones del sistema nervioso.

Las corrientes de entre 10 y 15mA, por su parte, pueden producir tetanización muscular (parálisis) y contracciones violentas de las extremidades. En estado de tetanización, las personas pueden llegar a quedarse pegadas al conductor eléctrico generador de la descarga; no pueden desprenderse por sus propios medios.

Las corrientes de entre 15 y 30mA alteran el ritmo cardiaco y provocan contracciones violentas de la caja torácica. Por último, las corrientes superiores a 30mA pueden causar fibrilación ventricular cardiaca y la muerte por asfixia.

Quemaduras

Además de choques eléctricos, el paso de una corriente excesiva a través del cuerpo puede causar quemaduras graves. Estas últimas se deben al calor que los electrones generan cuando circulan por los tejidos; generalmente suceden en el ámbito interno, a lo largo de la trayectoria seguida por la corriente; son muy dolorosas, y difíciles de tratar y sanar.

También se pueden originar lesiones externas por quemaduras, como resultado de la exposición de la piel al arco eléctrico que se produce durante un cortocircuito.

Conexiones a tierra

En las instalaciones residenciales, todos los circuitos comparten una línea de retorno común llamada neutro, conectada físicamente a la tierra.

Cuando usted toca una tubería de agua o cualquier objeto metálico que está en contacto con la tierra, se

convierte en parte de un circuito eléctrico y satisface uno de los dos requisitos necesarios para recibir un choque eléctrico; el otro requisito es cerrar el circuito, y lo satisface cuando toca un alambre o dispositivo "vivo"; es decir, con un voltaje aplicado. De este modo, usted obliga a la fuente a impulsar una corriente eléctrica a través de su cuerpo (figura 11).

Con el fin de reducir el riesgo anterior, los gabinetes y estructuras metálicas (chasis) de instalaciones, aparatos, herramientas y máquinas eléctricas, siempre deben aterrizarse; es decir, conectarse a tierra mediante conductores de conexión separados. De esta manera, se evita el desarrollo de voltajes peligrosos entre estas partes metálicas y la tierra.

En algunos casos, el aterrizaje se realiza conectando directamente los gabinetes a tuberías de agua o barras metálicas enterradas (figura 12). Tratándose de aparatos y máquinas eléctricas, la protección a tierra generalmente se hace mediante enchufes polarizados de tres terminales, conectadas a tomacorrientes con conexión a tierra (figura 13).

Reglas generales de seguridad

La realización de trabajos eléctricos, incluso los más sencillos, puede ser un trabajo peligroso si no se adoptan las medidas de precaución adecuadas o si se omiten reglas de seguridad elementales con el fin de ganar tiempo.

Figura 11

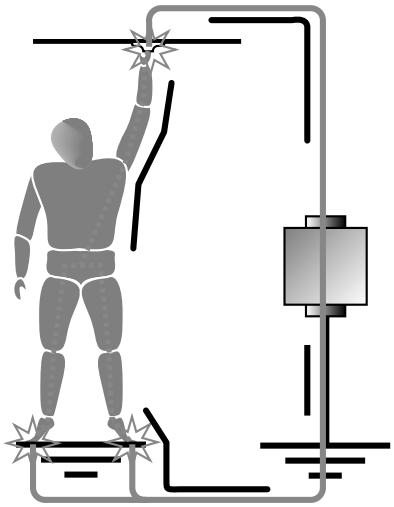
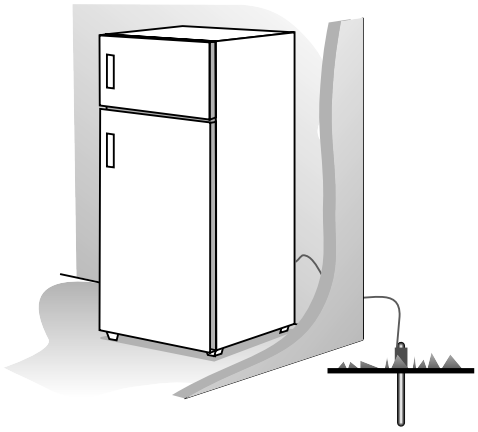


Figura 12



A continuación se presentan algunas normas de seguridad básicas que deben tomarse en cuenta al trabajar con instalaciones y aparatos eléctricos.

1. Nunca trabaje sobre circuitos o dispositivos energizados, ni asuma –sin comprobarlo– que están abiertos o desconectados; compruebe esto con un instrumento en buen estado.
   El conocimiento de esta regla fundamental de seguridad puede salvar su vida y la de otras personas (figura 14).
2. Siempre utilice dispositivos y equipos eléctricos que tengan los sellos de aprobación de organismos autorizados tales como UL, CSA o EIA. Estos sellos garantizan que el producto ha sido fabricado siguiendo estrictas normas de seguridad (figura 15).
3. Asegúrese de comprender claramente cómo está alambrada su casa, antes de realizar modificaciones o trabajos en el sistema eléctrico de la misma.
4. No manipule indebidamente dispositivos de protección como fusibles, *breakers*, interruptores de fallas a tierra (GFCIs), etc.; y no los anule, sin comprobar que todo funciona correctamente.

Figura 13

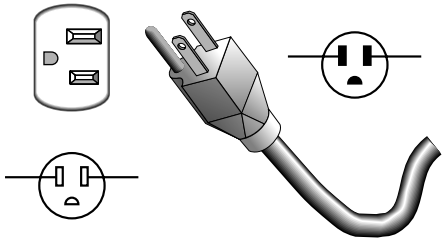


Figura 14

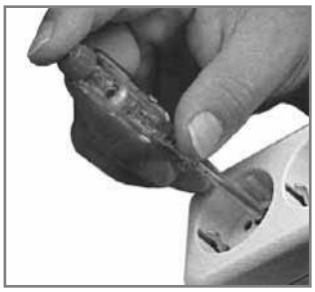


Figura 15

Figura 16

5. No utilice adaptadores que causen cortocircuito o anulen las tomas de tierra; tampoco intercambie los conductores de fase y protección de los aparatos e instalaciones; podría ser fatal (figura 16).
6. Nunca utilice las tuberías de gas como tomas de tierra; pueden originar explosiones e incendios. Si utiliza una tubería de agua como toma de tierra, asegúrese de que sea completamente metálica y que no tenga tramos plásticos que anulen su efecto.
7. Sea cuidadoso al utilizar extensiones o cables de extensión; su mal uso, puede causar sacudidas, quemaduras e incendios. En particular, no pase extensiones a través de agujeros practicados en paredes, pisos, puertas o ventanas, ni debajo de alfombras; el tránsito continuo de la gente puede desgastar su aislamiento y originar un incendio.
8. Sólo un electricista calificado, autorizado por la compañía local de electricidad, puede realizar trabajos eléctricos en la acometida de un edificio, el medidor, el sistema de distribución y la caja de fusibles.
9. Todas las instalaciones eléctricas nuevas, adaptadas o ampliadas, deben cumplir las normas de seguridad vigentes; por lo tanto, es su obligación informarse al respecto. En los accidentes eléctricos, se considera responsable a la última persona que ha trabajado en una instalación o ha reparado un equipo. Si tiene dudas, busque la asesoría de un electricista.
10. Siempre utilice la información de seguridad proporcionada por los fabricantes de equipos y artefactos eléctricos, para prevenir accidentes eléctricos.
11. Cuando reemplace partes eléctricas o rearme un artefacto, reinstale los cables de conexión de acuerdo con el diagrama de alambrado. Asegúrese de que los mismos queden haciendo un contacto firme y no crucen sobre bordes afilados, ni pasen entre paneles o por partes móviles que puedan causar un cortocircuito u otro problema eléctrico. Reemplace los cables y alambres desgastados, pellizcados o maltratados, antes de hacer cualquier reparación.
12. Siempre utilice un circuito eléctrico separado, convenientemente aterrizado, para alimentar electrodomésticos grandes. Nunca conecte estos aparatos a tomacorrientes asociados con circuitos de propósito general o a tomacorrientes instalados para artefactos pequeños. Tampoco conecte los electrodomésticos grandes mediante extensiones.
13. No sustituya arbitrariamente interruptores, sensores y otros componentes eléctricos de aparatos e instalaciones por puentes de alambre o cable, ni los altere internamente. Si tiene dudas, consulte a un electricista calificado.
14. Utilice siempre partes de repuesto con las mismas especificaciones, tamaño y capacidad de las piezas originales. ¡No improvise por favor!
15. En caso de presentarse un incendio de origen eléctrico, utilice solamente extintores de anhídrido carbónico o de *hallon*, debidamente aprobados. Como el agua es conductora de la electricidad, puede aumentar los riesgos y los daños; evite su uso en estos casos.
16. Mantenga la calma en caso de recibir un choque leve, y sepárese lo más rápido posible del punto de contacto. Las reacciones instintivas de sobresalto y pánico originadas al recibir una descarga eléctrica, pueden ocasionar que usted caiga o se golpee (puede sufrir graves lesiones).

TEORÍA BÁSICA DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Las instalaciones eléctricas residenciales, comerciales, industriales, etc., están formadas por circuitos, cada uno de los cuales tiene funciones muy específicas. Por esta razón, con el fin de comprender claramente cómo funcionan y se diseñan las instalaciones eléctricas, es conveniente estar familiarizados con la teoría básica de circuitos y conocer los parámetros y reglas que los caracterizan.

En este subtema describiremos la estructura de un circuito eléctrico y definiremos formalmente los conceptos de corriente, voltaje, resistencia, potencia y energía, así como las unidades utilizadas para medir físicamente estas magnitudes. También veremos su interrelación matemática, y aprenderemos a utilizar estas sencillas ecuaciones en forma práctica.

Elementos de un circuito eléctrico

Un circuito eléctrico es, tal como se dijo anteriormente, una combinación de elementos conectados de modo que proporcionen una trayectoria cerrada continua para la circulación de una corriente eléctrica y permitan su conversión en otras formas de energía (térmica, luminosa, magnética, mecánica, etc.).

En su forma más simple, un circuito eléctrico se compone de una carga conectada a una fuente de voltaje a través de unos conductores. En la práctica, además de estos elementos básicos, un circuito requiere también dispositivos de control y dispositivos de protección.

En la figura 17 se muestra un ejemplo de circuito eléctrico básico, donde la carga es una lámpara conectada a una fuente de voltaje a través de conductores. El interruptor funciona como dispositivo de control. Tal como vemos en la A, el interruptor cierra el circuito y entonces permite que la corriente circule por la lámpara; y tal como se muestra en B, el interruptor abre el circuito y entonces impide dicha circulación.

Fuentes de voltaje

La fuente de voltaje produce la fuerza electromotriz (voltaje) necesaria para impulsar a los electrones y hacer que atraviesen un circuito (tal como una bomba hidráulica impulsa al agua a través de una tubería). Pero si no se aplica voltaje, la corriente no podrá fluir a través de una carga ni realizar un trabajo útil.

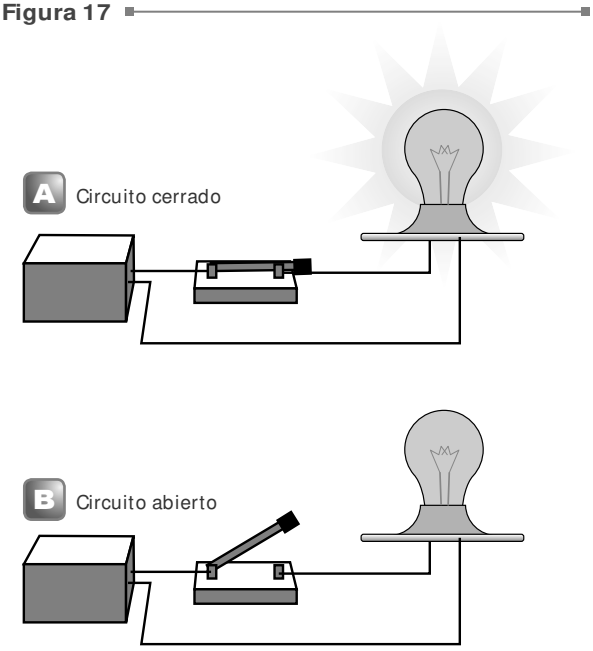
Básicamente, existen dos tipos de fuentes de voltaje: las fuentes DC o de corriente directa, y las fuentes AC o de corriente alterna.

Generalmente, la corriente directa es proporcionada por pilas y baterías; y en algunos casos, por ciertos tipos de generadores electromecánicos. También puede obtenerse a partir de una corriente alterna, mediante un proceso llamado rectificación. Y aunque las primeras redes de distribución de energía eléctrica fueron de corriente directa, este sistema ya casi no se utiliza en la actualidad por razones económicas, técnicas y de seguridad.

La corriente alterna es proporcionada por generadores electromecánicos llamados alternadores. También puede obtenerse a partir de una corriente directa, mediante un proceso llamado inversión. Es el tipo de electricidad que entregan las compañías de electricidad para uso doméstico, comercial e industrial.

En un circuito alimentado por una fuente DC, la corriente siempre circula en una misma dirección; pero su magnitud puede ser constante o variar con el tiempo. Y en un circuito alimentado por una fuente AC, la

Figura 17



corriente circula alternadamente en una dirección y luego en la otra.

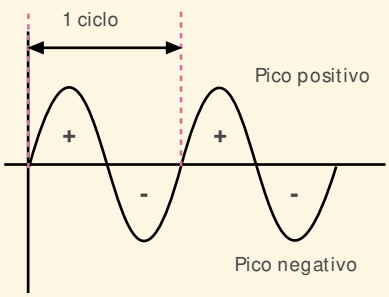
Además de cambiar de dirección, la corriente alterna cambia de valor a cada instante; hace esto último, siguiendo un patrón como el que se muestra en la figura 18. En esta representación, llamada una forma de onda, el eje horizontal representa el tiempo y el eje vertical la magnitud y polaridad del voltaje o la corriente. En los puntos donde la forma de onda corta el eje del tiempo, la corriente vale cero (0); y en los puntos intermedios adopta diferentes valores, positivos o negativos.

Los puntos donde la forma de onda alcanza su valor máximo, positivo o negativo, se denominan picos o crestas. La porción de la forma de onda comprendida entre dos puntos de cruce por cero consecutivos, se denomina semiciclo. Durante los semiciclos positivos (+), la corriente circula en una dirección; y durante los semiciclos negativos (-), lo hace en la dirección opuesta. Dos semiciclos consecutivos, constituyen un ciclo completo de corriente alterna.

Los ciclos de una forma de onda AC se repiten con una determinada periodicidad llamada frecuencia. La unidad de medida de la frecuencia es el hercio (Hz); se le denomina así, en honor del físico alemán Heinrich Hertz (1857-1894). La corriente eléctrica suministrada por las compañías de electricidad puede tener una frecuencia de 50 o 60Hz, dependiendo del país; en Colombia, por ejemplo, las redes eléctricas son de 60Hz. Una frecuencia como ésta, implica que cada ciclo de la forma de onda se repite exactamente 60 veces en un segundo.

El tiempo que le toma a una corriente completar un ciclo se denomina periodo (T); numéricamente, es igual a 1/ f (la frecuencia está en Hz). El periodo de una corriente de 50Hz, por ejemplo, es 1/ 50 = 0.020 segundos.

Figura 18



Conductores

Los conductores (figura 19) proporcionan un camino de baja resistencia para la libre circulación de los electrones a través de un circuito eléctrico (tal como las tuberías conducen el agua a través de un circuito hidráulico).

Los conductores utilizados en instalaciones eléctricas son generalmente alambres de cobre o de aluminio, desnudos o recubiertos con algún tipo de material aislante. Este último mantiene confinados los electrones, actuando como una pared de protección e impidiendo que puedan moverse fuera de los alambres al ser contactados por objetos conductores externos.

La cantidad de corriente que un alambre puede manejar con seguridad, depende del tipo de material utilizado en su fabricación (cobre o aluminio, generalmente), de su tamaño (diámetro o calibre) y del tipo de aislamiento. El calibre de los alambres utilizados en instalaciones eléctricas, normalmente se especifica mediante un número estándar (14, 12, 2/ 0, etc.) asignado por la AWG (*American Wire Gauge*). Entre menor sea el número AWG de un alambre, mayores serán su grosor y su capacidad para transportar corriente (figura 20); el circuito de una estufa eléctrica, por ejemplo, requiere alambres más gruesos (menor número AWG) que el de una lámpara, puesto que la primera demanda mayor corriente.

Los alambres de una instalación eléctrica se enrutan a través de un edificio introduciéndolos en ductos

Figura 19

plásticos o metálicos que los protegen de la humedad y del daño físico (figura 21).

Cargas

La carga de un circuito (figura 22) convierte la energía de los electrones en movimiento en otras formas útiles de energía.

La carga puede estar representada por una amplia variedad de dispositivos tales como lámparas, motores, parrillas eléctricas, lavadoras, licuadoras, planchas, etc. En una lámpara, por ejemplo, la energía de los electrones en movimiento se convierte en luz (energía lumínica) y calor (energía térmica); y en un motor, se convierte en movimiento (energía mecánica), magnetismo (energía magnética) y calor.

Dispositivos de control

Un dispositivo de control regula el paso de la corriente a través de un circuito (tal como una válvula controla la cantidad de agua que fluye a través de una tubería).

Uno de los dispositivos de control más utilizados en instalaciones eléctricas, es el interruptor (figura 23). En la figura 24 se muestra un circuito de control de una lámpara mediante un interruptor (tal como se usa en una instalación real).

Dispositivos de protección

Estos elementos interrumpen el paso de la corriente a través de un circuito, cuando se presenta una sobrecarga o cortocircuito (figura 25); es decir, actúan como interruptores automáticos.

Los dos tipos de dispositivos de protección más comunes son los fusibles y los disyuntores o *breakers*. También existen dispositivos llamados interruptores diferenciales (GFCI), que detectan corrientes de fuga a tierra y protegen a las personas del riesgo de un choque eléctrico.

Tipos de circuitos

Las cargas de un circuito pueden estar conectadas en serie, en paralelo o en una configuración mixta.

Figura 20

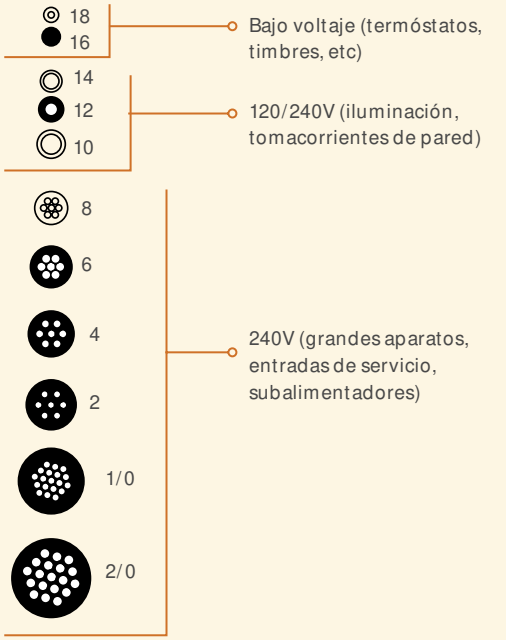


Figura 21

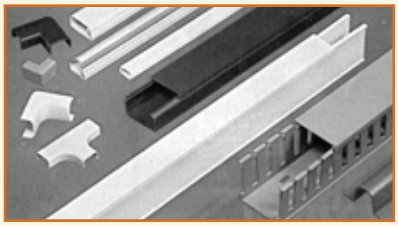


Figura 22

Figura 23

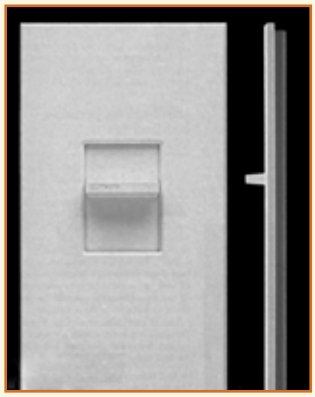
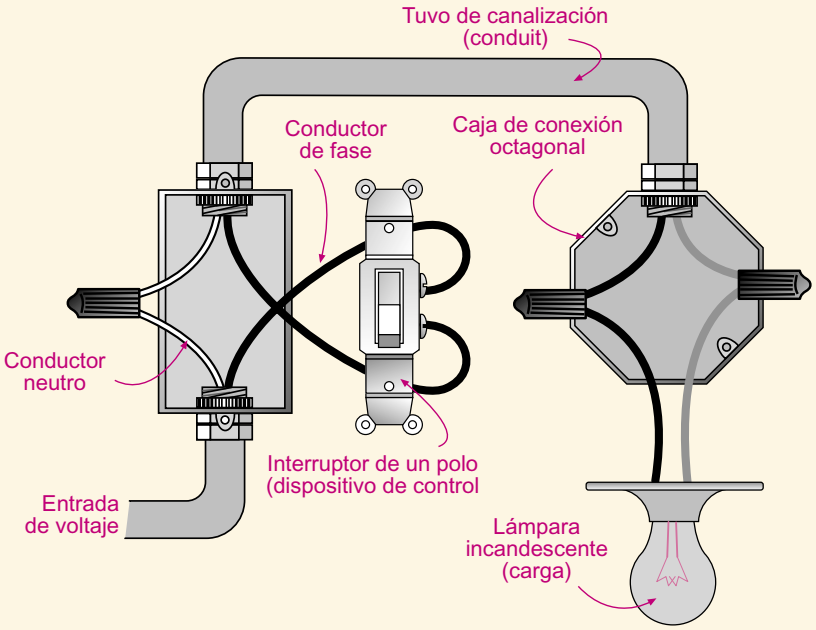


Figura 24



En un circuito serie como el que se muestra en la figura 26, los elementos de carga están interconectados en orden sucesivo, cada uno con un extremo unido al extremo del siguiente. Por lo tanto, existe sólo un camino o *loop* para la circulación de la corriente. En otras palabras, todas las cargas comparten la misma corriente. Si hay una interrupción en cualquier parte del circuito, el flujo de corriente se suspende y el circuito no funciona.

Los circuitos en serie no son muy utilizados en instalaciones eléctricas.

En un circuito paralelo (figura 27), las cargas están distribuidas en ramales o bifurques, cada uno de ellos alimentado por la misma fuente de voltaje. Por lo tanto, existe más de una trayectoria para la circulación de la corriente. Si hay una ruptura en cualquiera de los ramales, sólo se suspende el flujo de corriente a través de la carga conectada al mismo. Este es el tipo de circuito más común en instalaciones eléctricas.

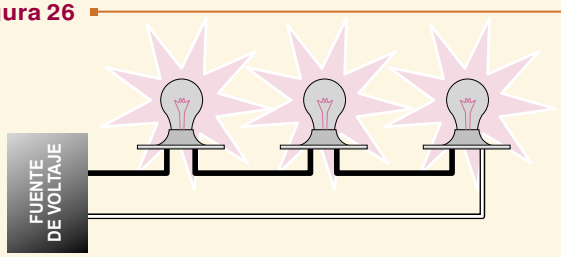
En un circuito serie-paralelo o mixto (figura 28) algunas de las cargas están conectadas en serie, compartiendo la misma corriente; y otras están en paralelo, compartiendo el mismo voltaje. Este tipo de circuito no es muy común, y se usa solamente cuando es necesario proporcionar diferentes cantidades de corriente y voltaje a varias cargas alimentadas desde la fuente principal.

Figura 25

Parámetros de los circuitos eléctricos

Para entender adecuadamente los circuitos eléctricos y su terminología, es importante conocer conceptos como corriente, voltaje, diferencia de potencial, resistencia, potencia y energía, así las unidades de medi-

Figura 26



da utilizadas para cuantificarlos. A continuación describiremos estos términos.

Corriente

La corriente o intensidad (I) es una medida de la cantidad de electrones que pasan por un punto dado de un circuito durante un tiempo determinado.

La unidad de medida de la corriente eléctrica es el ampere o amperio (A); se le llama así, en honor del sabio francés André Marie Ampére (1775-1836). Otras unidades de medida de la corriente, derivadas del amperio, son el miliamperio (mA) y el microamperio (μA), equivalentes a 10^{-3} A (0.001A) y 10^{-6} A (0.000001A) respectivamente.

Un amperio equivale al paso de aproximadamente 6.28 x 10^{18} electrones en un segundo por un punto dado.

La cantidad de corriente que circula a través de un circuito, determina el calibre de los conductores a utilizar. Si fluye demasiada corriente por un cable delgado, éste se calienta y puede quemarse el aislamiento que lo protege; esto origina riesgos de incendio.

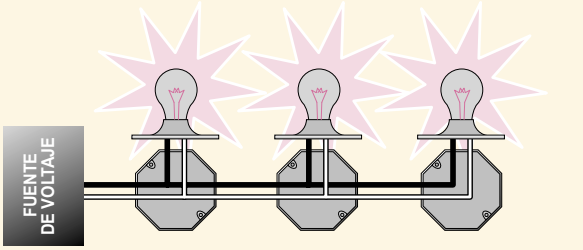
La corriente también determina los tipos de dispositivos de control y protección a utilizar. Los interruptores y fusibles deben elegirse de modo que puedan manejar con seguridad la máxima corriente que demanda el circuito.

Voltaje y diferencia de potencial

El voltaje o tensión (E) es una medida de la fuerza electromotriz o presión eléctrica necesaria para impulsar una determinada corriente a través de un circuito.

La unidad de medida del voltaje es el voltio (V); se le llama así, en honor del físico italiano Alessandro Volta (1745-1827). Otras unidades de medida del voltaje, derivadas del vatio, son el kilovoltio (kV) y el milivoltio (mV), equivalentes a 10^{3}V (1000V) y 10^{-3}V (0.001V) respectivamente.

Figura 27



El voltaje aplicado a un circuito determina el tipo de aislamiento que deben tener los conductores del mismo. Si el aislamiento no es lo suficientemente grueso para soportar el voltaje de trabajo, pueden originarse cortocircuitos, fugas de corriente, calentamiento y otros fenómenos que pueden dañar a las personas y a los edificios.

Por lo general, el aislamiento de los alambres y cables utilizados en instalaciones eléctricas residenciales se especifica para una tensión nominal de 600V.

Una práctica muy frecuente en el trabajo con circuitos eléctricos es elegir un punto de referencia común y definir, con respecto a éste, los voltajes de los demás puntos del circuito.

El voltaje de cualquier punto con respecto al de referencia, se denomina potencial; y la porción de voltaje que aparece a través de cada carga o elemento del mismo, se llama diferencia de potencial.

En las instalaciones eléctricas se toma como punto de referencia la tierra, y se le asigna un potencial de 0V.

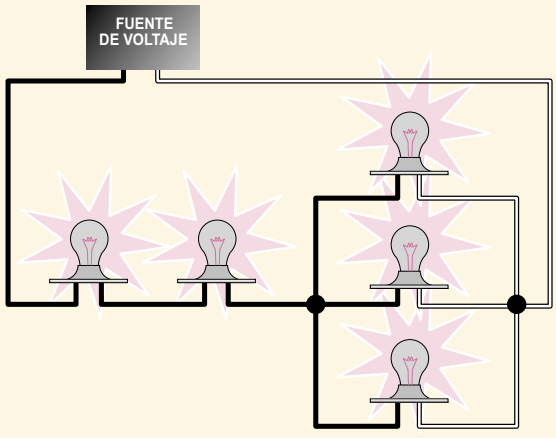
Resistencia

La resistencia (R) es una medida de la capacidad que presenta un elemento de circuito (por ejemplo un conductor o una lámpara) para oponerse al paso de la corriente eléctrica. A mayor resistencia, mayor oposición, y viceversa.

Por lo general, los elementos resistivos se representan mediante los símbolos mostrados en la figura 29.

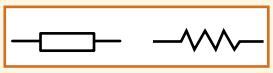
La unidad de medida de la resistencia es el ohm u ohmio (Ω); se le llama así, en honor del físico y mate

Figura 28



mático alemán Georg Simon Ohm (1789- 1854); él descubrió la famosa ley que lleva su nombre (ley de Ohm), que es una de las fórmulas más utilizadas en electricidad y electrónica.

Figura 29



Otras unidades de medida de la resistencia son el megaohmio (MΩ), el kiloohmio (kΩ) y el miliohmio (mΩ), equivalentes a $10^{6}\Omega$, $10^{3}\Omega$ y $10^{-3}\Omega$ respectivamente.

Todos los componentes que se utilizan en los circuitos eléctricos (cargas, conductores, elementos de control, etc.), tienen alguna resistencia. La resistencia de las cargas está determinada por el fabricante del artefacto; y la de un interruptor, un fusible o un conductor, debe ser idealmente igual a 0Ω en condiciones normales de operación.

En la práctica, todos los conductores (alambres, cables, etc.) tienen alguna resistencia; por eso se calienta, y ocasionan caídas de voltaje que reducen el voltaje disponible para la carga conectada al circuito.

Resistencia efectiva

La resistencia total que presenta un circuito eléctrico a la fuente de voltaje y que determina la cantidad de corriente que ésta suministra a todas las cargas, se denomina comúnmente resistencia efectiva (Reff).

La resistencia efectiva o total de un circuito serie, es simplemente la suma de las resistencias individuales. Esto es:

Ref. = Rl + R2 + R3 + ...

(R1, R2, R3, etc., son las resistencias de las cargas individuales).

Se asume que la resistencia de los conductores y demás elementos del circuito es igual a OΩ. Por ejemplo, la resistencia efectiva de un circuito serie formado por una lámpara de 100Ω y una plancha de 75Ω, es simplemente 100 + 75 = 175Ω.

A medida que aumenta el número de cargas de un circuito serie, también lo hace la resistencia efectiva (y por supuesto, a medida que disminuye dicho número, disminuye también la resistencia efectiva). En el caso de un circuito paralelo, la resistencia efectiva se determina a partir de la siguiente fórmula:

1/ Reff = 1/ R1 + 1/ R2 + 1/ R3 + ...

Nuevamente, se asume que la resistencia de los conductores y demás elementos del circuito es igual a 0Ω. A medida que aumenta el número de cargas de un circuito paralelo, disminuye la resistencia efectiva; y a medida que dicho número disminuye, aumenta la resistencia efectiva.

Considérese, por ejemplo, un circuito paralelo de cocina formado por una tostadora de 10Ω, una cafetera de 20Ω y una parrilla de 25Ω. Para evaluar la resistencia efectiva del circuito, procedemos así:

1/ Ref. = 1/ 10 + 1/ 20 + 1/ 25 = 0.1 + 0.05 + 0.04 = 0.19. Por lo tanto, Ref. = 1/ 0.19 = 5.26Ω

Potencia

La potencia (P) es una medida del trabajo realizado por una corriente al circular a través de una carga. La unidad de medida de la potencia es el watt o vatio (W); se le llama así, en honor del físico escocés James Watt (1736-1819); es el inventor de la máquina de vapor.

Otras unidades de medida de la potencia, derivadas del vatio, son el kilovatio (kW) y el milivatio (mW), equivalentes a 10^{3}W (1000W) y 10^{-3}W (0.001W). Para calcular la potencia asociada a un circuito o a una carga resistiva, por ejemplo una lámpara o una estufa eléctrica, se utiliza la relación:

P = E x I Donde: E, es el voltaje aplicado (V); I, es la corriente (A).

Si, por ejemplo, a una carga resistiva se le aplica una tensión de 220V, y ésta produce a través de la misma una corriente de 2.5A, la potencia consumida por la carga es simplemente:

P = E x I = 220 x 2.5 = 550.

Otras formas alternativas de expresar la fórmula de la potencia son I = P/ E y E = P/ I. Estas relaciones se resumen gráficamente en la figura 30.

Para circuitos de corriente alterna que alimentan cargas no resistivas como transformadores y motores, la potencia real consumida por la carga y con-

vertida en trabajo eléctrico se determina mediante la fórmula:

$$P = E \times I \times FP$$

En este caso, **FP** es un parámetro denominado **factor de potencia**; es propio de la carga, y está fijado por el fabricante de la misma.

Para soldadores eléctricos y motores que funcionan en vacío, el factor de potencia es muy bajo (entre 0.2 y 0.4); para motores que funcionan a plena carga, es del orden de 0.8; y para cargas resistivas, es aproximadamente igual a 0. En lo sucesivo, mientras no se establezca lo contrario, asumiremos que FP = 1.

Energía

La energía (W) es la potencia eléctrica consumida por un artefacto o un circuito durante un determinado lapso. La energía eléctrica se mide en vatios-hora (W-h) o kilovatios-hora (kW-h); y se calcula, multiplicando la potencia por el tiempo de consumo:

$$W = P \times t$$

En este caso, (t) es el tiempo en horas (h) y P es la potencia. Por ejemplo, la energía consumida por una lámpara de 250W durante 10 horas de uso, es:

$$W = P \times t = 250 \times 10$$

Esto es, 2,500 W-h = 2.5kW-h.

Asumimos que la tarifa del kilovatio-hora es de veinte pesos ($20), el costo por usar la lámpara durante dicho tiempo sería de 2.5 x 20 = $50.

El consumo de energía eléctrica se mide utilizando contadores como el mostrado en la figura 31. Este tipo de medidores son instalados y atendidos por la empresa de energía eléctrica local; los utiliza para medir el consumo de electricidad.

La ley de Ohm

El voltaje, la corriente y la resistencia de un circuito o elemento de circuito se relacionan mediante una sencilla fórmula denominada ley de Ohm. De acuerdo con

Figura 30

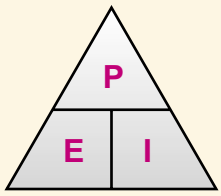


Figura 31

lo que ésta indica, la corriente (I) a través de una carga es igual al voltaje aplicado (E) dividido por la resistencia (R) de la misma. Esto es:

$$I = E / R$$

Por ejemplo, si el voltaje aplicado es E = 125V, y la resistencia es R = 10Ω, la corriente es I = E/ R = 125/ 10 = 12.5A. Naturalmente, entre mayor sea el voltaje aplicado, mayor será el flujo de corriente.

Si a la misma carga se le aplica una tensión de 220V, la nueva corriente será I = 220/ 10 = 22A.

Otras formas alternativas de expresar la ley de Ohm, son R = E/ I y E = I x R.

La ley de Ohm se puede combinar con la fórmula de potencia suministrada anteriormente (P = E x I), para incorporar la resistencia en los cálculos de potencia. Esta operación de sustitución conduce a las siguientes fórmulas:

$$P = I^2 \times R \;,\; P = E^2 / R$$

En este caso, I es la corriente (A), E es el voltaje (V) y R es la resistencia (Ω). Por ejemplo, si una lámpara con una resistencia de 271.6Ω se conecta a una tensión de 127V, la potencia disipada por la misma es simplemente:

$$P = E^2 / R = (127)^2 / 271.6 = 60W$$

Esta potencia se manifiesta externamente en forma de luz y calor.

Continúa en el próximo número

Alternativas laborales

MINICURSO DE ELECTRICIDAD DOMÉSTICA

Segunda parte: Circuitos derivados y diagramas eléctricos

Artículo elaborado por el equipo de Redacción, con base en materiales de CEKIT

Circuitos eléctricos de una casa

A través de líneas aéreas o subterráneas llamadas **acometidas** o **cables alimentadores**, las compañías de electricidad suministran la energía eléctrica a los hogares.

Dichas líneas llevan la electricidad desde el transformador de distribución más cercano, hasta al sistema eléctrico de la casa. En la figura 1A se muestra la estructura típica de una instalación residencial con cable alimentador aéreo; y en la figura 1B, la de una instalación con cable alimentador subterráneo. El tipo de servicio recibido (aéreo o subterráneo), depende de factores técnicos, económicos y geográficos.

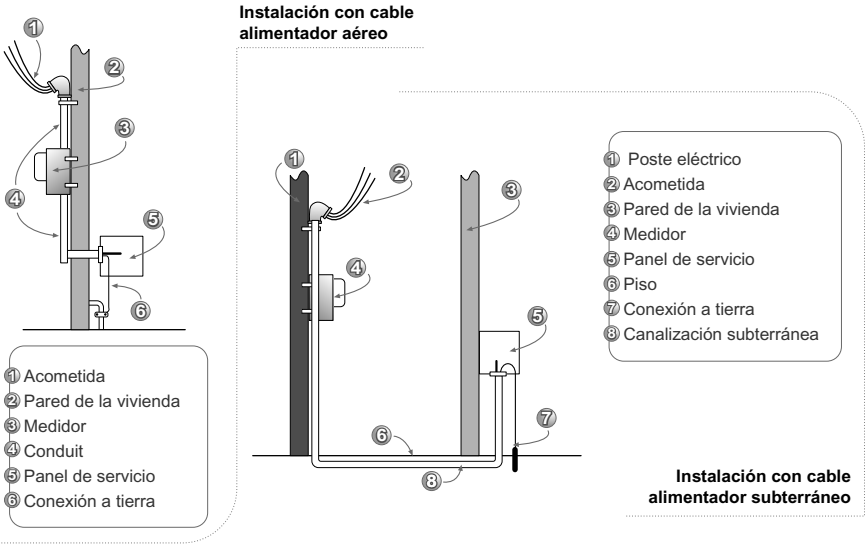
En la figura 2 se muestran los elementos de un sistema eléctrico residencial típico con alimentación aérea. Como puede ver, consta básicamente de una acometida, un medidor, un panel de entrada del servicio, un centro de distribución y una serie de circuitos individuales llamados **circuitos derivados**.

Estos últimos son los que finalmente alimentan a los elementos eléctricos de la vivienda. El centro de distribución puede ser parte del panel de entrada del servicio; o, como en este caso, uno o más subpaneles separados que se localizan en diferentes partes del edificio.

El propósito de una instalación es distribuir la electricidad entre todos los equipos eléctricos conectados a la misma, de la forma más eficiente, segura y ordenada posible. Para lograr esto, los elementos de una instalación se agrupan en circuitos individuales llamados "circuitos derivados".

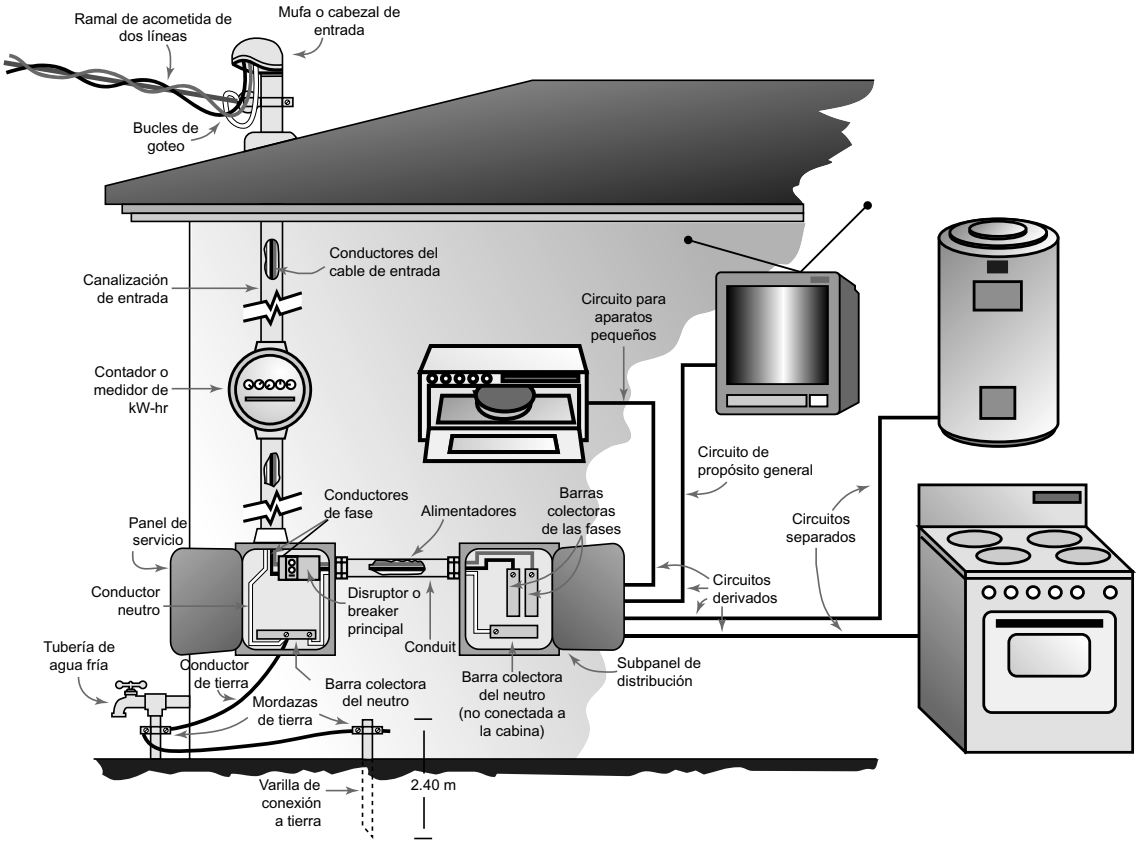
Estos circuitos son el punto de partida del diseño de cualquier instalación eléctrica moderna. Y en el presente artículo, explicaremos precisamente cómo está estructurado el sistema eléctrico de una casa típica desde el punto de vista de sus circuitos derivados; además, proporcionaremos los elementos conceptuales para su representación gráfica.

Figura 1



La parte del sistema que se extiende desde el exterior de la casa hasta las líneas de distribución más cercanas, generalmente se denomina **ramal** o **línea de acometida**. En el caso de un servicio de distribución aéreo, los conductores del ramal de acometida provienen directamente del poste más próximo (figura 3) o discurren por encima de los edificios o sobre apoyos fijados en las fachadas; y en el caso del servi-

Figura 2



cio subterráneo, pueden provenir de un poste o de un transformador montado en una base de concreto en el piso o en una bóveda bajo tierra.

El número de conductores del ramal de acometida depende del número de fases contratadas para la vivienda y de las características e importancia del suministro.

Actualmente, la mayoría de las instalaciones residenciales utilizan acometidas monofásicas o trifásicas. Las primeras constan de dos conductores (una fase y un neutro) y las segundas de cuatro conductores (tres fases y un neutro).

En la figura 4 se comparan las configuraciones de voltaje típicas de estos dos sistemas. **De aquí en adelante, salvo que se especifique otra cosa, hablaremos únicamente del sistema monofásico de dos conductores**.

Sistema monofásico de dos conductores

Este sistema se muestra en la figura 4A; es el que más se utiliza en las casas, y proporciona la tensión de servicio normal (digamos, 120 o 220 voltios, dependiendo del país donde viva). Observe que para obtener los 120V normales de la línea de alimentación doméstica, es necesario tomar sólo una de las fases y el nivel de neutro; por esta razón, al cable que transporta la energía eléctrica se le denomina "vivo".

Esta tensión se utiliza para alimentar equipos eléctricos de bajo consumo como televisores, computadoras, equipos de sonido, electrodomésticos pequeños, etc.

Sistema trifásico de cuatro conductores

El sistema trifásico de cuatro conductores (figura 4B), muy utilizado en fábricas, hospitales, etc., suministra también dos tensiones de servicio diferentes; generalmente, 120 y 208 voltios. Pero es mucho más flexible que el sistema anterior.

Un sistema trifásico de cuatro conductores puede, por ejemplo, alimentar circuitos de cuatro conductores de 120/ 208V, circuitos de tres conductores de 120/ 208V, circuitos de tres conductores de 208V, circuitos de dos conductores de 208V y circuitos de dos conductores de 120V. Casi todas las redes de distribución públicas modernas son de este tipo.

En Europa y algunos países de América Latina como Argentina y Chile, se utiliza el sistema trifásico de 220/ 380V (figura 4C). Este tipo de red proporcio-

Figura 3

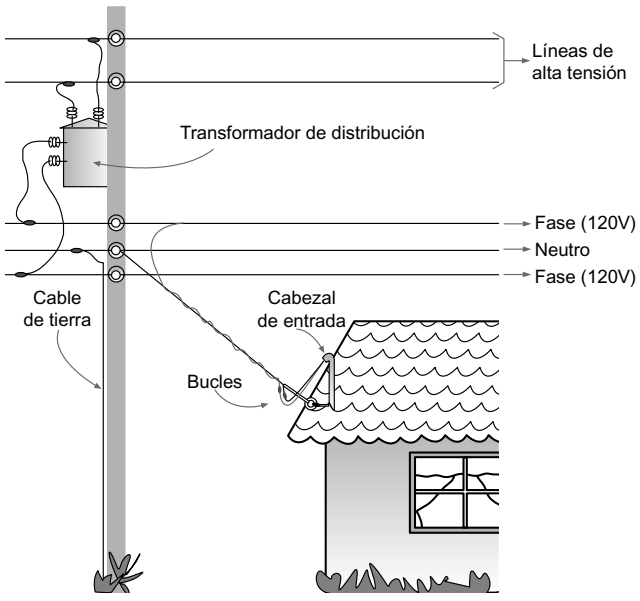
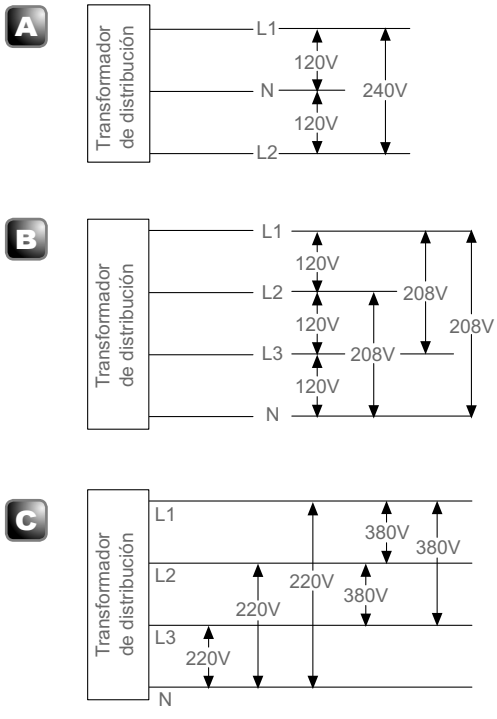


Figura 4



na 380 voltios entre cualquier par de fases, y 220 voltios entre cualquier fase y el neutro. Por consiguiente, en el interior de los edificios pueden tenerse dos tipos de voltajes de servicio; el de 220 voltios se utiliza para enchufes e iluminación, y el de 380 para aparatos de gran consumo como hornos, máquinas-herramientas, etc.

La mayoría de las acometidas aéreas utilizan cable dúplex, constituido por dos conductores aislados (figura 5A). Uno de los cables corresponde a la fase (cable "vivo"), y el otro es el neutro.

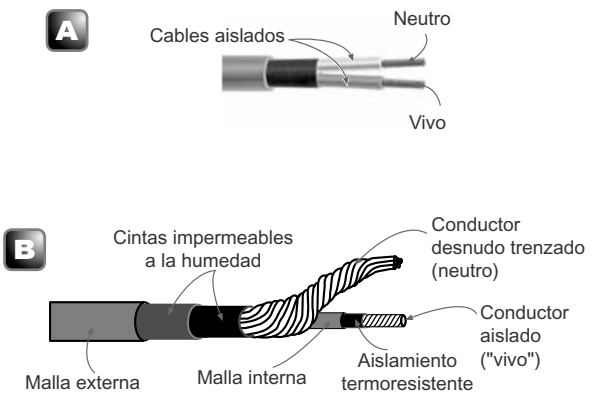
Una vez que la instalación eléctrica de una casa ha sido completamente alambrada e inspeccionada, la compañía de energía eléctrica conecta la línea de acometida al cable de entrada, encargado de llevar la electricidad al interior de la vivienda. En la figura 5B se muestra la estructura de un cable de entrada típico.

El cable de entrada ingresa a la vivienda a través de una pieza metálica o plástica en forma de U, llamada **mufa** o cabezal de acometida. La mufa protege al cable de entrada contra la humedad, y evita que el agua entre en la instalación.

Muchas veces, en vez de un cable de entrada compacto como el que se muestra en la figura 5B, se utilizan dos conductores separados. De todas formas, los cables de entrada deben llegar primero al medidor (localizado dentro o fuera del edificio), el cual registra o cuantifica la cantidad de energía eléctrica consumida en la vivienda.

En la figura 6 se muestran dos tipos de contadores utilizados normalmente en las instalaciones domiciliarias. La lectura se realiza de izquierda a derecha.

Figura 5



En el contador que aparece en la figura 6A, esta lectura es inmediata; y en el contador que se muestra en la figura 6B, está dada por el número que la aguja o puntero ha pasado en cada dial o carátula.

En la figura 6C se ejemplifica una indicación de consumo; en este caso, la lectura es de 89281 kW-h. Observe usted que las agujas de los diales 1, 3 y 5 giran en sentido horario (CW); y que las de los diales 2 y 4 lo hacen en sentido antihorario (CCW).

Después de pasar por el medidor, los conductores del cable de entrada llegan al panel de servicio, que es el "corazón" y centro de control del sistema eléctrico de la vivienda. En esta caja o cabina usted encontrará siempre el mecanismo principal de desconexión, encargado de impedir que los daños en la instalación eléctrica de su casa afecten la red de distribución de la compañía eléctrica. Como mecanismo de desconexión, generalmente se utiliza un *breaker*, especificado para la máxima cantidad de corriente que puede entregar el panel; por ejemplo, 100A, 125A, 150A, 200A, etc.

Una vez dentro del panel de servicio, los dos conductores del cable de entrada se conectan al mecanismo de desconexión general. Para las instalaciones comerciales (e incluso para las residenciales), es conveniente conectar también un tercer cable hacia una varilla metálica larga enterrada físicamente en el suelo (constituyendo el llamado **sistema de protección**

Figura 6

a tierra de la instalación); esto proporciona una protección adicional al usuario, contra posibles descargas por parte de sus aparatos eléctricos.

Para reforzar el sistema de tierra, la barra colectora del neutro se conecta en las tuberías metálicas de suministro de agua de la vivienda. En caso de que usted desee que su instalación eléctrica esté protegida con el cable de tierra física, pero no cuente con la varilla enterrada de referencia, la tubería de agua fría es un buen punto para la conexión de tierra.

Después del medidor y el panel de servicio, el siguiente elemento de una instalación eléctrica es el centro de distribución. Esta caja contiene los fusibles o *breakers* que controlan y protegen a los circuitos derivados.

En la figura 7 se muestra la forma más común de conectar un centro de distribución. En la figura 7A es un subpanel separado, que se localiza en cualquier parte de la instalación; y en la figura 7B, forma parte del panel de servicio.

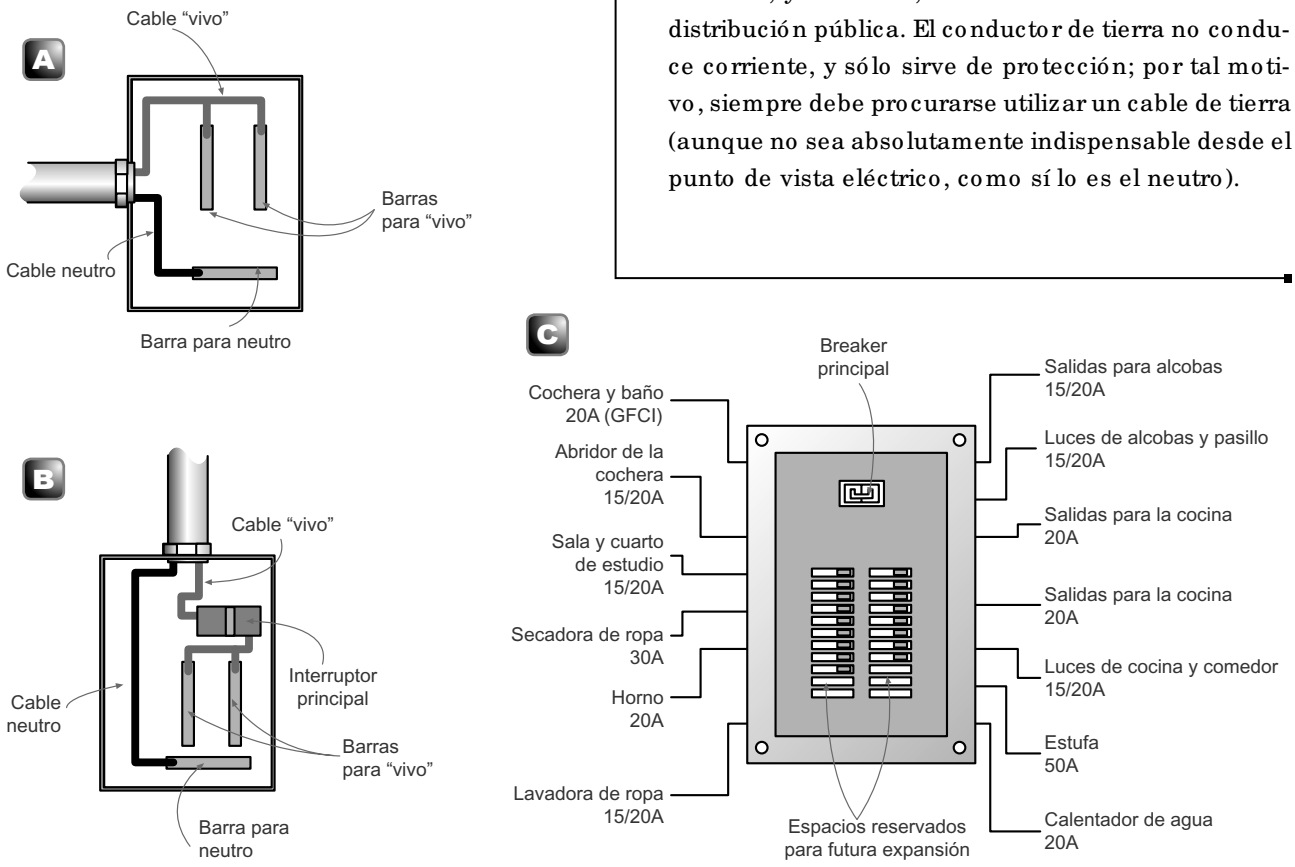
La conexión entre el centro de distribución y el panel de servicio se realiza a través de un cable llamado **alimentador**. Observe que en el centro de distribución, el conductor de "vivo" llega hasta las barras colectoras. Estas barras, diseñadas para aceptar la máxima cantidad de corriente admitida por los fusibles o *breakers* principales (digamos, l00A), permiten que la energía eléctrica pueda ser distribuida eficientemente entre los circuitos derivados (figura 7B). También se dispone de una barra colectora para el conductor neutro.

El panel de servicio y el centro de distribución constituyen el llamado **centro de carga** o **tablero general** de fusibles del sistema eléctrico de la vivienda.

El cable de alimentación, o los conductores que conectan el panel de servicio con el centro de distribución, llevan el cable "vivo", el neutro y, eventualmente, la tierra.

El cable "vivo" transporta la corriente demandada por los equipos conectados al sistema eléctrico de la vivienda; y el neutro, la lleva de retorno a la red de distribución pública. El conductor de tierra no conduce corriente, y sólo sirve de protección; por tal motivo, siempre debe procurarse utilizar un cable de tierra (aunque no sea absolutamente indispensable desde el punto de vista eléctrico, como sí lo es el neutro).

Figura 7



De acuerdo con lo que indican las normas, las identidades de los conductores neutro y tierra deben preservarse a lo largo de una instalación. Esto se logra utilizando colores especiales para ellos. En sistemas de 120/ 240V o 120/ 208 V, el neutro se reconoce por ser de color blanco o gris claro; y la tierra, por ser de color verde.

En sistemas de 220/ 380V, el neutro debe ser de color azul celeste y la tierra de color verde/ amarillo. Para las fases se utilizan otros colores, y los más comunes son el rojo y el negro (sistemas de 120/ 240V o 120/ 208V) o el marrón y el negro (sistemas de 220/ 380V).

Las convenciones anteriores se aplican también a los conductores que alimentan a los circuitos derivados y que permiten identificar rápidamente la función de los conductores que se encuentran a lo largo de las canalizaciones. Esto es particularmente importante en caso de reparaciones, ampliaciones y adecuación de protecciones.

En instalaciones que sólo utilizan una fase, el conductor de fase es generalmente negro antes de pasar por un interruptor; y después de pasar por éste, es rojo.

Por seguridad, el conductor neutro y el de tierra nunca deben ser interrumpidos.

En instalaciones improvisadas o realizadas por personas que ignoran los reglamentos eléctricos, es muy probable que se utilicen conductores de colores inadecuados para alambrar los circuitos o que se instale un interruptor sobre la línea del neutro. En estos casos, antes de realizar cualquier reparación o modificación, es importante hacer una prueba inicial del circuito sospechoso para identificar el neutro, la tierra y las fases.

Más adelante aprenderemos algunos métodos para verificar esta situación; específicamente, en los temas de tipos e identificación de circuitos derivados.

Circuitos derivados

Los circuitos que distribuyen finalmente la electricidad a los distintos elementos eléctricos de una instalación residencial, se denominan **circuitos derivados**. Un circuito derivado se forma con la totalidad de los dispositivos de iluminación (lámparas o focos) y de tomacorriente conectados a los conductores de fase, neutro y tierra, provenientes del centro de distribución.

En general, cualquier segmento de una instalación eléctrica que se extiende más allá del centro de distribución, es un **circuito derivado**.

Figura 8

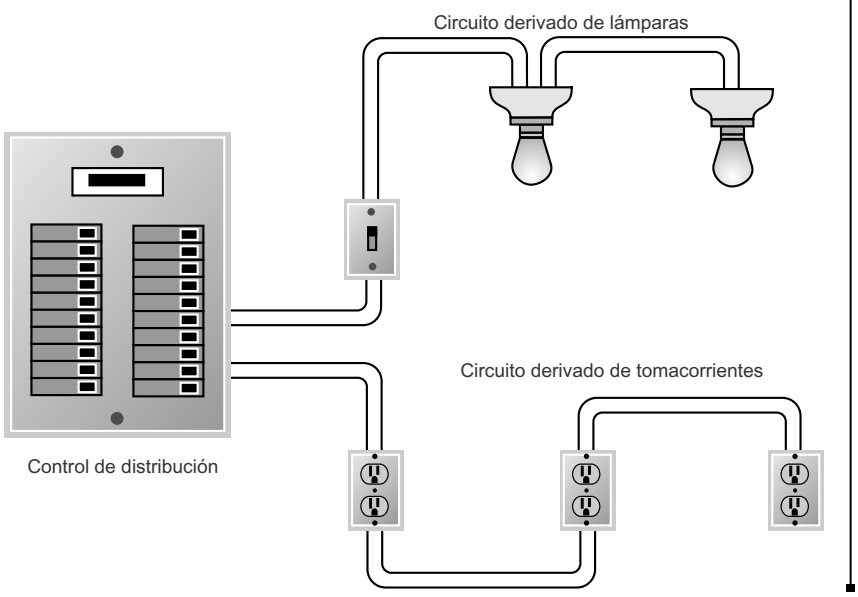
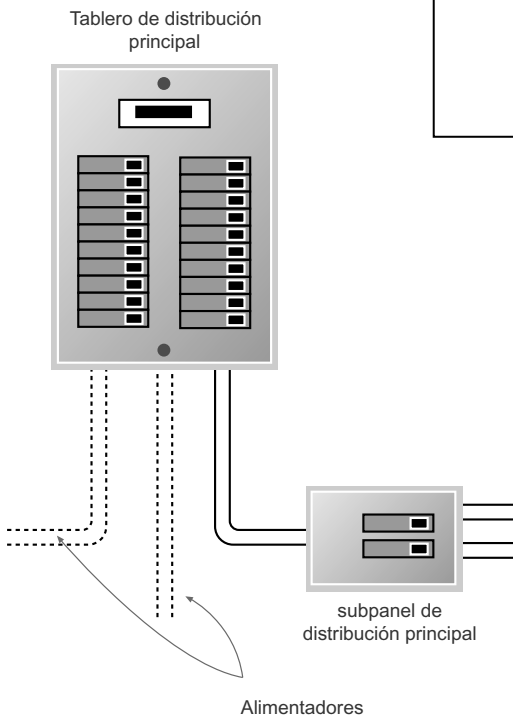


Figura 9



Todos los circuitos derivados deben estar protegidos por fusibles o *breakers*. Dependiendo de la disposición del centro de distribución, un circuito derivado puede comenzar en el panel de entrada (figura 8) o en un subpanel (figura 9). En este último caso, se habla de circuitos alimentadores; es decir, conjuntos de conductores que alimentan a un grupo de circuitos derivados (digamos, los de una cochera o una bodega).

Los alimentadores se utilizan principalmente en edificios y conjuntos residenciales. En instalaciones pequeñas, como las de una casa, todos los circuitos derivados se alimentan directamente del panel de servicio, sin alimentadores.

Tipos de circuitos derivados

Los circuitos derivados pueden ser de tres tipos:

De propósito general:

Alimentan a las salidas para iluminación y los tomacorrientes en que se conectan radios, televisores, relojes eléctricos, lámparas de mesa, aspiradoras portátiles y otros artefactos de bajo consumo. Este tipo de circuitos, que sirven la mayoría de las áreas de una casa, generalmente se hacen con alambre calibre AWG14 o AWG12; y se protegen con *breakers* o fusibles de 15, 20, 30, 40 o 50A, únicamente.

Para aparatos pequeños:

Alimentan a los tomacorrientes en los que se conectan neveras, tostadoras, hornos de microondas, licuadoras, cafeteras, planchas y otros artefactos de consumo mediano. Este tipo de circuitos, que sirven principalmente la cocina, el comedor y otras áreas de consumo clave de la casa, se realizan generalmente con alambre AWG 12; pueden estar protegidos con *breakers* o fusibles de 15, 20, 30, 40 o 50A, únicamente.

Las normas recomiendan proveer a la cocina, como mínimo, con dos circuitos de este tipo.

Individuales o separados:

Alimentan a los tomacorrientes en los que se conectan lavadoras y secadoras de ropa, sistemas de calefacción y de aire acondicionado, estufas, lavadoras de platos, calentadores de agua y otros artefactos cuyo consumo es superior a 1800W (figura 10).

Estos circuitos se derivan directamente del centro de distribución y alimentan a un solo equipo. Se realizan con alambre AWG12 o más grueso; y no tienen restricciones en cuanto a la capacidad del *breaker* o fusible de protección, puesto que ésta depende del artefacto al que sirven.

Los circuitos derivados se especifican de acuerdo con la capacidad o *rating* de corriente de sus dispositivos de protección asociados. Esto es así, aunque

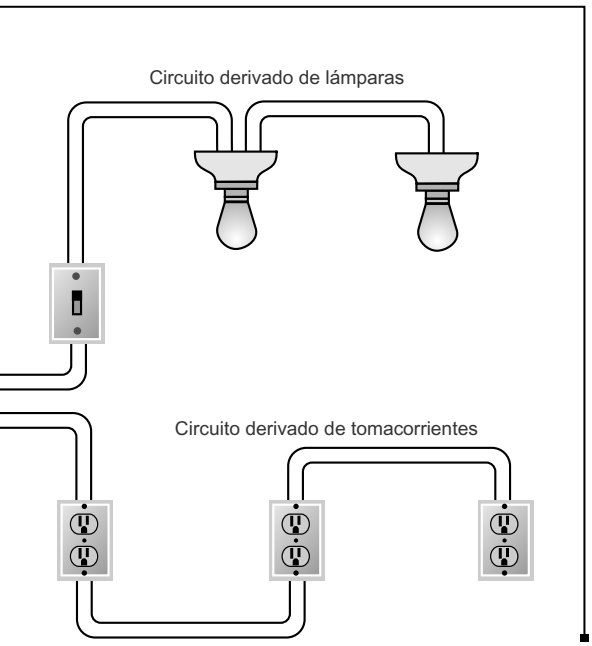
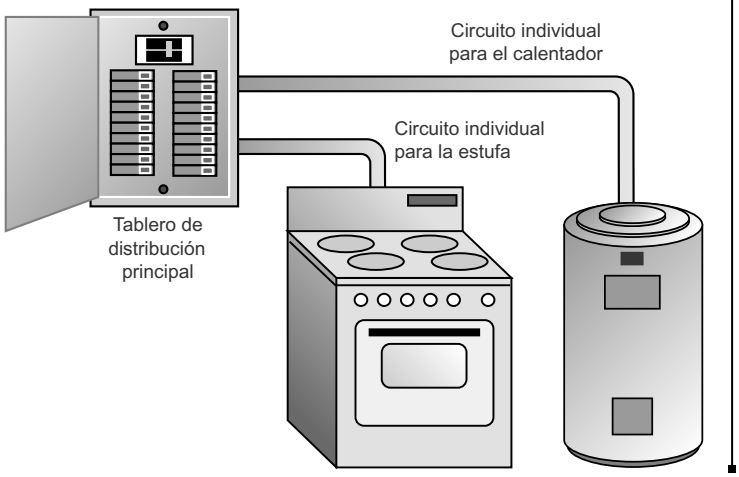


Figura 10



los conductores que se usan para su alambrado puedan transportar corrientes más altas; y entonces, podemos encontrar circuitos de 15, 20, 30, 40, 50A, etc. La capacidad del panel de servicio también se determina con base en la capacidad del dispositivo general de protección.

Cada circuito derivado comienza en el dispositivo de protección de sobrecorriente asociado, y termina en la barra colectora del conductor neutro. A esta última, conectada físicamente a tierra, deben ir directamente, sin interrupción a los conductores neutros y de tierra de todos los circuitos.

Por razones de seguridad, todas las cajas metálicas que alojan interruptores, tomacorrientes, lámparas, etc., así como las estructuras metálicas de ciertos artefactos eléctricos (neveras, lavadoras, máquinas-herramientas, etc.), deben ir conectadas a tierra.

Además de los *breakers* convencionales, muchos paneles de servicio incluyen también uno o más *breakers* de construcción especial llamados **interruptores diferenciales** o GFCI (*Ground Fault Circuit Interrupters*). Si por alguna falla se produce una corriente de fuga a tierra que rebasa un determinado valor (digamos, 10mA), estos dispositivos brindan protección contra sobrecorrientes y desconectan automáticamente los circuitos protegidos.

Esta situación puede ser causada, por ejemplo, por un aparato defectuoso o un contacto accidental con partes metálicas sujetas a tensión.

Diagramas de planta

Con el fin de facilitar su ejecución o su análisis, los circuitos eléctricos se representan mediante diagramas o planos.

Un diagrama es una representación simbólica o pictórica de la forma en que las partes de un circuito se interconectan para realizar una función determinada. Los diagramas son parte fundamental del trabajo eléctrico. De hecho, todo el proceso de diseño y ejecución de una instalación eléctrica se expresa en forma de planos eléctricos.

Existen varias formas de representar circuitos eléctricos; las más comunes son los diagramas pictóricos, los diagramas de planta y los diagramas esquemáticos. De ellos hablaremos enseguida.

Diagramas pictóricos

Como su nombre lo indica, es una ilustración o dibujo de los elementos de un circuito y de las conexiones entre ellos.

Estos diagramas son fáciles de seguir, pero tienen algunas desventajas; por ejemplo, no proporcionan información clara sobre el funcionamiento del circuito, no indican la trayectoria de la corriente, generalmente ocupan mucho espacio, etc.

Diagramas de planta

Para realizar el alambrado de un edificio, los electricistas se basan generalmente en un diagrama o plano arquitectónico de planta.

Estos diagramas utilizan símbolos en vez de dibujos, para identificar, sobre el plano arquitectónico de la vivienda, los elementos eléctricos de la instalación, su localización física dentro de la misma y las relaciones entre ellos. También pueden incluir especificaciones escritas acerca del tamaño del panel de servicio, el número de circuitos, el tipo de materiales utilizados y otros datos.

En la figura 11 tenemos como ejemplo el diagrama de planta de una vivienda; ahí se muestra la distribución de algunos de los circuitos de propósito general. El circuito número 1, por ejemplo, incluye las salidas de iluminación de la cochera, el cuarto de lavado, el taller, la cocina y el comedor, así como dos luces de patio y un tomacorriente exterior.

El circuito 5 alimenta a seis tomacorrientes y a tres luces de las alcobas. Las líneas punteadas relacionan a los interruptores con las salidas particulares a las que controlan.

En la figura 12 se muestran algunos de los símbolos estándares utilizados para representar componentes en los diagramas de planta. Algunos de ellos representan salidas para tomacorriente, lámparas o interruptores, y otros se refieren al cableado.

Para indicar su respectiva función, las salidas para tomacorriente de propósito especial deben ir acompañadas de letras subíndices; por ejemplo, LV para el lavador de platos, SR para el secador de ropa, etc.

Los interruptores se designan con la letra S y un subíndice que especifica el número de polos o de posiciones (vías). En instalaciones eléctricas se utilizan prin-

cipalmente interruptores de un polo (S), de dos polos (S2), de tres vías (S3) y de cuatro vías (S4).

Los interruptores de un polo permiten controlar el flujo de corriente hacia cargas alimentadas por una fase; y los de dos polos, el flujo hacia cargas alimentadas por dos fases.

Los interruptores de tres y cuatro vías permiten controlar una carga desde varios puntos diferentes. Por regla general, los interruptores siempre deben ubicarse sobre las líneas de fase, y nunca sobre el neutro; de lo contrario, se pone en riesgo a los usuarios. En la figura 13 está ejemplificado un diagrama de planta, en donde se muestra una posible distribución de circuitos derivados para aparatos pequeños.

Las normas recomiendan proveer la cocina, como mínimo, con dos circuitos de este tipo. En nuestro caso, los circuitos 1 y 2 alimentan a los ocho tomacorrientes de la cocina; y el circuito número 3, alimenta a la lavadora.

El circuito 2 alimenta también a seis tomacorrientes del comedor. Y aunque la salida para la nevera está incluida en el circuito 1, algunos diseñadores prefieren destinar un circuito separado para este artefacto.

En la figura 14 se ejemplifica un diagrama de planta; muestra una posible distribución de circuitos derivados individuales o para electrodomésticos grandes. En este caso, se dispone de circuitos separados para la central de aire acondicionado (AA), el horno (HR), la estufa eléctrica (EE), la lavadora de platos (LP), la secadora de ropa (SR), la lavadora de ropa (LR) y el calentador de agua (CA).

Cada uno de estos circuitos parte directamente del panel de servicio, y llega directamente al electrodoméstico o a un tomacorriente apropiado para el tipo de enchufe de este último.

Figura 11

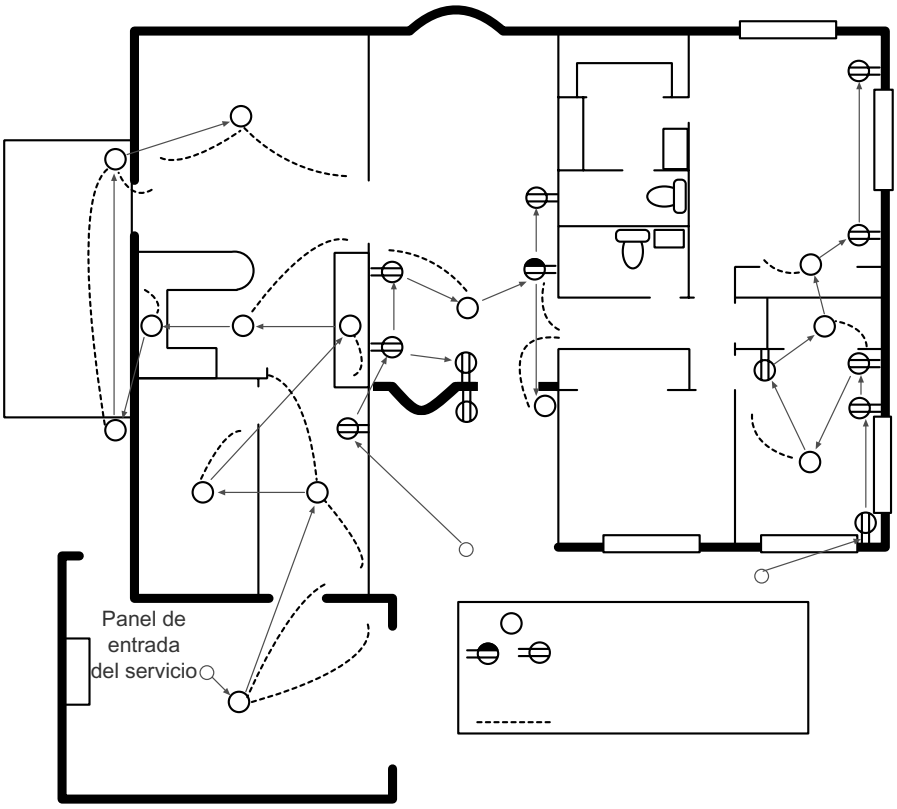


Figura 12

ASA (Normas americanas)	DIN (Normas europeas)	NOMBRE
		Salida para lámpara de pared
		Salida para lámpara de techo
		Salida para tomacorriente duplex
		Salida para tomacorriente duplex dividido
S		Salida para interruptor de un polo
S_3		Salida para interruptor de tres vías
S_4		Salida para interruptor de cuatro vías
		Salida para tomacorriente de propósito general
		Salida para timbre
		Salida para tomacorriente duplex resistente a la intemperie
		Alambrado de interruptor
		Salida para tomacorriente sencillo
		Salida para lámpara fluorescente

Los diagramas de planta facilitan la comunicación entre los instaladores y los diseñadores, y son extremadamente útiles para hacer reparaciones en una instalación eléctrica o para adecuarla a necesidades específicas. Todos los edificios residenciales, sean individuales o multifamiliares, deben disponer de su propio conjunto de planos arquitectónicos (incluyendo el correspondiente a la instalación eléctrica), debidamente documentados.

Por lo general, no se usan los planos originales sino reproducciones heliográficas de los mismos llamadas *blueprints* (copias azules).

Diagramas esquemáticos

Otra forma de representar circuitos eléctricos es mediante el uso de diagramas esquemáticos o **esquemas**.

Estos diagramas utilizan símbolo gráficos (letras, líneas, figuras) para representar los componentes y las conexiones entre ellos. Son mucho más explícitos, compactos, universales y fáciles de dibujar que los diagramas pictóricos; además, se complementan perfectamente con los diagramas de planta.

En la figura 15 se muestran los símbolos esquemáticos de algunos componentes eléctricos comunes. Estúdielos y memorícelos, para que pueda identificarlos fácilmente cuando los vea. Con la práctica, tal como se aprende a leer y entender cualquier lenguaje, usted aprenderá a leer y entender diagramas esquemáticos.

Los diagramas esquemáticos son el lenguaje natural de la electricidad. Las "letras" de este lenguaje son los símbolos, que representan los componentes; y las "palabras", son los grupos de símbolos que representan circuitos específicos. Debido a esto, son ampliamente utilizados por técnicos e ingenieros; además, puesto que los símbolos son pequeños, un diagrama esquemático no ocupa tanto espacio como un diagrama pictórico. Es otra de las razones de su popularidad.

Figura 13

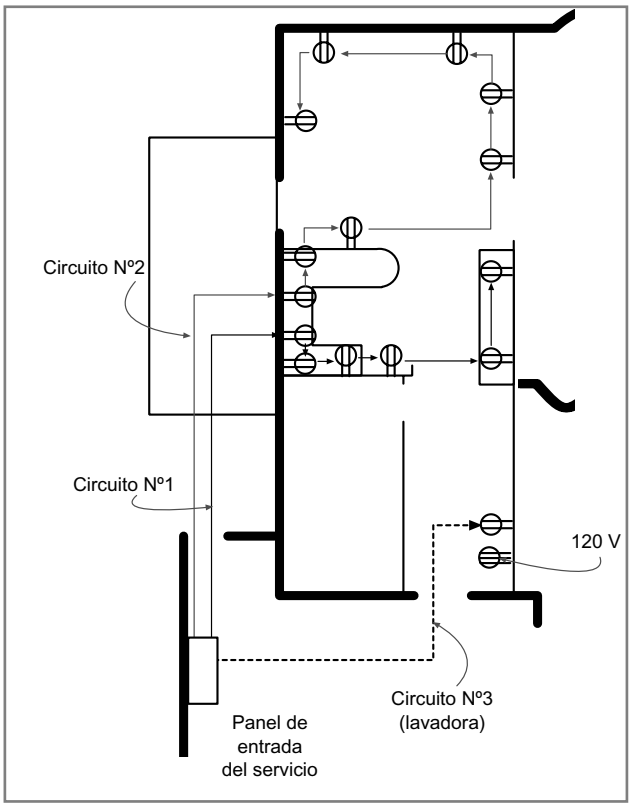
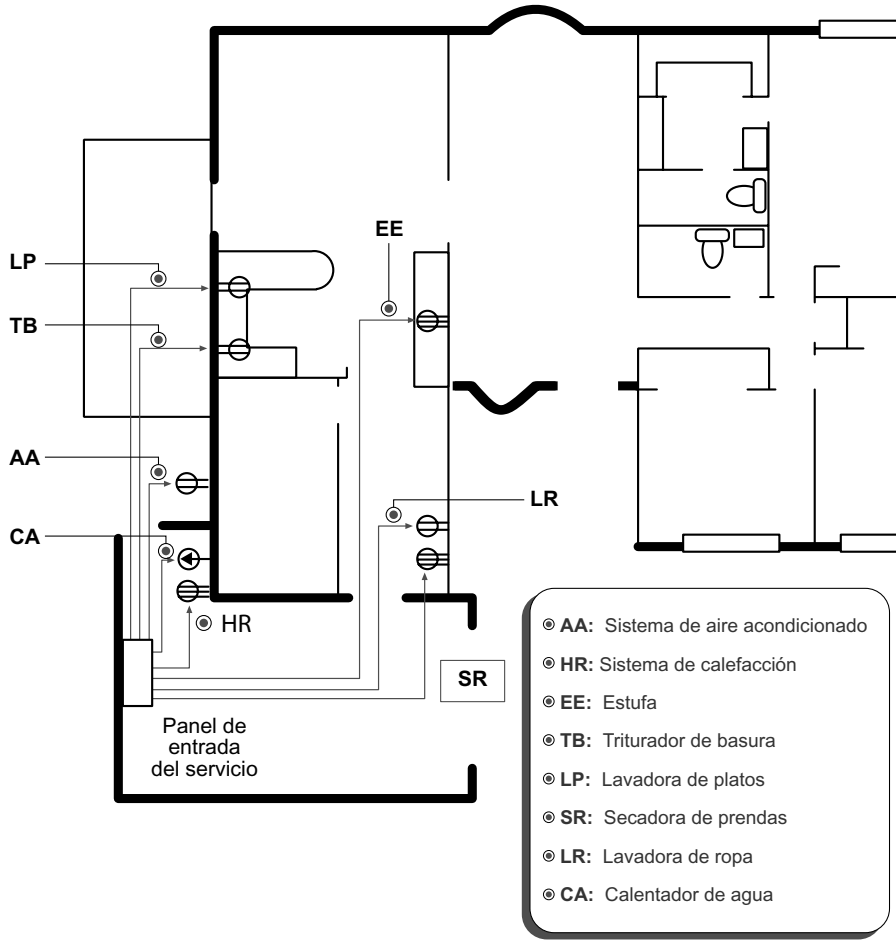


Figura 14



Los diagramas esquemáticos utilizados en instalaciones eléctricas pueden ser básicamente de tres tipos: **funcionales**, **multifilares** y **unifilares**. En la figura 16A tenemos como ejemplo el diagrama pictórico de conexiones de una lámpara; y en las figuras 16B a 16D, se muestran los diagramas funcional, multifilar y unifilar correspondientes.

Este circuito, al que denominaremos **punto de luz simple** porque está constituido por una sola lámpara, es el tipo de instalación más sencillo que existe.

Figura 15

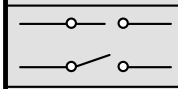
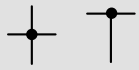
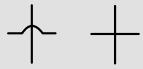
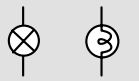
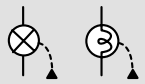
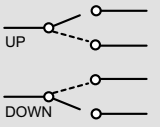
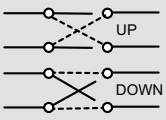
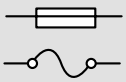
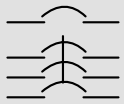
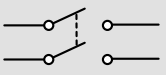
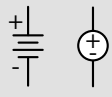
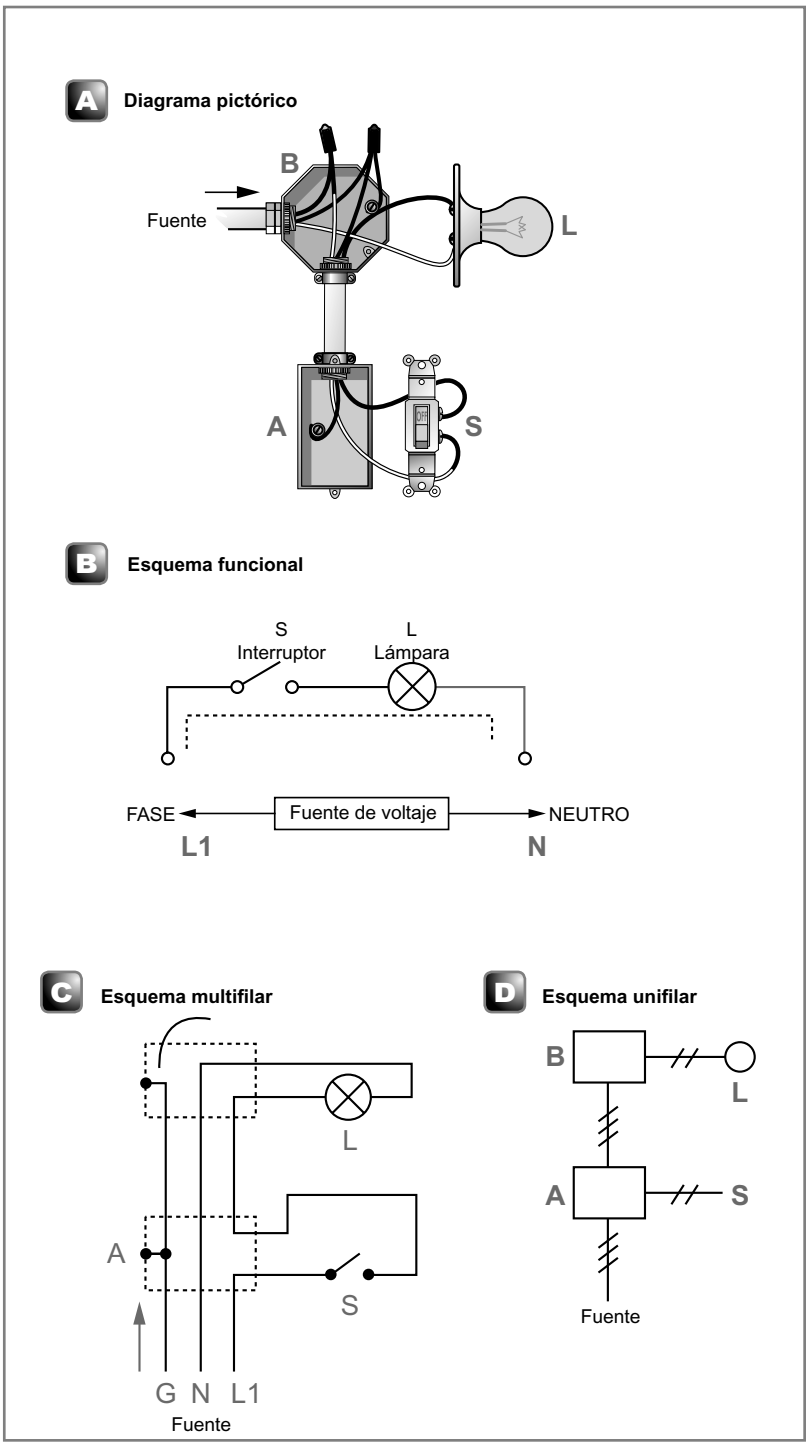
SÍMBOLO	NOMBRE
	Interruptor de un polo
	Alambre de conexión
	Alambres unidos
	Alambres no unidos (cruzados)
	Conexión a tierra
	Lámpara
	Lámpara con interruptor de cadena
	Interruptor de tres vías
	Interruptor de cuatro vías
	Fusible
	Breaker de un polo Breaker de tres polos
	Interruptor de dos polos
	Clavija monofásica con polo a tierra
	Fuente de corriente alterna
	Fuente de corriente continua

Figura 16



Los puntos de luz múltiples utilizan varias lámparas en paralelo.

El circuito utiliza un interruptor de un polo (S) como elemento de control, una lámpara (L) como carga, y alambres aislados como conductores. La tensión de alimentación es suministrada, por ejemplo, por un circuito derivado de propósito general de 120V; ella se encontrará disponible entre las líneas U (fase) y N (neutro), en tanto el interruptor principal de la instalación y el *breaker* del circuito derivado permanezcan cerrados.

Observe que el interruptor de la lámpara está conectado entre un extremo de la misma y la línea de fase. El otro extremo se encuentra conectado directamente al neutro.

Con el interruptor S en la posición OFF, el circuito está abierto; entonces, no hay circulación de corriente y la lámpara no enciende. Pero al colocar el interruptor en la posición ON, el circuito se cierra y entonces circula una corriente a través del interruptor, de los cables de conexión y de la lámpara; por lo tanto, el filamento de esta última se torna incandescente y emite luz.

La intensidad de esta corriente (I = V/ R) depende básicamente del voltaje aplicado (V) y de la resistencia del filamento (R).

Al colocar de nuevo el interruptor en la posición OFF, cesa la circulación de corriente y la lámpara deja de emitir luz.

Tampoco habrá circulación de corriente, en caso de que el filamento de la lámpara o cualquiera de los conductores estén abiertos (no obstante que el interruptor esté en ON). Y si se produce un cortocircuito entre los extremos de la lámpara (R = 0) y se cierra el interruptor, a través del circuito circulará una corriente muy alta.

En tales condiciones, y con el fin de abrir automáticamente el circuito defectuoso, el *breaker* asociado a la línea de fase de la instalación deberá dispararse; de lo contrario, el calor desarrollado en los conductores podría derretir el aislante e iniciar un incendio.

La representación multifilar (figura 16C) muestra esquemáticamente todos los empalmes y conexiones que deben realizarse en las cajas de derivación, así como los conductores que viajan a través de las canalizaciones. En este caso, A y B son, respectivamente, las cajas metálicas del interruptor y la lámpara. Las canalizaciones se hacen con tubo conduit de PVC. Observe la inclusión del conductor de tierra (G), omitido en el diagrama esquemático por no intervenir en el funcionamiento normal del circuito. Observe también que todas las cajas de derivación están conectadas al cable de tierra.

La representación unifilar (figura 16D) es una versión simplificada de la representación multifilar. En este tipo de esquema se utiliza una sola línea para indicar la presencia de varios conductores en una misma canalización o formando parte de un mismo cable. El número de conductores se indica mediante pequeños trazos inclinados, o mediante un solo trazo inclinado que incluye el número correspondiente. Los componentes (interruptores, lámparas, tomacorrientes, etc.) se representan con los mismos símbolos utilizados en los diagramas de planta.

Otros ejemplos de circuitos comunes

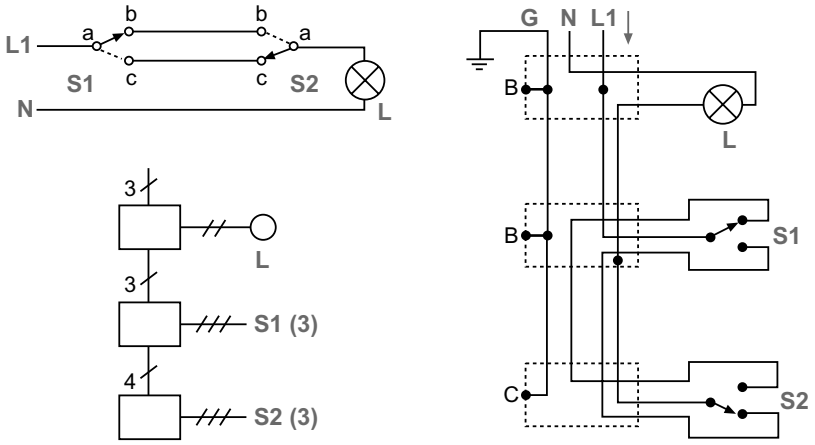
Para finalizar, en las figuras 17 y 18 se presentan otros ejemplos de representación de circuitos comunes.

El circuito que aparece en la figura 17 permite controlar un punto de luz simple desde dos sitios diferentes, digamos al comienzo y al final de una escalera o un pasillo. Este tipo de circuito, denominado comúnmente **sistema conmutable**, se basa en el uso de dos interruptores de tres vías (S1 y S2) ubicados sobre la línea de fase. El circuito se cierra únicamente cuando S1 y S2 están en la posición UP ("a" conectado con "b") o en la posición DOWN ("a" conectado con "c").

Por último, en la figura 18 se muestra un circuito que alimenta a un tomacorriente (E) y un punto de luz múltiple formado por dos lámparas (L1 y L2) conectadas en paralelo. Al cerrar el interruptor (S), el voltaje entre fase y neutro queda aplicado entre los puntos comunes de conexión X e Y de las lámparas, causando la circulación de una corriente a través de cada una y su conversión en luz. Al abrir el interruptor, cesa la circulación de corriente y las lámparas se apagan. El tomacorriente, por su parte, siempre está "caliente"; es decir, con voltaje disponible.

Lo que acabamos de explicar es un caso típico de aplicación de los circuitos paralelos en instalaciones eléctricas; permite repasar nuestros conceptos teóricos

Figura 17



sobre circuitos eléctricos aprendidos en el artículo anterior, y aplicarlos en el análisis de circuitos prácticos. Por ejemplo, supongamos que el circuito de la figura es parte de un circuito derivado de 120V y que utiliza como cargas una plancha de 1000W, unas lámparas de 100W (11) y una lámpara de 150W (L2).

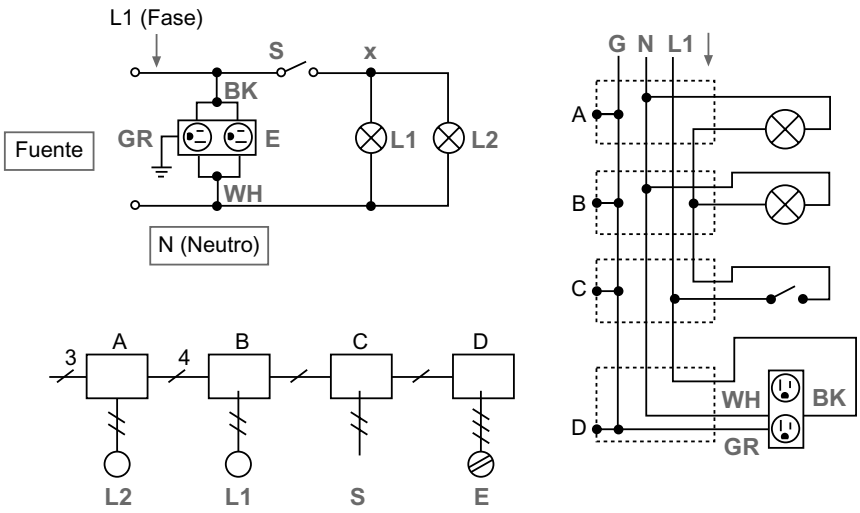
Esta situación se ilustra en la figura 19A. Veamos cómo se calcula la corriente que circula por cada carga y la corriente total absorbida por el circuito cuando el interruptor está cerrado y la plancha está conectada al tomacorriente. El primer paso es construir un diagrama esquemático como el que se muestra en la figura 19B. En esta representación, R1 corresponde a la resistencia de la lámpara L1, R2 a la resistencia de la lámpara L2 y R3 a la resistencia de la plancha. Asimismo, I1 es la corriente a través de R1, I2 la corriente a través de R2, I3 la corriente a través de R3 e IT la corriente total consumida por el circuito.

Para calcular con facilidad la corriente que circula por cada carga, apliquemos la fórmula que se indica en el recuadro 1.

Identificación de circuitos derivados

Antes de hacer modificaciones o reparaciones en el sistema eléctrico de una vivienda, es importante saber cómo está estructurado realmente y cómo se pueden identificar los fusibles o *breakers* asociados con cada uno de los tomacorrientes, interruptores, portalámparas y demás elementos eléctricos del mismo.

Figura 18



Recuadro 1

I = P/E o bien, A = W/V

P (W) es la potencia consumida por la respectiva carga, y E = 120V es el voltaje aplicado. Puesto que, en este caso, el voltaje de trabajo es igual al voltaje de diseño (120V), la potencia consumida por cada carga es igual a su potencia nominal. Por lo tanto, P = P1 = 100W para la lámpara 1; P = P2 = 150W para la lámpara 2, y P = P3 = 1000W para la plancha.

De este modo:

Corriente consumida por la lámpara 1:
I1 = P1/E → = 100/120 = 0.83A

Corriente consumida por la lámpara 2:
I2 = P2/E → = 150/120 = 1.25A

Corriente consumida por la plancha:
I3 = P3/E → = 1000/120 = 8.33A

La corriente total consumida por el circuito (IT) es simplemente la suma de las corrientes consumidas por las cargas. Esto es:
IT = I1 + I2 + I3 → 0.83 + 1.25 + 8.33 → 10.41A

Naturalmente, el *breaker* que protege al circuito debe tener una capacidad superior a este valor (digamos, 15A o 20A).

La corriente total puede ser calculada también mediante la siguiente relación:
IT = E/Reff

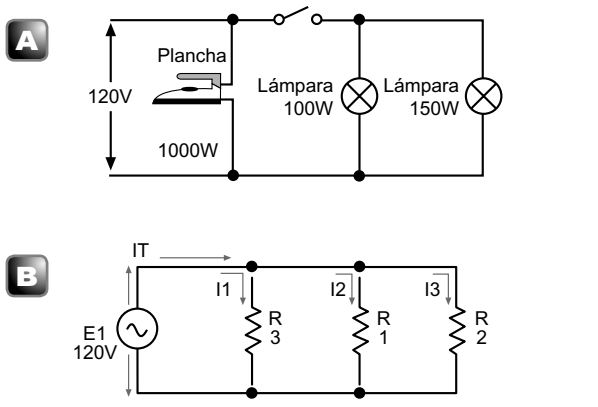
E = 120V, es el voltaje de trabajo; y Reff, la resistencia eficaz o efectiva el circuito. El procedimiento para calcular esta resistencia se explicó en el artículo anterior. La verificación se deja como ejercicio para el lector.

En otras palabras, usted debe disponer del plano eléctrico de la casa. Si este no es su caso, ejecute los siguientes pasos para descifrar la estructura de la instalación y obtener así un plano eléctrico básico de la misma (NOTA: Se toma en cuenta sólo una fase y un neutro, porque es lo que se acostumbra en las instalaciones realizadas en México):

Paso 1

Asegúrese de conocer el tipo de servicio que la compañía de electricidad suministra a la vivienda; es decir, verifique si es de dos conductores (fase y neutro) o cuatro conductores (tres fases y un neutro). Si tiene dudas, esta información aparece en la placa de datos del medidor (figura 20). Para nuestro ejemplo, asumiremos que se utiliza un servicio monofásico de dos conductores de 120V, obtenido de una red de distribución trifásica. Las mismas consideraciones son válidas para sistemas de 220V.

Figura 19



Paso 2

Asigne un número a cada fusible o *breaker* del centro de distribución (figura 21). Si su casa posee más de un

subpanel (figura 22), asegúrese de numerar todos los circuitos derivados.

Paso 3

Dibuje un mapa o un plano arquitectónico rudimentario de su casa, en donde muestre cada una de las áreas en que se divide la misma (figura 23). Incluya las habitaciones, los pasillos, el comedor, la sala, la cocina, el baño, la cochera, el sótano, etc. El plano que aparece en esta figura, corresponde a una vivienda.

Paso 4

Figura 20

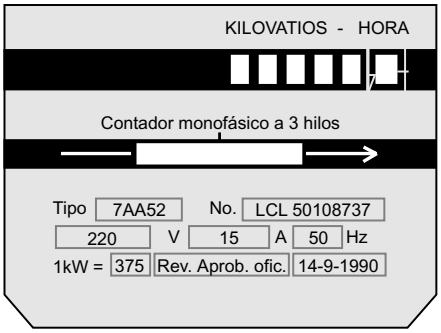


Figura 21

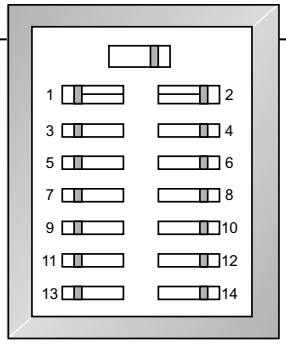


Figura 22

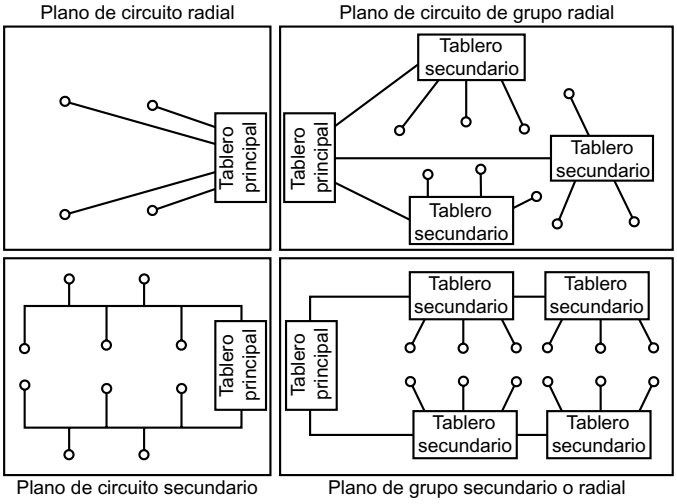
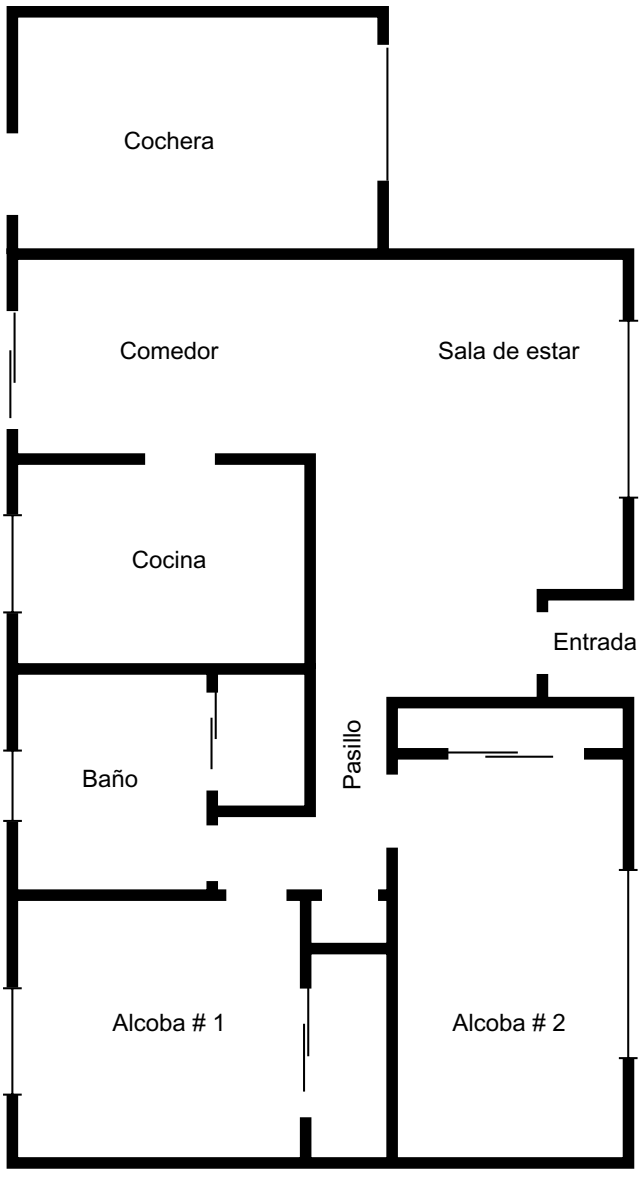


Figura 23

Plano arquitectónico de las principales áreas en que se divide una casa

Antes de trabajar en una instalación eléctrica, incluyendo la deducción de los circuitos derivados que la componen, es necesario conocer las características generales de construcción del edificio. De esta manera, el electricista puede visualizar los espacios disponibles para instalar los distintos elementos, tanto ocultos como visibles.



Mediante la simbología de diagramas eléctricos de planta presentada en este artículo (vuelva a ver la figura 12), indique en el plano anterior la localización aproximada de cada tomacorriente, portalámpara o interruptor. Algunos de estos símbolos se reproducen en la figura 24, para mayor comodidad.

Paso 5

Utilice una lámpara de mesa, una luz nocturna o cualquier otro artefacto luminoso que usted pueda transportar fácilmente alrededor de la casa, para conectarlo en cualquiera de los tomacorrientes de 120V (o de 220V, si tiene este servicio). Utilice también una linterna portátil, para tener acceso a áreas oscuras.

Por supuesto, es necesario que antes de usar esta linterna y el artefacto luminoso, usted compruebe que funcionan bien.

Paso 6

Ponga en posición de desconectado (OFF) todos los interruptores que controlan lámparas y tomacorrientes, así como los *breakers* que protegen los circuitos derivados. Mantenga el *breaker* principal (*main*) en posición de conectado (ON).

Paso 7

Ponga en posición de conectado (ON) el primer *breaker*. Los demás *breakers* deben permanecer en posición de desconectados (OFF).

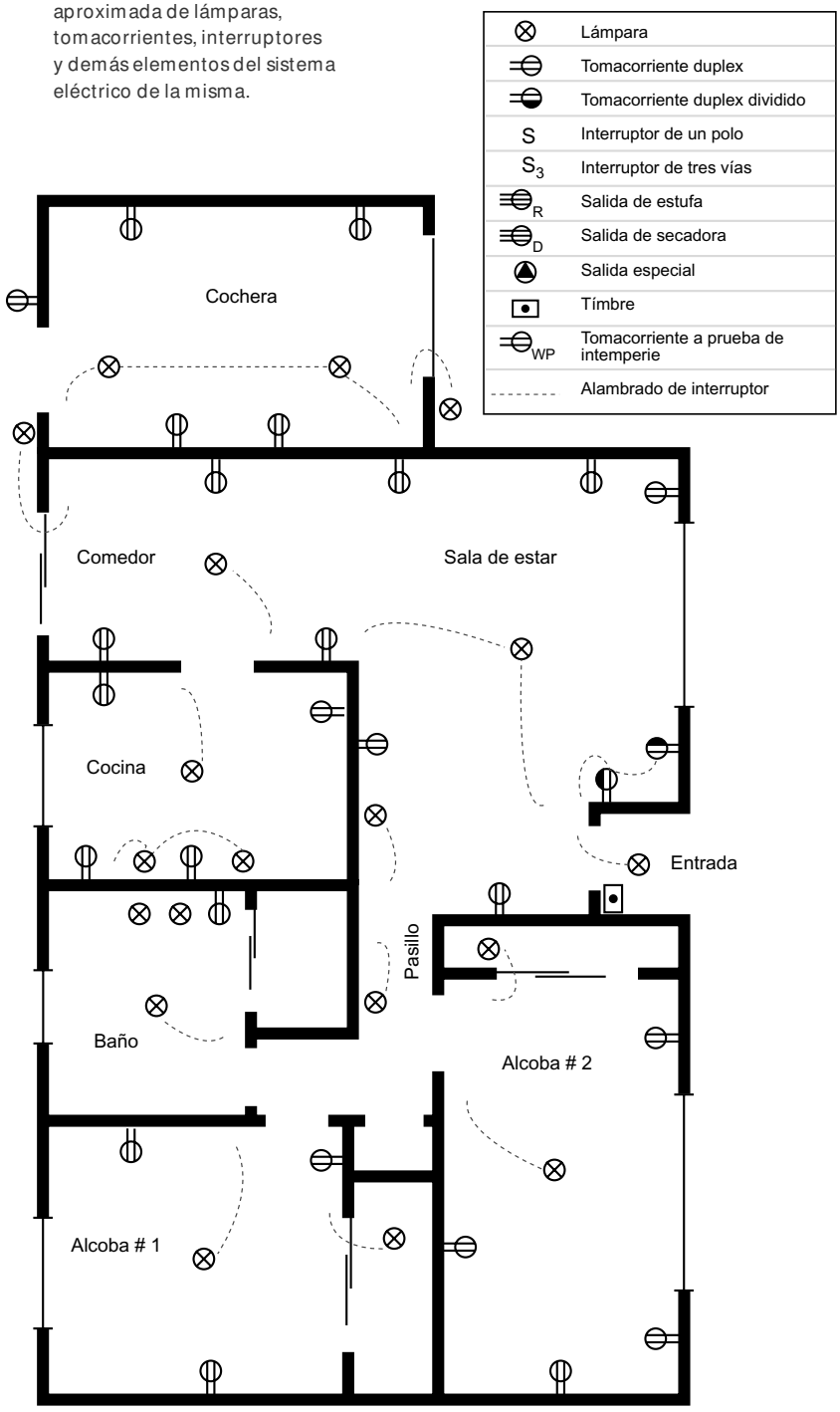
Paso 8

Recorra la casa, y vaya colocando en posición de encendido (ON) to-

Figura 24

Diagrama de planta de una casa

Observe la localización aproximada de lámparas, tomacorrientes, interruptores y demás elementos del sistema eléctrico de la misma.



dos los interruptores y conectando la lámpara en cada uno de los tomacorrientes.

Únicamente deben energizarse las lámparas y los tomacorrientes conectados al circuito derivado protegido por el *breaker* actualmente activo.

Escriba sobre el plano, cerca del símbolo de cada lámpara, interruptor y tomacorriente, el número del circuito; es decir, el asignado al *breaker*. Indique también, con líneas punteadas, el (los) interruptor (es) asociado(s) a cada lámpara.

Paso 9

Regrese al centro de distribución, ponga el *breaker* anterior en la posición de desconectado (OFF) y el siguiente *breaker* en posición de conectado (ON).

Paso 10

Repita el paso 7 para el circuito sujeto a prueba; y frente al símbolo de cada interruptor, tomacorriente o lámpara, escriba el número del *breaker* correspondiente.

En todos los casos, asegúrese de verificar con la lámpara de prueba ambas secciones de los tomacorrientes dúplex. Es probable que algunos de ellos sean divididos; es decir, que una de sus mitades esté controlada por un interruptor, y que la otra esté energizada directamente.

Paso 11

Repita los pasos 8 y 7 para cada uno de los circuitos derivados de 120V restantes.

Cuando haya terminado, tendrá en sus manos un mapa que le indicará cómo están distribuidos los circuitos derivados de su línea de alimentación eléctrica. Esto le resultará muy útil para futuras reparaciones en la instalación; por ejemplo, si necesita cambiar un apagador, un contacto, etc., en vez de bajar el interruptor general y dejar sin electricidad a toda la casa, podrá desactivar únicamente el *breaker* correspondiente; así podrá trabajar seguro, con mínimas afectaciones al resto de los habitantes de la misma.

Comentarios finales

Haga de cuenta que está buscando un tesoro; ¿qué necesita para encontrarlo? Sí, un mapa que dirija sus pasos. Traslade esto al trabajo relacionado con las instalaciones eléctricas, y verá que también se requiere de una guía que le indique el camino a seguir; que le diga, por ejemplo, dónde están los elementos que va a revisar.

Si carece de este "mapa", le será más difícil hacer la reparación o la modificación del sistema eléctrico; incluso, se expone a sufrir graves daños (descargas, caídas, golpes, etc.). Entonces, ¿por qué no hacer las cosas como se debe? Esto también implica que si es necesario reemplazar un tramo de cableado, respete los colores originales; que no se olvide de colocar su línea de tierra física en todas sus instalaciones; que piense siempre en la seguridad del usuario, imaginándose el peor de los escenarios (por ejemplo, que, estando descalzo y con los pies húmedos, quiera encender la luz). En fin, que trate de prevenir la mayor cantidad posible de accidentes; recuerde la Ley de Murphy: "Si algo puede salir mal, saldrá mal; e incluso lo que está diseñado para no ir mal, también irá mal".

No lo olvide, en cuestión de instalaciones eléctricas, es mejor prevenir que lamentar.

Continúa en el próximo número

Alternativas laborales

MINICURSO DE ELECTRICIDAD DOMÉSTICA

Tercera parte: Materiales y elementos eléctricos

Artículo elaborado por el equipo de Redacción, con base en materiales de CEKIT

La industria de la construcción eléctrica provee más de 200,000 diferentes tipos de dispositivos, materiales, accesorios, herramientas y otros componentes para hacer de la electricidad una actividad versátil y compleja a la vez. Por supuesto, no todos estos elementos se utilizan necesariamente al mismo tiempo; pero sí se requiere de un buen número de ellos, para realizar una instalación eléctrica típica.

En este artículo daremos un vistazo general a las principales características de algunos elementos comúnmente utilizados en instalaciones eléctricas domiciliarias de baja tensión: conduits, cajas, alambres, interruptores, breakers, etc.

Introducción

Las instalaciones eléctricas domiciliarias emplean una gran variedad de materiales y elementos para conducir, controlar, distribuir, interrumpir, canalizar y manipular, en forma segura y eficiente, la energía suministrada por la compañía de electricidad y llevarla hasta el último punto del edificio donde se requiere el servicio eléctrico.

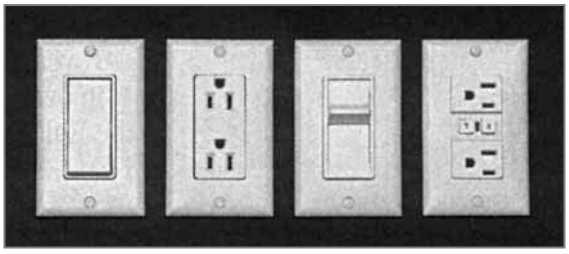
Muchos de estos elementos son visibles y accesibles al usuario. Pero otros están ocultos tras los muros, ductos, plafones, techos, pisos, etc.; entre ellos, los dispositivos de canalización, cajas y condulets, alambres, cables, ductos eléctricos (*busways*), interruptores, tomacorrientes, portalámparas, fusibles, disyuntores (*breakers*), interruptores diferenciales (GFCI), lámparas, motores, accesorios diversos.

Tipos de elementos

En general, los elementos de una instalación eléctrica pueden ser agrupados en las siguientes cuatro categorías básicas:

1. Los **dispositivos de canalización** son elementos mecánicos encargados de contener –y proteger con-

Figura 1



tra posibles daños producidos desde el exterior– a los cables, alambres y demás elementos de una instalación eléctrica. Además, facilitan su manipulación, reemplazo, revisión o mantenimiento. Dentro de esta categoría se incluyen los tubos de canalización (conduits), los cuerpos de canalización (condulets), los canales superficiales (*raceways*), las cajas de unión y las cajas de salida.

2. Los **dispositivos de alambrado** (figura 1) son elementos electromecánicos encargados de transportar la corriente, sin consumirla, a través de una instalación eléctrica. Dentro de esta categoría se incluyen los alambres, los cables, los ductos (*busways*), los interruptores, los tomacorrientes, los portalámparas, los fusibles, los disyuntores (*breakers*) y los interruptores diferenciales (GFCIs). Algunos de estos dispositivos simplemente llevan la electricidad de un punto a otro; otros cumplen funciones de control, protección, etc.
3. Los **dispositivos de salida** son elementos electromecánicos encargados de alimentar lámparas, motores, electrodomésticos y demás cargas de una instalación eléctrica. Dentro de esta categoría se incluyen los portalámparas y los tomacorrientes; estos últimos son dispositivos de alambrado, porque no consumen potencia; y son de salida, porque permiten que cargas consumidoras de potencia como las mencionadas, puedan conectarse o enchufarse a ellos.

   También se clasifican como **dispositivos de salida** las cajas que alojan a tomacorrientes y portalámparas.
4. Los accesorios o *fittings* son elementos que cumplen primariamente una función mecánica. Dentro de esta categoría se incluyen tubos, condulets, codos, tuercas, bujes, acopladores, niples, conectores de alambre, etc.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS DISPOSITIVOS DE CANALIZACIÓN, ALAMBRADO Y DE SALIDA

En las siguientes secciones se describen las características generales de algunos dispositivos de canalización, alambrado y de salida comunes, así como de sus principales accesorios. El estudio de los mismos se realiza en el orden en que normalmente son incorporados a una instalación eléctrica.

1. Conduits

En las instalaciones eléctricas, los alambres y cables corren generalmente por el interior de canalizaciones situadas dentro o fuera de las paredes (figura 2); y llegan a cajas donde se conectan entre sí o con interruptores, tomacorrientes, portalámparas, etc.

Como dispositivos de canalización, se utilizan principalmente los tubos conduit, los canales de montaje superficial y los electroductos (figura 3). En este artículo nos referiremos exclusivamente a los tubos conduit o caños, que son tubos metálicos o plásticos que se utilizan para contener y proteger de la humedad y el deterioro físico a los conductores de una instalación eléctrica. Los tubos metálicos se fabrican generalmente de acero, aluminio, zinc, etc., o de aleaciones de estos materiales; y los tubos plásticos o no metálicos, generalmente son de PVC (y algunas veces, de polietileno). Para mayor protección contra la corrosión, algunos tubos metálicos están revestidos internamente

Figura 2

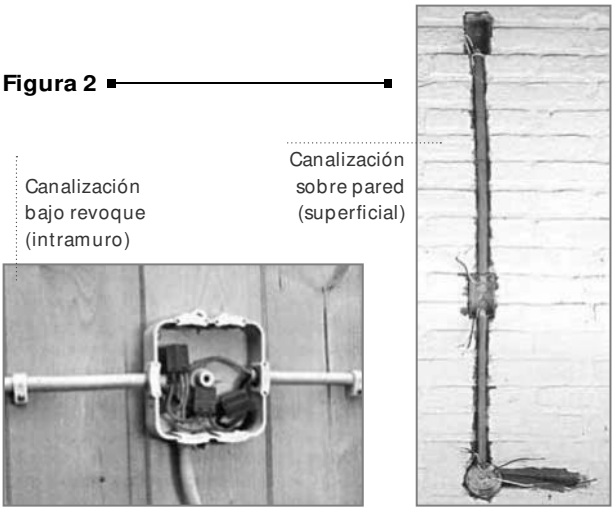
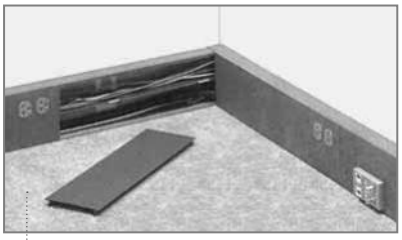


Figura 3

Tubo conduit



Canal de superficie

Electroducto

con un forro aislante de papel impregnado; o externamente, con una cubierta de plomo.

Actualmente, las instalaciones eléctricas residenciales, comerciales e industriales utilizan uno o más de los siguientes tipos de tubos conduits (figura 4):

Conduit de pared gruesa, tanto de acero como de aluminio

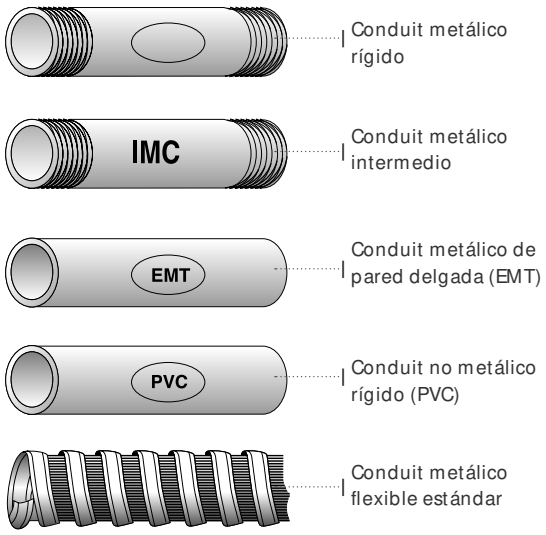
Tiene rosca en ambos extremos. Las versiones en acero pueden ser galvanizadas o esmaltadas.

Los tubos galvanizados (GRCs) se usan en instalaciones interiores y exteriores, ya sea visibles u ocultas en concreto o mampostería; también pueden usarse enterrados en el suelo o empotrados en concreto, directamente o protegidos.

Los tubos esmaltados (negros) se emplean principalmente en instalaciones ocultas, debido a que se oxidan si son expuestos a la intemperie.

Los tubos rígidos de aluminio pueden ser utilizados para las mismas aplicaciones de los conduits rígidos de acero; a diferencia de éstos, son más livianos, resistentes a la corrosión y fáciles de instalar; pero no son a prueba de explosiones (no se recomienda enterrarlos directamente ni empotrarlos en concreto, porque reaccionan químicamente con el medio ambiente).

Figura 4



Conduit metálico intermedio (IMC)

Por su construcción, es similar al conduit de pared gruesa; además, se instala de la misma forma y tiene las mismas aplicaciones. La principal diferencia radica en que sus paredes son más delgadas; y que, por lo tanto, tiene un mayor volumen interno. Al menos en teoría, esto permite acomodar más conductores que en un tubo ordinario; pero esto no es permitido por las normas.

Conduit de pared delgada o EMT (tubería eléctrica metálica)

Es liso, carece de rosca y comparativamente más liviano y fáci1 de usar que el tubo de pared gruesa. Por esta razón, es ampliamente utilizado en el campo de la construcción eléctrica; especialmente para instalaciones interiores, tanto visibles como ocultas en concreto o mampostería. No es adecuado para lugares húmedos o donde puedan quedar expuestos a agentes químicos corrosivos como ácidos, sales, etc.

Tampoco debe roscarse porque pierde su resistencia mecánica.

Conduit flexible metálico

Se fabrica en forma de una cinta helicoidal de aluminio o acero galvanizado. Se utiliza en instalaciones interiores, tanto visibles como ocultas en muro o ladrillo; y en situaciones donde la instalación de conduit rígido es impráctica.

No se recomienda para lugares húmedos o donde esté expuesto al daño mecánico o a la corrosión.

Tampoco debe enterrarse directamente en el suelo. Con frecuencia, se emplea en instalaciones industriales como tramo final para la conexión de motores eléctricos.

Conduit metálico flexible resistente a líquidos

Por su construcción, es similar al conduit flexible metálico estándar, excepto por la adición de una chaqueta exterior no metálica, generalmente de PVC. Se utiliza sobre todo como tramo final de conexión de sistemas de aire acondicionado y otros equipos instalados en exteriores y expuestos a la intemperie. Como la chaqueta plástica no es resistente a la abrasión, este tipo de conduit no debe ser utilizado en situaciones donde puede estar en contacto con partes móviles o conductores calientes.

Conduits de plástico, o simplemente tubos de PVC

Generalmente son lisos (sin rosca) y pueden ser curvados manualmente o en caliente. Tienen las mismas aplicaciones que los tubos de acero o de aluminio, pero no están expuestos a daños mecánicos, temperaturas excesivas, agentes químicos nocivos o a la penetración de agua. También pueden instalarse enterrados, directamente o protegidos con una capa delgada de concreto.

Se utilizan frecuentemente en instalaciones eléctricas residenciales, por su bajo costo y facilidad de manejo.

Los tubos conduit se especifican de acuerdo con su diámetro interno; normalmente, se fabrican en tamaños desde ½ pulgada (13mm) hasta 6 pulgadas (152mm).

El tamaño de conduit requerido en una situación particular, depende básicamente del número de conductores canalizados y de sus calibres. En el caso de conduits de pared delgada, el máximo diámetro recomendable es de 2 pulgadas (51mm). Para conduit metálico intermedio y tubos metálicos flexibles o de aluminio, el límite es de 4 pulgadas (102mm).

Los tubos de pared gruesa y de PVC no tienen restricciones al respecto.

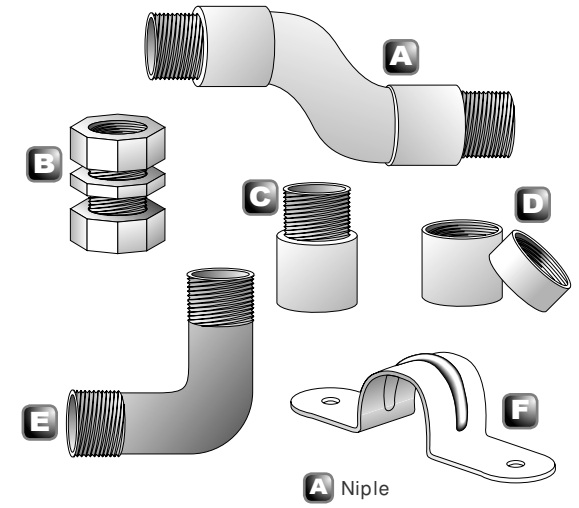
Accesorios para conduit

Los conduits se conectan entre sí o a las cajas, ductos y gabinetes, mediante accesorios de unión especiales como acopladores, adaptadores, codos o niples (según el tipo de tubo y la situación particular de empalme presentada). Y una vez que se instalan, los conduits deben ser asegurados a las estructuras y mantenidos firmemente en su lugar; para ello se utilizan accesorios de fijación como cintas, grapas, anillos, mordazas, abrazaderas, grapas, ganchos, etc.

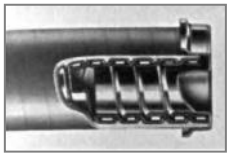
En la figura 5 se muestran algunos ejemplos de accesorios para conduits metálicos y no metálicos:

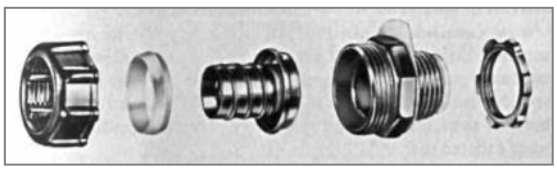
- Los acopladores o cuplas se utilizan para unir entre sí tubos o codos del mismo tamaño, directamente o con la ayuda de adhesivos, tornillos, arandelas, etc. Los acopladores para conduit PVC son lisos por dentro, mientras que los de conduit GRC o de aluminio están internamente roscados en toda su extensión.
- Para conduit GRC se dispone también de acopladores de compresión, de fijación por tornillo y dentados, los cuales proporcionan una conexión más

Figura 5



A Niple
B Acoplador de compresión
C Adaptador macho
D Acoplador estándar
E Codo de 90°
F Grapa





firme y hermética que los acopladores estándares. Los acopladores de PVC se fijan a los tubos o codos mediante adhesivos especiales.

- Los adaptadores hembras se utilizan para acoplar conduit PVC a conduit EMT, GRC o de aluminio. Su aspecto es muy similar al de los acopladores, aunque una mitad es roscada en su interior y la otra es un acoplador estándar. Los adaptadores machos se utilizan para conectar conduit PVC a cajas de unión; en este caso, la primera mitad es un acoplador estándar y la otra es roscada en su exterior. La fijación a la caja se realiza con una tuerca. El extremo roscado también puede conectarse a un acoplador de conduit GCR.
- Los codos o curvas son segmentos predoblados de conduit que se utilizan para realizar giros en el sentido regular de las canalizaciones. Se fabrican para todos los tamaños de conduit con inclinaciones estándares de 90º, 45º y 30°. Para obtener otros ángulos debe utilizarse una herramienta denominada **dobladora de conduit**.

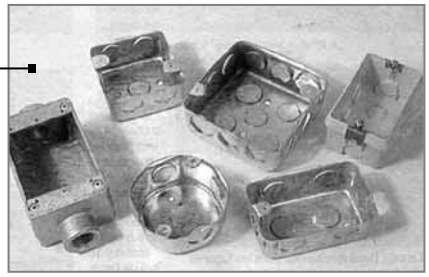
  En el caso de tubos de PVC, la dobladora calienta el tubo de modo que adquiera una textura flexible.
- Los niples son segmentos de conduit roscados total o parcialmente en su parte exterior; directamente o con la ayuda de tuercas, boquillas roscadas y/o bujes especiales, se utilizan para unir entre sí cajas de conexión o a extremos de tubos y acopladores.

  Pueden ser rectos o en forma de S. Estos últimos, denominados también **conectores offset**, pueden venir roscados en sus extremos por dentro o por fuera; se emplean para unir tramos de tubos no alineados.

2. Cajas

Los conductores de una instalación eléctrica corren por el interior de los conduits y llegan a cajas plásticas o metálicas (figura 6), en las cuales se alojan los interruptores, tomacorrientes, portalámparas y demás dispositivos de alambrado de la instalación, o simplemente las uniones de unos cables con otros. En el primer caso se habla de **cajas de salida**, y en el segundo de **cajas de unión o de paso**.

Figura 6



En instalaciones eléctricas también se utilizan cajas y gabinetes de construcción especial para alojar contadores, transformadores, fusibles, *breakers* y otros dispositivos eléctricos dedicados.

Generalmente, las cajas utilizadas en instalaciones eléctricas son metálicas y se fabrican de acero o hierro galvanizado. Para ciertas aplicaciones se aceptan cajas fabricadas de material aislante, tal como plástico o porcelana.

Estas aplicaciones incluyen instalaciones visibles sobre aisladores, instalaciones con cables de envoltura no metálica (encauchetado, Romex, etc.) e instalaciones con conduits de PVC o polietileno.

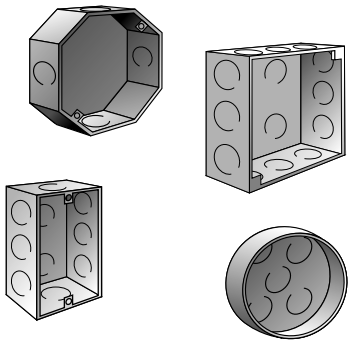
Por ahora nos referiremos exclusivamente a las cajas metálicas, mismas que se especifican por su volumen o sus dimensiones geométricas y el diámetro de los tubos conduit que pueden admitir. El acceso de este último (o del cable, si no se utiliza canalización) se realiza a través perforaciones removibles ubicadas a los lados y en el fondo de las cajas; éstas disponen también de orejas roscadas para permitir la fijación de dispositivos o cubiertas, así como de soportes (*brackets*) y otros recursos para facilitar su fijación a muros, techos, columnas, etc., mediante tomillos o clavos, cuando se utilizan en instalaciones visibles.

Diseño de las cajas metálicas

Las cajas metálicas se ofrecen en cuatro presentaciones básicas: cuadradas, rectangulares, octagonales y redondas (figura 7). Enseguida las explicamos por separado:

- Las cajas cuadradas sirven para realizar uniones o derivaciones y para alojar dispositivos de alambrado dobles; por ejemplo, dos tomacorrientes dúplex o un tomacorriente y un interruptor. Normalmente, se fabrican con capacidades de 21, 22.5, 30.3 o 42.0

Figura 7



Tipo de caja	Tamaño	Número de conductores			
		#14	#12	#10	#8
Octogonal	4" x 1 1/4"	6	5	5	4
	4" x 1 1/2"	7	6	6	5
	4" x 2 1/8"	10	9	8	7
Cuadrada	4" x 1 1/4"	9	8	7	6
	4" x 1 1/2"	10	9	8	7
	4" x 2 1/8"	15	13	12	10
	4 11/16" x 1 1/4"	12	11	10	8
	4 11/16" x 1 1/2"	14	13	11	9
Rectangular	3" x 2" x 2 1/4"	5	4	4	3
	3" x 2" x 2 1/2"	6	5	5	4
	3" x 2" x 2 3/4"	7	6	5	4
	3" x 2" x 3 1/2"	9	8	7	6

pulgadas cúbicas y para diámetros de tubo desde ½ pulgada hasta 1 ¼ pulgadas o combinaciones de los mismos. Vienen en tamaños de 4 o 4 11/16 pulgadas de lado, y profundidades de 1 ¼, 1 ½ o 2 1/8 pulgadas.

- Las cajas rectangulares, algunas veces llamadas **chalupas**, se utilizan para fijar interruptores y tomacorrientes sencillos. Normalmente, se fabrican con capacidades de 10.3, 12.5, 13.0, 14.5, 18.0 o 18.8 pulgadas cúbicas y para diámetros de tubo de ½, ¾, o ambos. Vienen en tamaños de 4 o 4 1/8 pulgadas de largo, 2 1/8 de ancho y 1½, 1 7/8 o 2 1/8 de profundidad.
- Las cajas octogonales se utilizan principalmente para salidas de alumbrado (lámparas y candiles). Se fabrican con capacidades de 11.8, 15.8 o 22.5 pulgadas cúbicas y para diámetros de tubo de ½ o, o ambos. Vienen en tamaños de 4, 3 ¼ ó 3 ½ pulgadas de diámetro y profundidades de 1, 1 ½ o 2 1/8 pulgadas.
- Las cajas redondas pueden servir como salidas de alumbrado o como cajas de paso. Por lo general, son de 3 ½ o 4 pulgadas de diámetro y tienen una profundidad de solamente ½ pulgada.

  Esto último las hace particularmente adecuadas para realizar trabajos de remodelación o cuando las limitaciones de espacio no permiten el uso de una caja más profunda. Con excepción de estos casos, son poco utilizadas en las instalaciones modernas.

  Normalmente, tienen cuatro agujeros en el fondo: dos que aceptan tubos de ½ pulgada y dos que aceptan tubos de ¾ pulgada.

Todas las cajas anteriores pueden adaptarse a anillos de extensión adecuados (figura 8), con el fin de aumentar su capacidad nominal. Por ejemplo, los anillos para cajas de 4 pulgadas; pero los más comunes son de 1 ½ pulgadas de profundidad, que proporcionan 15.8 pulgadas cúbicas de capacidad interior adicional.

3. Condulets

Un tipo especial de cajas, desarrolladas especialmente para instalaciones de conduit expuesto, son los **cuerpos** o **condulets** (figura 9). Estos elementos permiten interconectar tramos de tubo, efectuar cambios de dirección, realizar empalmes, soportar componentes y, en general, distribuir adecuadamente el alambrado de los circuitos derivados desde el centro de carga hasta los distintos elementos de la instalación. Dependiendo de su función, pueden ser **de unión** (que se utilizan para realizar conexiones) o **de salida** (sirven para acomodar dispositivos de alambrado).

Condulets de unión *(figura 10)*

Según su función y forma, se designan como de tipo C, E, LB, LR, LL, T, TB, TA o X.

Los condulets de tipo C se utilizan para realizar empalmes; los de tipo E para realizar terminaciones; los

Figura 8

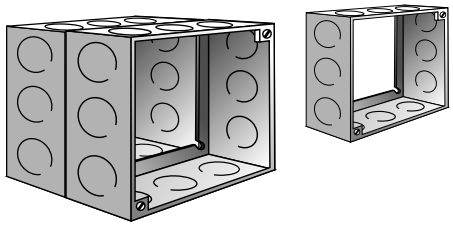


Figura 9

de tipo LB, LR y LL para realizar cambios de dirección de 90°; y los de tipo T, TB, TA y X para realizar derivaciones a 90° de la canalización principal.

Una vez realizadas las conexiones en su interior, los condulets de unión deben taparse con cubiertas y empaques especiales que los protegen contra la corrosión y la lluvia.

Condulets de salida (figura 11)

Pueden ser de tipo FS (superficial) o FD (profundo); el volumen interno de este último es 33% mayor que el del primero.

Ambos estilos se utilizan tanto para acomodar dispositivos de alambrado como para empalmar, derivar y jalar conductores. Vienen con aberturas roscadas, (*hubs*) para permitir su conexión directa a conduits de pared gruesa e IMC; y con empaques bajo las cubiertas, para protegerlos de la humedad. Se ofrecen en varias versiones, dependiendo del número de aberturas y de su orientación (FSC, FDL, FSR, FDA, FDCC, FSS, FDCT, FSX, FD-2, etc.).

Figura 10

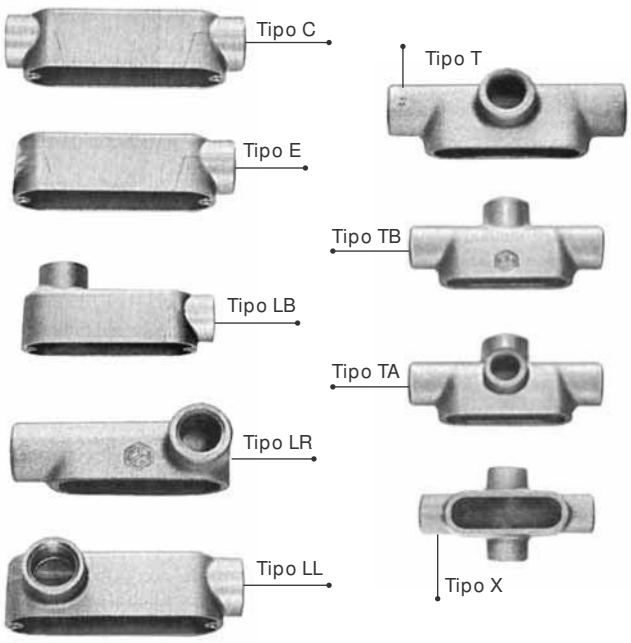
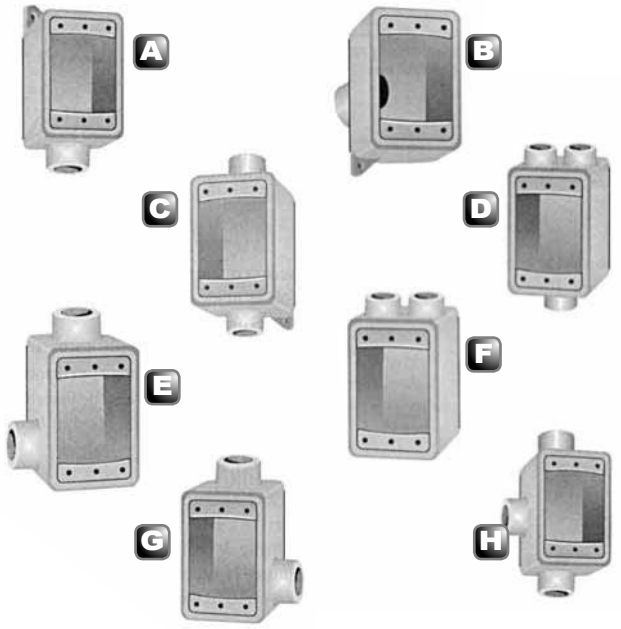


Figura 11



A Caja FS o FD sencilla
B Caja FSA o FDA sencilla
C Caja FSC o FDC sencilla
D Caja FSCC o FDCC sencilla
E Caja FSL o FDL sencilla
F Caja FSS o FDSS sencilla
G Caja FSR o FDR sencilla
H Caja FSCCT o FDCT sencilla

4. Conductores

Son los elementos que llevan la corriente a través de los circuitos que constituyen una instalación eléctrica. Pueden ser alambres o cables, dependiendo de sí están formados por uno o más hilos metálicos.

También se consideran como conductores los cordones eléctricos, las barras colectoras de los tableros de distribución y, en general, cualquier forma de metal de muy baja resistencia adecuada para transportar la corriente eléctrica (figura 12). En este artículo nos referiremos exclusivamente a los alambres y a los cables.

Los hilos metálicos que constituyen un alambre o un cable, generalmente son de cobre o aluminio y pueden tener o no una capa aislante de plástico, PVC, goma, hule, etc. Este aislamiento garantiza que el flu-

Figura 12

jo de corriente se realizará exclusivamente a través del conductor.

Además de la capa protectora de cada conductor, los cables poseen una cubierta exterior que los protege de la humedad, la contaminación, y otros agentes.

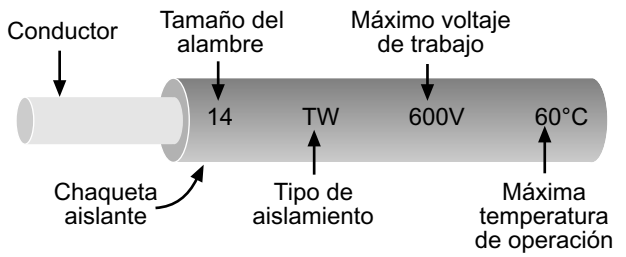
Por otra parte, aunque los alambres y cables de cobre son más costosos que los de aluminio, son los preferidos por los diseñadores de instalaciones eléctricas; se debe a que conducen mejor la electricidad, poseen una mayor resistencia mecánica y presentan menos problemas de corrosión.

Los conductores de aluminio se utilizan principalmente para acometidas y otras aplicaciones que exigen conductores de gran tamaño. El uso del aluminio ha crecido en los últimos años, como resultado de la escasez de minas de cobre en el mundo.

5. Alambres

Son estructuras formadas por un conductor individual de cobre o aluminio (**alma**), generalmente protegido por un material aislante (figura 13). Los alambres se designan generalmente por su **calibre**, que es un número que especifica el diámetro del conductor desnudo (sin aislamiento) y, por lo tanto, su área transversal. En la tabla 1 se especifican los calibres de algunos conductores comunes, según el sistema AWG (*American Wire Gauge*), de uso generalizado en Estados Unidos y otros países de América.

Figura 13



El número AWG disminuye, a medida que aumenta el diámetro del alambre (y viceversa). Por ejemplo, el diámetro de un alambre del número 14 es de 0.064 pulgadas; los alambres más delgados son los que tienen los números 16, 18, 20 (y así sucesivamente, hasta el 50); los alambres más gruesos son los que tienen los números 12, 10, 8 (y así sucesivamente, hasta el 0 o 1/0); después del 1/0, siguen el 2/0 (00), el 3/0 (000) y el 4/0 (0000). Los conductores de más de 4/0 se especifican por el área de su sección transversal, utilizando un sistema denominado KCM.

La mayor parte de las instalaciones eléctricas residenciales, industriales y comerciales se realizan con alambres de cobre de calibre 14 a 4/0.

Los alambres con calibre desde el 50 hasta el 20 se utilizan en la fabricación de equipos eléctricos de todo tipo. Los números 18 y 16 se utilizan para cordones flexibles, sistemas de señalización y otras aplicaciones de baja corriente.

En la figura 14 se comparan los tamaños relativos de las secciones transversales de varios calibres comunes de alambre de cobre.

Tabla 1

CALIBRE	SECCION		DIAMETRO	
A.W.G.	C.M.	mm^2	PULG.	mm
20	1022	0.5176	0.3196	0.813
18	1624	0.8232	0.04030	1.024
16	2583	1.3090	0.05082	1.291
14	4107	2.0810	0.06408	1.628
12	6530	3.3090	0.08081	2.053
10	10380	5.2610	0.1019	2.588
8	16510	8.3670	0.1285	3.264
6	26250	13.3030	0.1620	4.115
4	41470	21.1480	0.2043	5.189
3	52630	26.6700	0.2294	5.827
2	66370	33.6320	0.2576	6.543
1	83690	42.4060	0.2893	7.348
0	105500	53.4770	0.3249	8.252
00	133100	67.4190	0.3648	9.266
000	167800	85.0320	0.4096	10.403
0000	211600	107.2250	0.4600	11.684

1 MIL = 0.054 mm
CM = CIRCULAR MIL.
1 CM = 0.005067 mm^2

Tipo de aislamiento

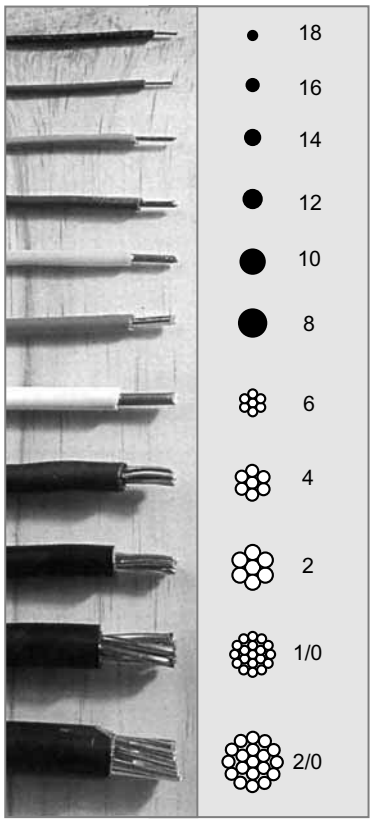
El tipo de aislamiento utilizado por un alambre se especifica mediante un código literal que hace referencia a su composición y propiedades. Se habla así, de aislantes tipo TW, THWN, RHH, RUW, etc., dependiendo de si son termoplásticos (T), de hule (R), de nylon (N), resistentes al calor (H, HH), resistentes al agua (W), etc. Los más utilizados en instalaciones eléctricas son los termoplásticos. En la tabla 2 se especifican las características de algunos aislantes comunes para conductores eléctricos.

Los alambres se seleccionan de acuerdo con varios criterios; el más importante, es la **ampacidad**, es decir, la máxima cantidad de corriente que el conductor puede transportar en forma eficiente y segura, sin sobrecalentarse ni causar una excesiva caída de voltaje.

La ampacidad depende principalmente del diámetro del conductor, del tipo de aislamiento, del tipo de metal, de la longitud del circuito, del número de conductores por conduit y de la temperatura ambiente.

Por ejemplo, los alambres gruesos o con aislamiento termoplástico pueden transportar más corriente que

Figura 14



Secciones transversales de conductores de cobre

Tabla 2

Nombre comercial	Tipo	Temp. Max (°C)	Material aislante	Cubierta exterior	Ubicación
Hule resistente al calor	RH	75	Hule resistente al calor	Resistente a la humedad, retardadora de la flama	Locales secos
Hule resistente al calor	RHH	90	Hule resistente al calor	Resistente a la humedad, retardadora de la flama	Locales secos
Termoplástico resistente a la humedad	TW	60	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de flama	Ninguna	Locales húmedos y secos
Termoplástico resistente al calor	THHN	90	Termoplástico resistente al calor, retardador de la flama	Nylon o equivalente	Locales secos
Termoplástico resistente al calor y a la humedad	THW	75	Termoplástico resistente al calor y a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Locales secos
		90		Ninguna	Aplicaciones especiales dentro de equipos de alumbrado. Limitados a 1,000V o menos
Termoplástico resistente al calor y a la humedad	THWN	75	Termoplástico resistente al calor y a la humedad retardador de la flama	Nylon o equivalente	Locales húmedos y secos
Polietileno vulcanizado resistente al calor y a la humedad	XHHW	75	Polietileno vulcanizado, retardador de la flama	Ninguna	Locales húmedos
		90			Locales secos

los alambres delgados o con aislamiento convencional. Asimismo, a medida que aumenta el número de conductores dentro de un tubo de conduit o cualquier otro tipo de canalización, disminuye la ampacidad permitida para cada conductor individual. En la tabla 3 se especifican las ampacidades de algunos conductores aislados de cobre comunes.

Los revestimientos de los alambres para instalaciones eléctricas se ofrecen en varios colores, con el fin de facilitar su identificación. En particular, las normas americanas (ASA) exigen reservar los colores blanco y verde para identificar al neutro y a la tierra, respectivamente. Los conductores que llevan corrientes de fase pueden ser negros, rojos o, en general, de cualquier color distinto al blanco o al verde. En las normas europeas, los conductores neutros deben ser de color azul y los de tierra de color verde/ amarillo (verde con bandas amarillas).

6. Cables

Los cables son estructuras formadas por dos o más conductores aislados, que se agrupan dentro de una envoltura exterior metálica o no metálica que actúa como chaqueta de protección y canalización. El término "cable" se utiliza también para referirse a alambres de calibre superior al 4/ 0, o a alambres que se entierran directamente en la tierra o que tienen otros propósitos especiales.

Tabla 3

Tamaño del alambre	Tipo de aislamiento	Ampacidad
14	TW, THW, THWN	15
12	TW, THW, THWN	20
10	TW, THW, THWN	30
8	TW	40
8	THW, THWN	45
6	TW	55
6	THW, THWN	65
4	TW	70
4	THW, THWN	85
2	TW	95
2	THW, THWN	115
1	THW, THWN	130
2 / 0	THW, THWN	175

En la figura 15 se muestran algunos ejemplos de cables multiconductores de uso común en instalaciones eléctricas. Cada tipo de cable tiene una aplicación específica:

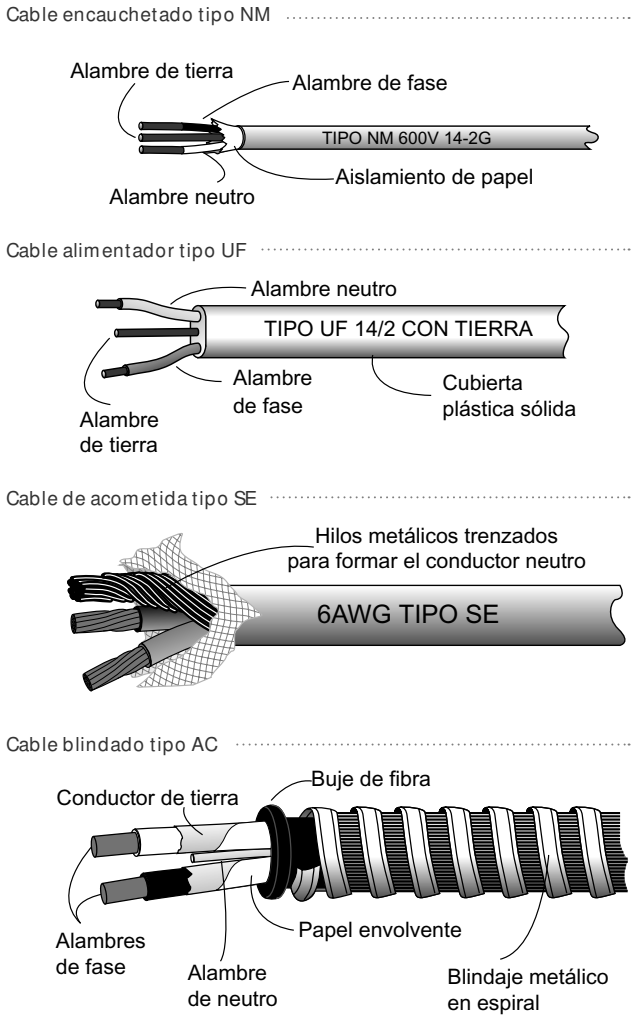
- Los cables de tipo **NM** y **NMC** están formados por dos o tres conductores aislados, con o sin alambre de tierra, encerrados dentro de una chaqueta termoplástica o de fibra tejida resistente a la humedad y a la llama. En los cables tipo NM, los alambres están individualmente forrados con una capa espiral de papel; y en los cables tipo NMC, están embebidos en un plástico sólido, sin ningún tipo de material absorbente de humedad entre ellos. El cable tipo NM se especifica para sitios siempre secos, mientras que el cable NMC puede usarse indistintamente en locaciones secas o húmedas.
- El cable **tipo UF** tiene una apariencia similar a la del cable NMC, e incluso puede usarse con los mismos propósitos; y aunque cuesta un poco más que éste, tiene la ventaja adicional de que puede ser enterrado directamente en el suelo si viene acompañado por un dispositivo de protección contra sobrecorriente (fusible o *breaker*) en su punto de arranque.
  El cable UF no debe ser utilizado como cable de acometida; para ello se recomienda usar el cable **tipo SE**, en el que el conductor neutro se forma a partir de los hilos desnudos que rodean a los conductores aislados.
- El cable **tipo AC**, también conocido como **cable blindado** o **BX**, está formado por dos o más alambres de cobre aislados envueltos individualmente en capas espirales de papel kraft y protegidos por una chaqueta exterior, también espiral, de acero galvanizado o aluminio. Esta última actúa como blindaje a tierra, y el papel protege a los alambres contra la abrasión. Para mejorar la capacidad de aterrizaje del blindaje metálico, el cable tipo AC está recubierto internamente por una banda desnuda de aluminio que corre de forma paralela a los alambres. Se emplea en locaciones interiores secas.

Los cables vienen marcados desde fábrica con el calibre y número de alambres que contienen; por ejemplo, un cable con la designación "14-2", contiene dos

alambres número 14; un cable con la designación "12-3", contiene tres alambres número 12; y así por el estilo. Asimismo, un cable con la designación "14-2 G" o "14/ 2 G" es un cable formado por un alambre de tierra (aislado o desnudo) y dos alambres aislados calibre número 14. Además de estas designaciones, los fabricantes especifican también el tipo de uso (UF, NM, etc.) y la máxima tensión de trabajo (600V, 5000V, etc.).

Los cables, al igual que los alambres, se seleccionan de acuerdo con diversos criterios; los más importantes son la ampacidad (máxima intensidad de corriente a transportar), el tipo de aislamiento, la tensión nominal, la caída de tensión máxima, el método de instalación (dentro de paredes o muros, sobre aisladores, enterrados, etc.) y las condiciones ambientales (humedad, temperaturas extremas, presencia de hidrocarburos, etc.).

Figura 15



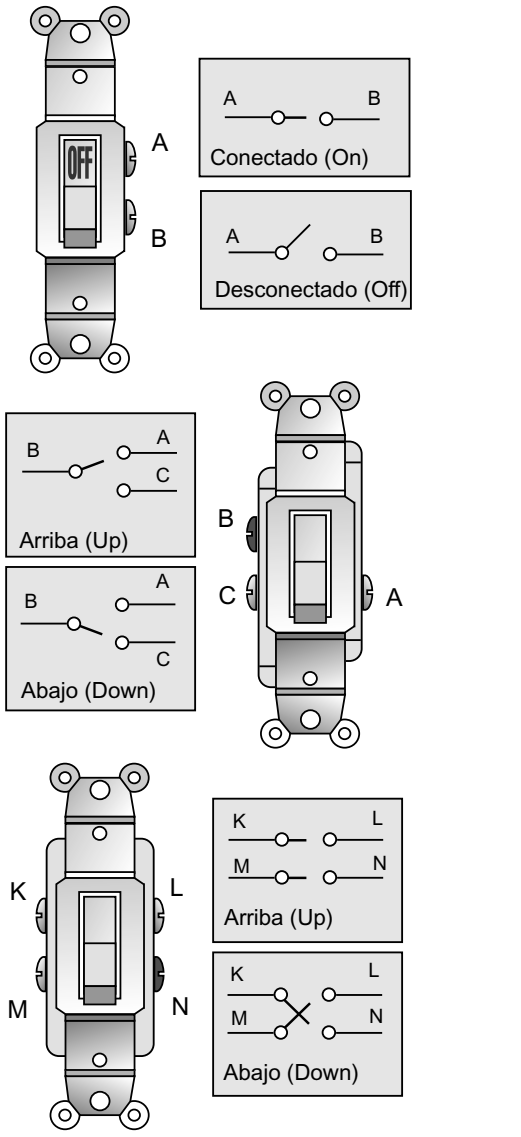
7. Interruptores

El propósito de un interruptor es permitir, de forma segura y conveniente, la apertura y el cierre de un circuito eléctrico.

Los interruptores se utilizan en las instalaciones eléctricas, para controlar manualmente luces, motores y otras cargas. También existen interruptores que se activan de modo automático, mediante la luz, calor, presión, movimiento, magnetismo, corriente y otras variables. En este artículo nos referiremos exclusivamente a los **interruptores electromecánicos.**

Los interruptores se designan por su número de polos (P) y de posiciones (T). Los **polos** se refieren al nú-

Figura 16



mero máximo de conductores que el interruptor puede controlar; y las **posiciones** o **tiros**, al número de operaciones internas que puede realizar. Y así, se habla entonces de interruptores SPST (*Single Pole Single Throw*: un polo, una posición), SPDT (un polo, dos posiciones); DPST (dos polos, una posición); DPDT (dos polos, dos posiciones); etc.

En la figura 16 se muestran los principales tipos de interruptores utilizados en instalaciones domiciliarias, así como sus respectivos símbolos:

Interruptores de un polo

Los interruptores de un polo son dispositivos de dos terminales que se utilizan para controlar el flujo de corriente a través de un solo conductor; abren la conexión, cuando se sitúan en la posición OFF; y la cierran, cuando se sitúan en la posición ON. Por lo general, constan de dos contactos estacionarios, un contacto móvil y un mecanismo de resorte, todos alojados en una caja sellada. El contacto móvil interconecta eléctricamente a los contactos fijos (es decir, cierra el circuito), cuando el interruptor está ON; y los separa (es decir, abre el circuito), cuando está en OFF.

En la figura 17 se muestra la forma de utilizar un interruptor de un polo para controlar el encendido y el apagado de una lámpara desde un punto. Por regla general, los interruptores deben instalarse siempre sobre el conductor de fase (**vivo**) y nunca sobre el conductor neutro o de retorno. Si se hace esto último, el interruptor continuará realizando su función básica de conectar y desconectar la carga; pero como las terminales de ésta siempre se encuentran energizadas, el usuario queda expuesto a sufrir un accidente.

En el circuito que se muestra en la figura 17A, el interruptor abre el circuito (OFF); de esta manera, impide la circulación de corriente. Y en el circuito que aparece en B, lo cierra (ON); es decir, permite la circulación de la misma.

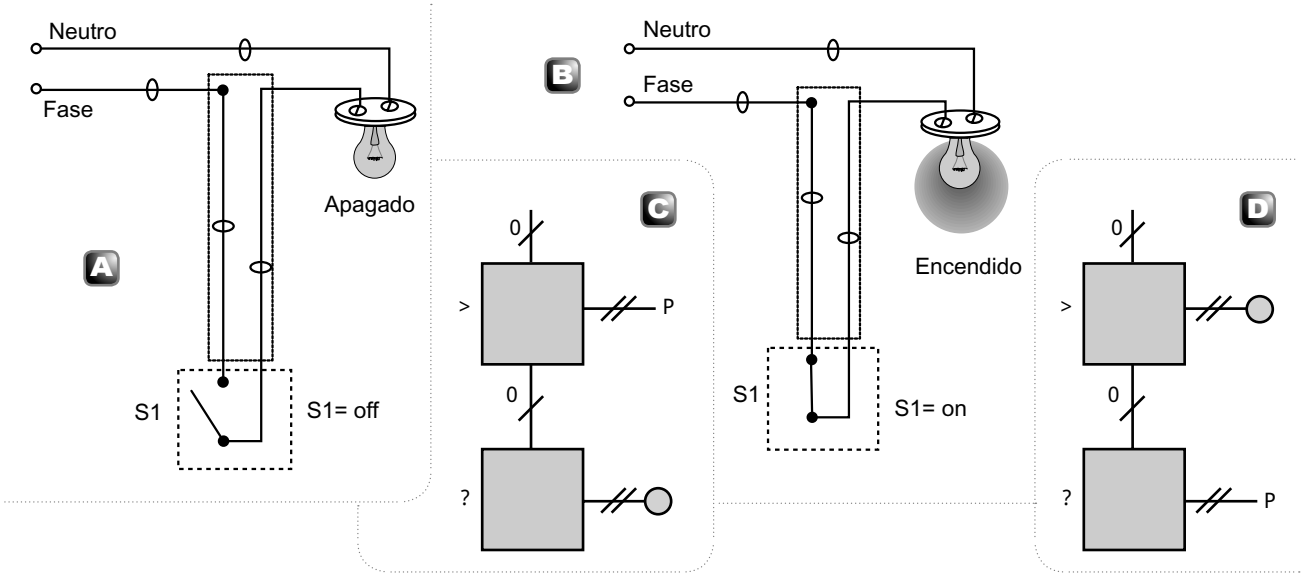
Dentro de la estructura de la instalación, el interruptor puede estar físicamente antes o después de la lámpara, tal como se muestra en los diagramas unifilares incluidos en las figuras 17C y 17D. Pero la conexión o desconexión del circuito siempre debe hacerse sobre la línea de fase.

En la figura 18 tenemos otros ejemplos de circuitos de aplicación con interruptores de un polo. En el circuito que se muestra en A, un solo interruptor controla simultáneamente el encendido y apagado de un grupo de lámparas conectadas en paralelo; en el circuito que se presenta en B, cada lámpara es controlada por un interruptor separado; y el circuito que vemos en C, es una combinación de los dos anteriores (en este caso, cada interruptor controla un grupo de cinco lámparas en paralelo).

Interruptores de tres vías

Los interruptores de tres vías son dispositivos de tres terminales que se utilizan para controlar lámparas y

Figura 17



otros tipos de cargas, desde dos puntos distintos. Su instalación es muy común en escaleras, pasillos, cocheras y otras áreas relativamente grandes, donde, por comodidad y seguridad, se requiere tener la facilidad de encender una luz desde un punto y apagarla desde otro, sin tener que regresar. En la figura 19 se muestra la forma de utilizar dos interruptores de tres vías para controlar una lámpara, o un grupo de lámparas, desde dos puntos.

Observe que el neutro (alambre blanco) está conectado directamente a un extremo de la lámpara, y que la fase (alambre negro) lo está a la terminal común del interruptor de la izquierda (SA). El común del interruptor de la derecha (SB) está conectado al otro extremo de la lámpara. Por lo general, la terminal común de un interruptor de tres vías es de color negro, o se encuentra en la posición central; y las dos terminales restantes, denominadas **viajeras**, interconectan a los interruptores. La corriente de la línea entra por la terminal común de SA; y sale hacia SB, por cualquiera de sus terminales viajeras.

Observe que la lámpara se energiza cuando, al mismo tiempo, SA y SB están en la posición UP (arriba) o en la posición DOWN (abajo); y se desenergiza, cuando uno de ellos está en la posición UP y el otro en la posición DOWN. En todos los casos, el trayecto de circulación de la corriente se indica mediante flechas.

En la práctica, la lámpara puede estar físicamente localizada antes de, entre o después de los interruptores, tal como se muestra en la figura 20. Como siempre, el número de conductores indicado sobre las líneas que unen cajas adyacentes, incluye el conductor verde de tierra.

Interruptores de cuatro vías

Los interruptores de cuatro vías se utilizan junto con interruptores de tres vías, para controlar una lámpara, o un grupo de lámparas, desde tres o más posiciones. Esta necesidad es muy frecuente, por ejemplo, en salones grandes dotados de múltiples puntos de entrada/salida. En la figura 21 se muestra la forma de utilizar un interruptor de cuatro vías entre dos interruptores de tres vías para encender y apagar una lámpara desde tres locaciones distintas. Observe que el interruptor de cuatro vías está eléctricamente conectado entre los dos interruptores de tres vías.

Figura 18

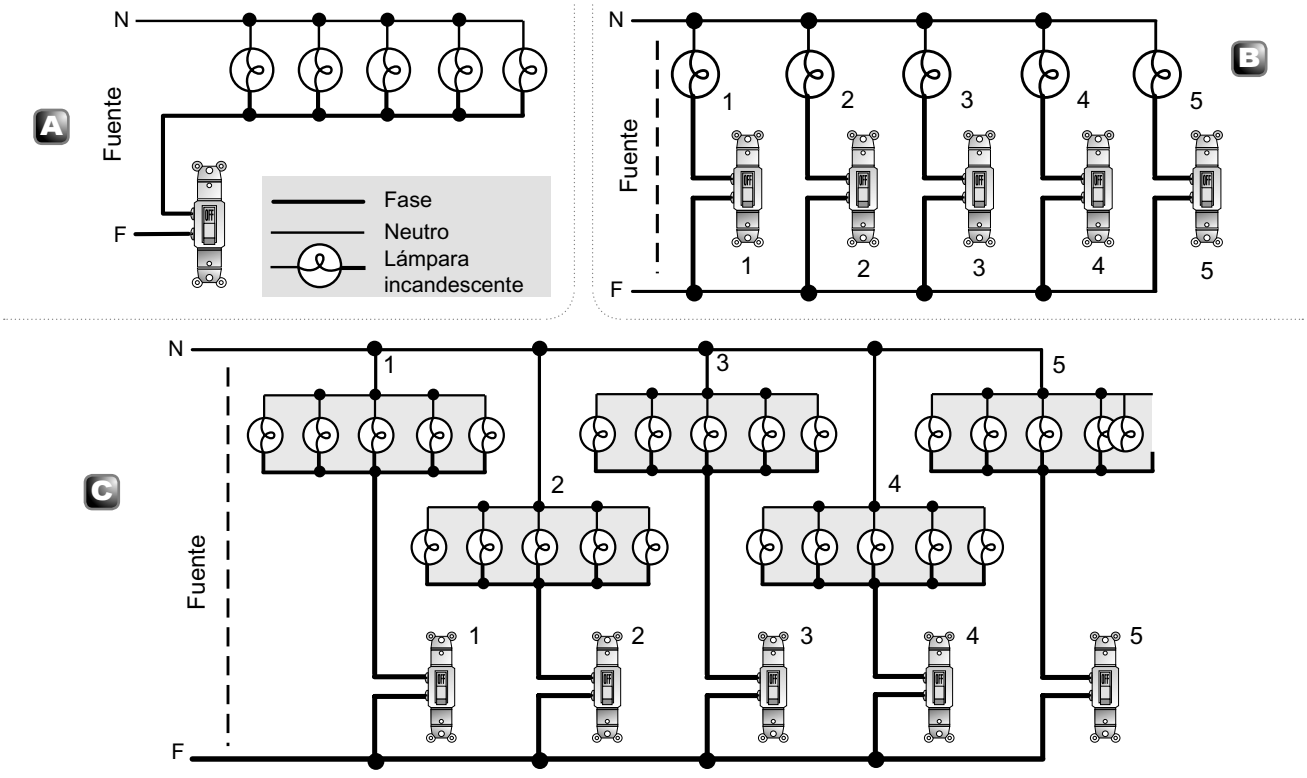
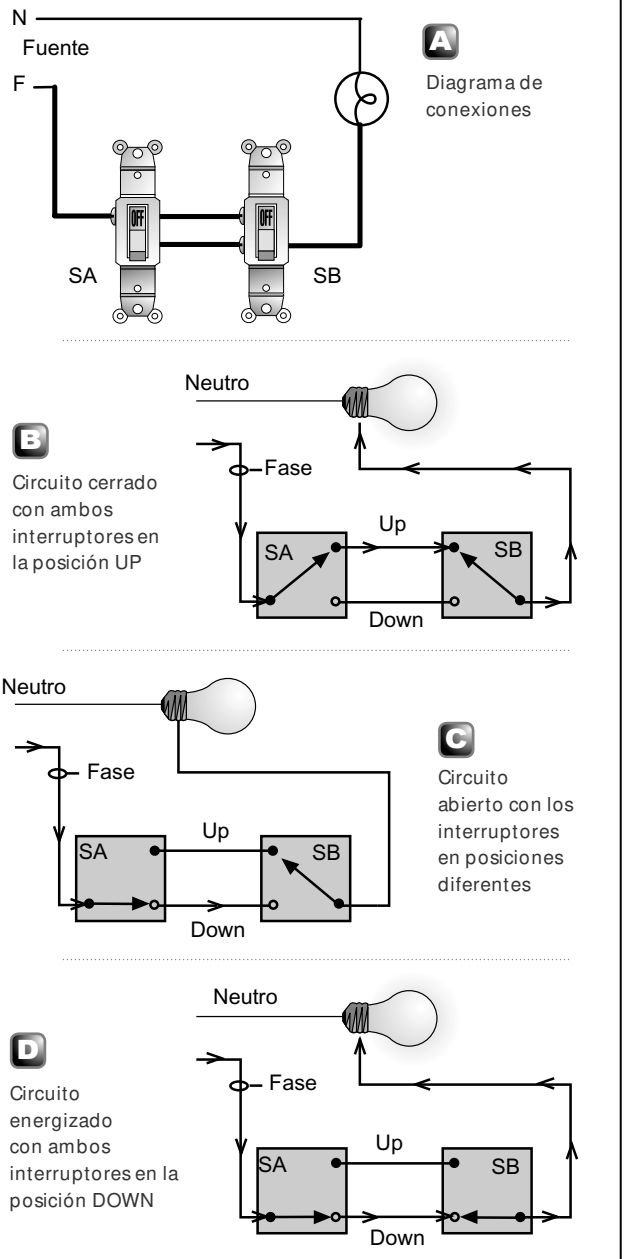


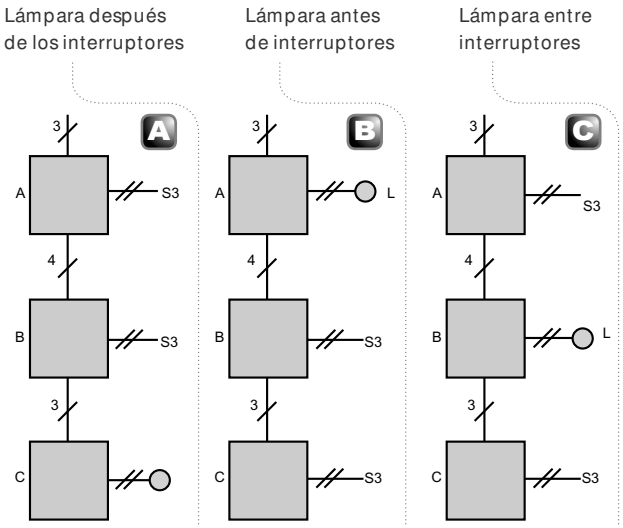
Figura 19



Cambiando la posición de cualquiera de los tres interruptores, cambia también el estado de la lámpara; es decir, si estaba iluminada se apaga, y viceversa.

Si se conectan varios interruptores de cuatro vías entre un par de interruptores de tres vías, la carga puede controlarse desde cualquier número de puntos. Esta situación se muestra en la figura 22; observe en A que el control se realiza desde cuatro puntos diferentes; y que en B, se hace desde cinco distintas locaciones.

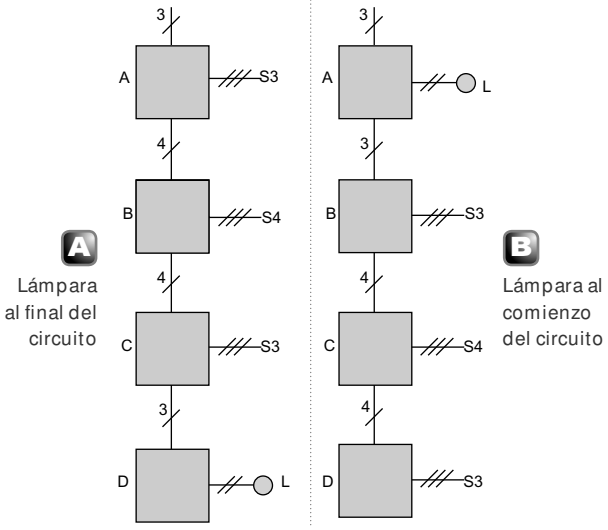
Figura 20



Variantes de los interruptores

Estos elementos varían en grado, capacidad y propósito. El máximo número de amperios que un interruptor es capaz de manejar, y el máximo voltaje al cual puede ser utilizado, generalmente vienen marcados en el yugo o puente de montaje del dispositivo (figura 23). Por ejemplo, una etiqueta del tipo "10A 125V – 5A 250V" indica que el interruptor puede ser utilizado para controlar un máximo de 10A con tensiones de hasta 125V; y un máximo de 5A, para una línea de hasta 250V. Esta especificación es típica de los interruptores utilizados en instalaciones domiciliarias para el control de iluminación.

Figura 21



Alternativas laborales

MINICURSO DE ELECTRICIDAD DOMÉSTICA

Tercera parte: Materiales y elementos eléctricos

Artículo elaborado por el equipo de Redacción, con base en materiales de CEKIT

La industria de la construcción eléctrica provee más de 200,000 diferentes tipos de dispositivos, materiales, accesorios, herramientas y otros componentes para hacer de la electricidad una actividad versátil y compleja a la vez. Por supuesto, no todos estos elementos se utilizan necesariamente al mismo tiempo; pero sí se requiere de un buen número de ellos, para realizar una instalación eléctrica típica.

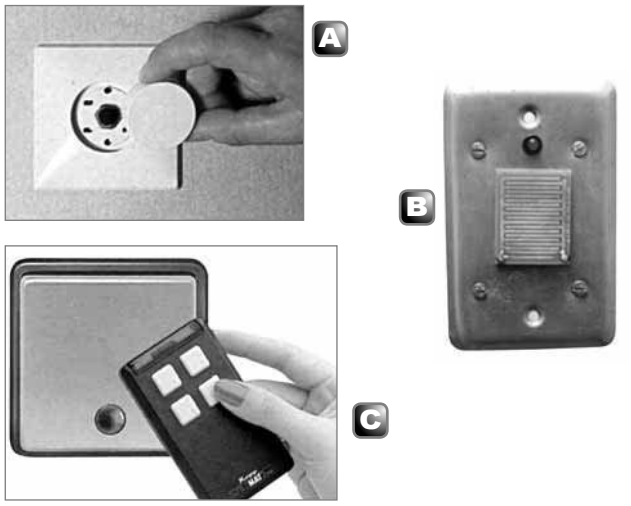
En este artículo daremos un vistazo general a las principales características de algunos elementos comúnmente utilizados en instalaciones eléctricas domiciliarias de baja tensión: conduits, cajas, alambres, interruptores, breakers, etc.

8. Reguladores de luminosidad

Los *dimmers* o **reguladores electrónicos de luminosidad** (figura 25) se utilizan para controlar, de forma continua y gradual, la cantidad de luz emitida por fuentes luminosas (generalmente, lámparas incandescentes o halógenas).

Estos dispositivos pueden ser de perilla rotatoria (A), de tacto (B) y de control remoto (C). También sir-

Figura 25



ven como interruptores de encendido y apagado convencionales.

El empleo de *dimmers* en vez de interruptores electromecánicos, permite crear atmósferas y efectos luminosos interesantes.

En determinadas condiciones, los *dimmers* pueden utilizarse para regular la potencia de cargas resistivas como calefactores, hornos, calentadores, etc. El control de la luminosidad mediante un *dimmer* se realiza generalmente con una perilla; pero en algunos casos se hace a control remoto, o por contacto de la piel con un sensor táctil incorporado. En este último caso, al tocar brevemente el sensor, la lámpara ilumina a su máxima intensidad (o a la última intensidad programada). Si se prolonga el contacto de la mano con el sensor, la luminosidad va disminuyendo y aumentando gradualmente hasta conseguir el nivel deseado. El sistema de *dimmer* por control remoto es muy similar en su operación al tradicional control remoto de un televisor.

Existen *dimmers* para lámparas incandescentes y para lámparas fluorescentes; pero no son intercambiables. En la mayoría de los casos, los *dimmers* sustituyen directamente a los interruptores de encendido/ apagado convencionales. Algunas versiones tienen únicamente tres posiciones de control (HIGH-OFF-LOW), y manejan lámparas hasta de 300W. Otras proporcionan control continuo y manejan cargas hasta de 1000W.

En la figura 26 se muestra como ejemplo el esquema de conexiones de un *dimmer* de baja potencia que controla la intensidad luminosa de dos lámparas incandescentes conectadas en paralelo. Observe que el *dimmer* se conecta sobre la línea de fase, igual que un interruptor. Sin embargo, en vez de abrir o cerrar simplemente el circuito, el *dimmer* actúa como una resistencia en serie, modificando el valor de la tensión aplicada a la carga. A mayor tensión aplicada, mayor luminosidad, y viceversa. Los *dimmers* también pueden utilizarse en instalaciones conmutadas, tal como

Figura 26

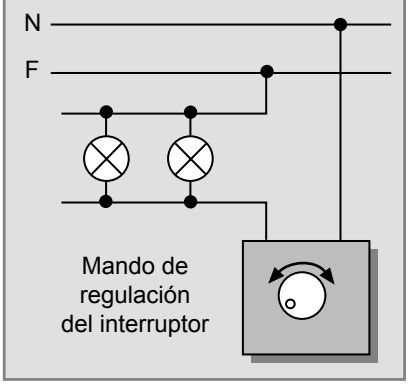


Figura 27

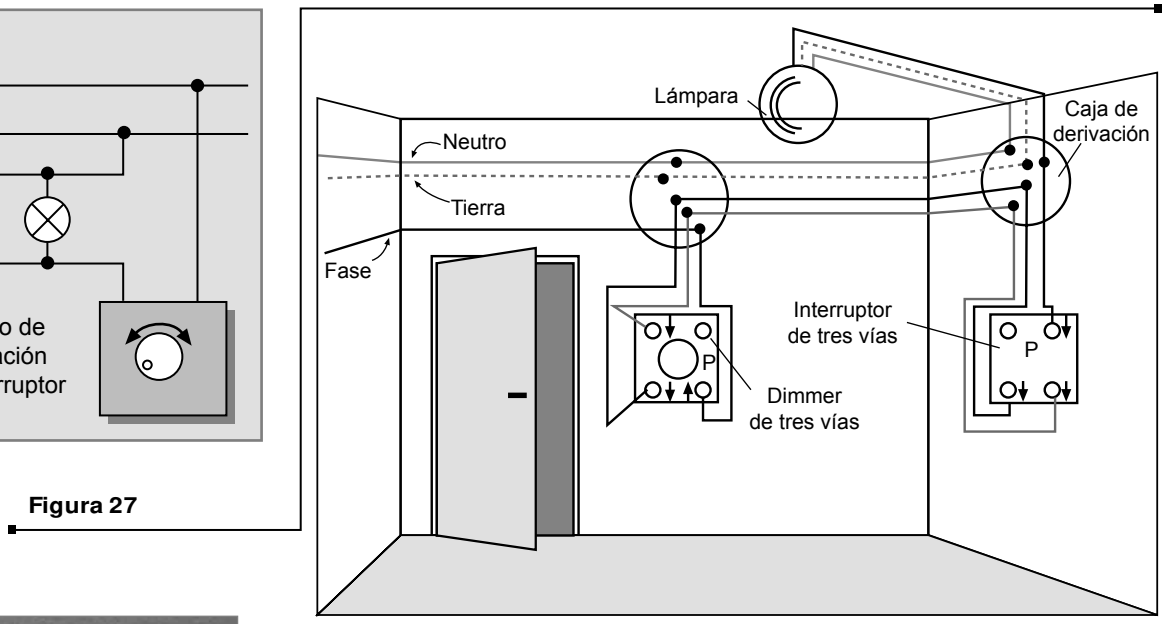
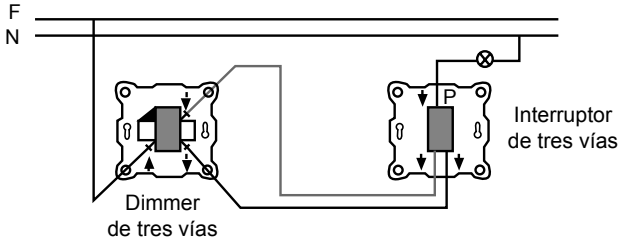


Figura 28



se muestra en la figura 27. En este caso, uno de los interruptores de tres vías del sistema (el de la izquierda) es sustituido por un *dimmer*; y el de la derecha, continua realizando su función normal.

Si se enciende la lámpara desde cualquiera de los interruptores, brillará a la intensidad marcada en el regulador de luz. Naturalmente, no se pueden sustituir los dos interruptores por *dimmers*; como interfieren entre sí la regulación de la luminosidad, no funcionan correctamente. Lo mismo sucede cuando se reduce la intensidad de la luz emitida por una lámpara.

Mediante un *dimmer*, se toma de la red una potencia menor que la que consumiría la carga en condiciones normales. Puesto que los contadores sólo registran lo que efectivamente se consume, los *dimmers* contribuyen al ahorro de energía; permiten un ahorro adicional, representado en una mayor vida útil de las lámparas que controlan. Esto es particularmente importante, en el caso de lámparas costosas o de difícil consecución, como las dotadas de espejos o de proyectores.

9. Tomacorrientes

Los tomacorrientes son dispositivos que permiten conectar equipos portátiles (lámparas, electrodomésticos, herramientas, etc.) a fuentes de potencia.

Por lo general, la conexión entre el aparato propiamente dicho y el tomacorriente se realiza mediante un cable o cordón flexible terminado en un enchufe o clavija. En la figura 28 se muestra un ejemplo de tomacorriente dúplex de 15A, que es el más utilizado en instalaciones domiciliarias (el nombre "dúplex", se debe a que puede aceptar dos clavijas o enchufes al mismo tiempo).

Los tomacorrientes se especifican para unas determinadas capacidades de voltaje y corriente; y se ofrecen en una gran variedad de presentaciones y configuraciones de contactos, dependiendo del tipo de servicio eléctrico que prestan. En las instalaciones eléctricas domiciliarias se utilizan tomacorrientes especiales para los circuitos derivados individuales, con el fin de evitar que, por error, un artefacto de 120V o 220V sea enchufado en un tomacorriente de 208V o 380V. En la figura 29 se muestran algunos ejemplos de tomacorrientes especiales.

Los tomacorrientes pueden ser conectados a los alambres de alimentación, insertando las puntas de éstos en unos pequeños agujeros disponibles en la parte posterior de los dispositivos; o bien, utilizando los tornillos laterales. Estas dos posibilidades se muestran en la figura 30. Algunos tomacorrientes carecen de tornillos, y sólo poseen agujeros de inserción; otros tienen ambas opciones. Ahora bien, con el fin de "facilitar" el pelado de los alambres, los fabricantes proporcionan una ranura longitudinal (**galga**) que indica la cantidad exacta de aislante que debe removerse para garantizar una conexión firme.

La conexión de tomacorrientes es mucho más simple que la de los interruptores y de otros dispositivos de alambrado. En la figura 31 se muestran algunos ejemplos de conexión de estos dispositivos:

Figura 29

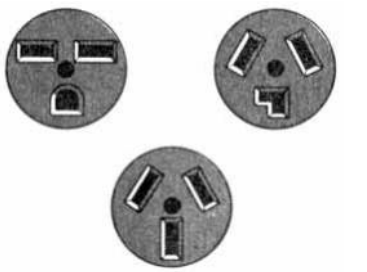


Figura 30

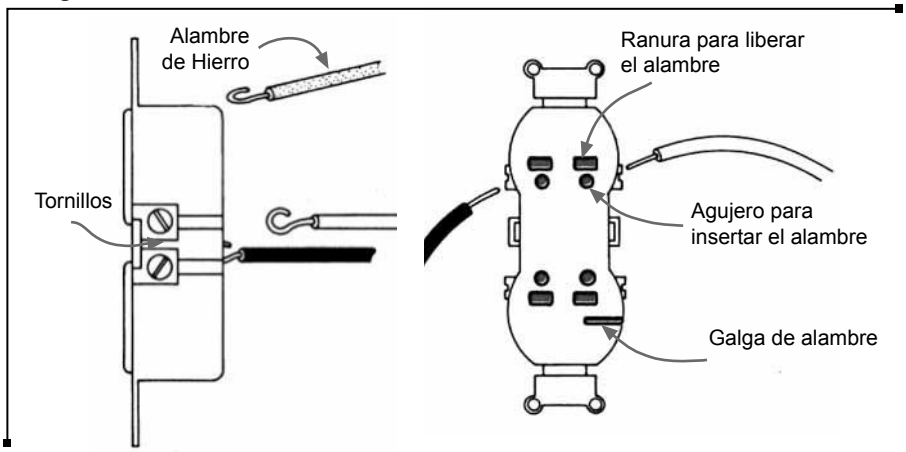
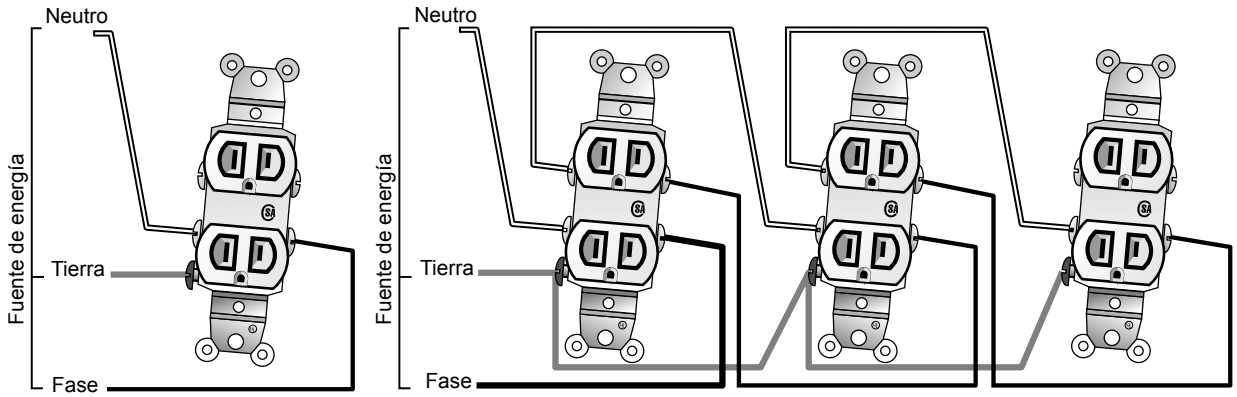


Figura 31



- Si sólo hay un tomacorriente, el cable que lleva la corriente de fase desde la fuente de energía (vivo) se extiende hasta uno de los tornillos dorados; y el cable que lleva la corriente de retorno (neutro), llega hasta uno de los tornillos plateados. En caso de que los tornillos no estén codificados por colores, la línea de neutro siempre debe llegar a los tornillos correspondientes a la ranura más larga, mientras que el cable de fase debe llegar a la ranura más corta. El conductor de tierra se conecta al tornillo verde, o al que esté conectado al conector semicircular.
- Si hay varios tomacorrientes, cada cable se extiende sucesivamente desde el tornillo lateral del primero de estos dispositivos hasta el del último de ellos, respetando en todo momento la disposición de dichos cables.

En la figura 32 se muestra el diagrama pictórico de conexiones de un circuito formado por un tomacorriente dúplex dividido y un interruptor. Este último controla el suministro de corriente a la carga conectada a la mitad superior del tomacorriente; la mitad inferior siempre está energizada, es decir, con voltaje disponible.

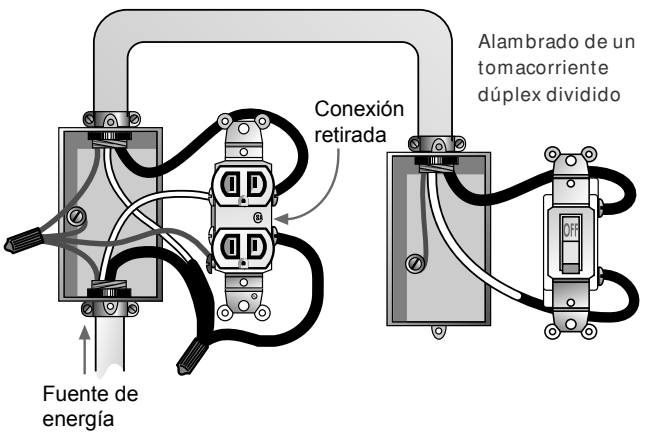
Por otra parte, en la figura 33 se proporcionan los diagramas unifilares de conexiones de otros circuitos con tomacorrientes de uso común en instalaciones domiciliarias.

10. Dispositivos de protección contra sobrecorriente

Ninguna corriente eléctrica puede fluir a través de un alambre, sin que produzca una cierta pérdida de energía en forma de calor. Por supuesto, a medida que aumenta la corriente, aumenta también la temperatura; y el aumento de ésta, a su vez, causa que el aislamiento del alambre se deteriore; incluso, puede llegar a un punto en el que el calor desarrollado es suficiente para iniciar un incendio u ocasionar un cortocircuito. Para evitar que esto suceda, los circuitos deben protegerse mediante dispositivos especiales que interrumpan automáticamente la circulación de corriente cuando ésta exceda un valor predeterminado.

Los elementos que hacen la función de protección anterior, se denominan genéricamente **dispositivos**

Figura 32



de sobrecorriente; pueden ser considerados como las válvulas de seguridad de los circuitos y sistemas eléctricos.

Por diseño, un dispositivo de sobrecorriente es el enlace más débil de un circuito.

Tipos

Los dos tipos de dispositivos de sobrecorriente más comunes son los fusibles y los disyuntores o *breakers* (figura 34). En la figura 35 se indican los símbolos utilizados en los diagramas eléctricos para representar estos componentes.

Tanto los fusibles como los *breakers* se especifican por su corriente nominal; es decir, la máxima corriente que pueden transportar en forma continua sin provocar la apertura del circuito que protegen. Las capacidades estándares de corriente son 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 150, 170 y 200A. También se dispone de *breakers* hasta de 600A, para

Figura 34

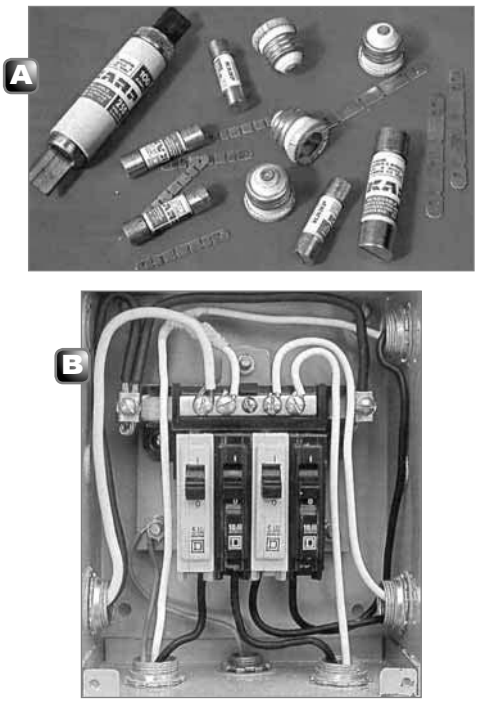


Figura 33

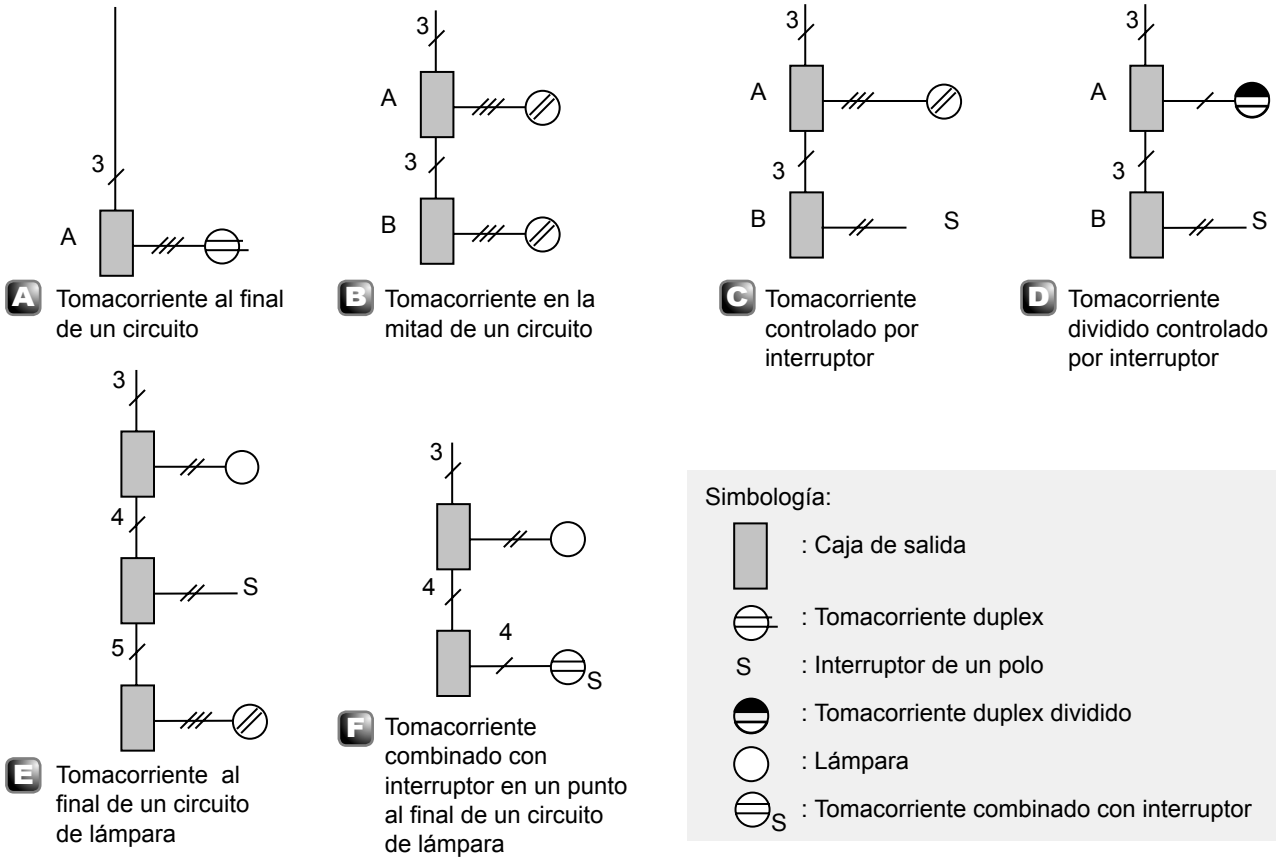
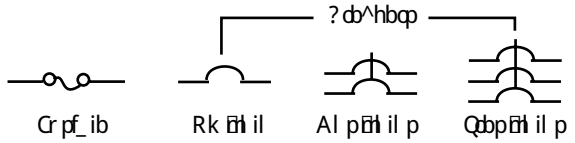


Figura 35

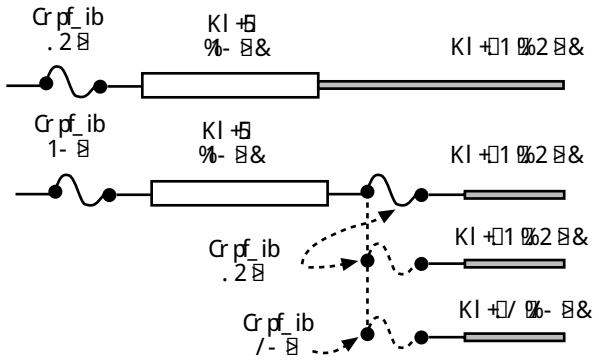


instalaciones grandes; y de fusibles de 1, 3, 6 y 10A, para la protección de pequeños motores eléctricos.

Un fusible o un *breaker* deben actuar cuando la corriente que fluye a través de ellos excede la ampacidad de los conductores utilizados para la realización del circuito que protegen. Para conductores de cobre típicos con aislamiento TW, las capacidades recomendadas de los dispositivos de sobrecorriente son 15A (AWG 14), 20A (AWG 12), 30A (AWG10), 40A (AWG 8), 50A (AWG 6), 70A (AWG 4) y 100A (AWG 2). Utilizar un fusible o un *breaker* de mayor amperaje que la ampacidad del conductor protegido, es siempre inseguro y una de las causas mas frecuentes de incendios de origen eléctrico.

Si se unen dos alambres de diferente calibre, la capacidad de corriente del dispositivo de sobrecorriente no debe ser mayor que la permitida para el alambre más pequeño; por ejemplo, en el caso que vemos en la figura 36A, un alambre del número 14 está conectado a un alambre del número 8; y aunque este último tiene una ampacidad de 40A, se utiliza un fusible de 15A porque ésta es la ampacidad del alambre más pequeño.

Figura 36



Otra situación de este tipo se presenta en la figura 36B. En este caso, un alambre del número 8 alimenta a varios circuitos realizados con alambres más delgados; se utiliza un fusible de 40A en el punto de arranque, y fusibles adecuados, más pequeños, en los puntos donde se reduce el tamaño del alambre.

En general, los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben colocarse lo más cerca posible del punto de alimentación de los conductores protegidos, y ser fácilmente accesibles. Además, no deben estar cerca de materiales inflamables ni expuestos al daño mecánico.

En algunas instalaciones domiciliarias, es muy común que los fusibles estén asociados al dispositivo general de desconexión; por ejemplo, un interruptor de cuchillas (figura 37); y se usan *breakers*, sólo para la protección de cada uno de los circuitos derivados.

11. Fusibles

Un fusible (figura 38) es básicamente un hilo o cinta de metal de corta longitud, que puede transportar indefinidamente corrientes por debajo de un valor predeterminado (digamos 15A); pero se funde, cuando esta corriente es excesiva. En tales circunstancias, el circuito se abre (tal como si se hubiera cortado un alambre o abierto un interruptor en el punto de localización del fusible).

Por lo general, la lámina metálica es de plomo y viene encerrada en una cápsula aislante de fácil re-

Figura 37

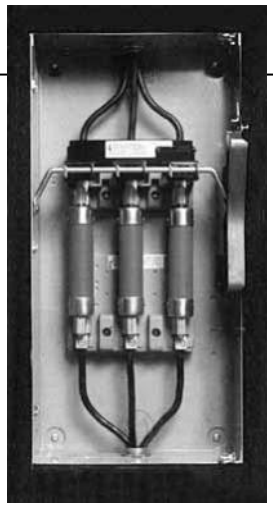
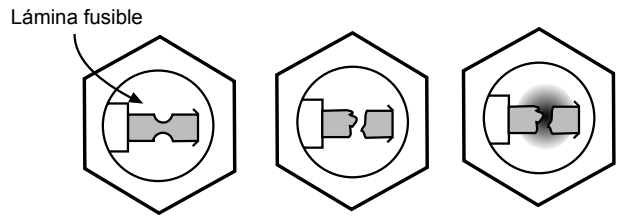


Figura 38



moción, la cual evita que el metal derretido salpique cuando se funde el fusible.

Todos los fusibles tienen una característica de tiempo inversa; esto significa que el tiempo que tardan en autodestruirse y abrir el circuito, depende de la cantidad de sobrecarga. Un fusible de 30A, por ejemplo, soporta una sobrecarga de hasta unos 40-45A por un par de segundos; pero si dicha corriente permanece más de ese tiempo, el dispositivo se funde.

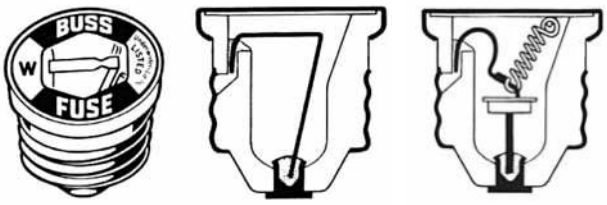
Tipos

Un caso especial es el de los **fusibles de retardo**, los cuales pueden soportar momentáneamente y sin destruirse, corrientes de sobrecarga relativamente altas (digamos de un 200% o más de su valor nominal). Se utilizan principalmente en circuitos de motores, donde la corriente de arranque puede llegar a ser varias veces superior a la nominal.

Los fusibles empleados en instalaciones domiciliarias son básicamente de dos tipos: **tapón** o **cartucho**:

- En los fusibles de tipo tapón (figura 39), el elemento metálico está encerrado en una base roscada que tiene una ventanilla transparente; ésta permite observar la condición del fusible, y evita que el metal se disperse cuando la tira se funde. Se montan, directamente o mediante adaptadores, en portafusibles especiales; y como son desechables, deben reemplazarse cuando se funden. Se fabrican para corrientes nominales de 15, 20, 25 y 30A.
- Los fusibles tipo cartucho (figura 40) se ofrecen en dos versiones: de contacto por casquillo o férula, y de contacto por cuchillas o navajas. Los primeros se fabrican con capacidades de corriente de 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 y 60A. Por su parte, los fusibles de cuchillas, empleados principalmente en instalaciones industriales, se fabrican con capacidades de 75, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 400, 450, 500 y 600A. En ambos casos, los elementos fusibles pueden ser renovables o no, dependiendo de su tipo.

Figura 39



12. Breakers

Los *breakers* (figura 41), también denominados **disyuntores** o **interruptores termomagnéticos**, son dispositivos diseñados para permitir la conexión y desconexión manual de un circuito cuando la corriente a través del mismo está dentro de los límites permisibles; y, sin destruirse, desconectan automáticamente a dicho circuito, cuando la corriente supera un valor predeterminado. Por lo tanto, combinan en una misma estructura las funciones de un interruptor y de un dispositivo de protección contra sobrecorriente. En otras palabras, un *breaker* es un interruptor que se abre automáticamente en caso de una sobrecarga.

Figura 40

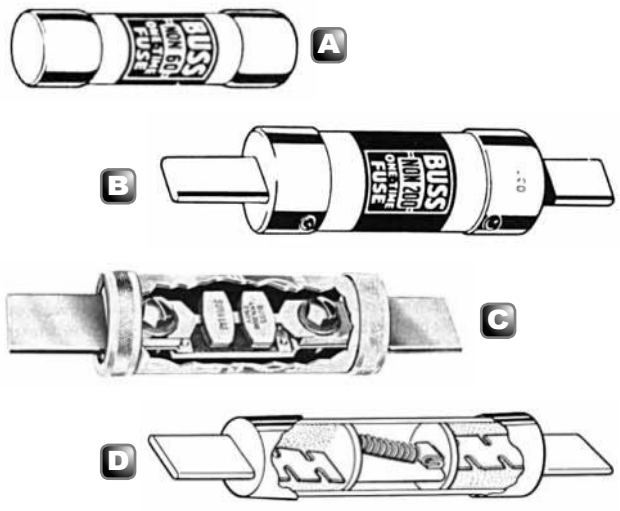


Figura 41

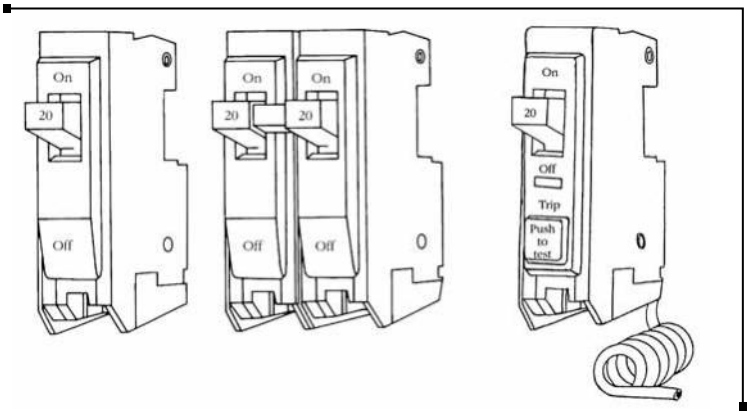
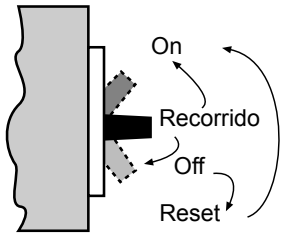


Figura 42



Estructura

Un *breaker* está formado por una lámina bimetálica, cuidadosamente calibrada, que se calienta por efecto del paso de la corriente. Cuando ésta llega a su valor límite, la lámina se dobla lo suficiente para liberar un mecanismo que abre los contactos; y de esta manera interrumpe el circuito de la misma, tal como lo haría un fusible o un interruptor.

Además de la lámina bimetálica operada por calor, la mayoría de los *breakers* incluyen un circuito magnético que abre instantáneamente el sistema en caso de un cortocircuito.

Tipos

Se fabrican *breakers* **electrónicos,** cuyas condiciones de disparo (corriente, tiempo, etc.) pueden ser ajustadas o programadas por el usuario.

Los *breakers*, al igual que los fusibles y los interruptores, se especifican por su capacidad nominal de corriente en amperios. En las instalaciones residenciales se utilizan principalmente *breakers* de uno o dos polos, con capacidades desde 15 hasta 70A. La mayoría de estos dispositivos pueden tolerar sobrecargas hasta de un 50% durante un minuto, de un 100% durante unos 20 segundos, y de 200% durante unos 5 segundos.

También se fabrican *breakers* **tripolares**, **tetrapolares**, etc., para aplicaciones industriales. Son capaces de manejar corrientes hasta de 600A o más.

Ventajas

Los *breakers* ofrecen varias ventajas notables con respecto a los fusibles. Por ejemplo, cuando un fusible se funde, forzosamente tiene que ser reemplazado; sin embargo, no siempre se dispone de fusibles de repuesto a la mano. En cambio, los *breakers* casi nunca deben reemplazarse, porque pueden recuperar sus condiciones originales; para ello, hay que desplazar la palanca de accionamiento más allá de su posición de OFF, y llevarla entonces a su posición de ON (figura 42).

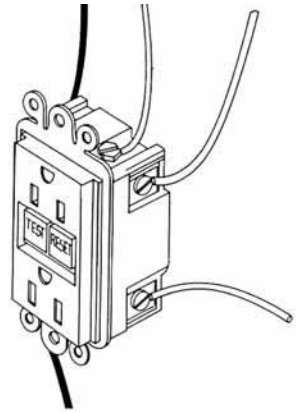
Además, de manera momentánea y sin dispararse, los *breakers* pueden soportar grandes corrientes de sobrecarga (digamos de un 50% por encima de su valor nominal, durante varios segundos). Esto se debe a que incorporan un mecanismo de retardo, el cual actúa cuando la sobrecarga se mantiene durante un tiempo considerable (esto evita la necesidad de cambiar los fusibles cada vez que, por ejemplo, se arranca un motor).

Por estas y otras razones, para la protección de instalaciones eléctricas, es más recomendable el uso de los *breakers* que de los fusibles. Sin embargo, normalmente se tiene una combinación de ambos.

13. Interruptores diferenciales (GFCIs)

Los **interruptores diferenciales** o GFCIs (figura 43) son *breakers* de construcción especial, que protegen a las personas y a los circuitos derivados de una instalación eléctrica, en caso de contactos directos o indirectos. Para brindar esta protección, se desconectan automáticamente cuando detectan una corriente de defecto superior a un valor especificado (puede ser tan baja como 4mA, indetectable por un *breaker* convencional). La desconexión se realiza en menos de 1/ 40 de segundo.

Figura 43



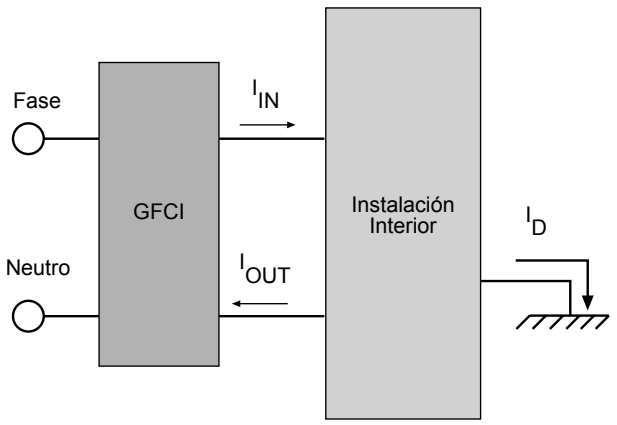
En la figura 44 se muestra el principio de un GFCI. La corriente de defecto (I_D) es la diferencia entre la corriente que entra a la instalación por la fase (I_{IN}) y la corriente que sale de la misma por el neutro (I_{OUT}). En condiciones normales, esta corriente es igual a cero. Cualquier variación indica que una parte de la corriente de entrada se está derivando a tierra, creando una situación riesgosa. Este es el tipo de fallas que detecta un GFCI, y que provocan su disparo.

Los GFCIs no pueden evitar que una persona reciba un choque eléctrico; pero si minimizan la duración y los efectos del mismo.

Un GFCI puede dispararse, por ejemplo, al tocar accidentalmente partes metálicas "vivas" (contacto indirecto) o al realizar un cortocircuito entre una fase y tierra (contacto directo). Estas dos situaciones se ejemplifican en la figura 45.

Un GFCI también puede dispararse, cuando el neutro y la fase están intercambiados, cuando hay una interrupción en el conductor de tierra, cuando la porción protegida del circuito es excesivamente larga o cuando, a causa del envejecimiento, el calor y otros factores, se deteriora el aislamiento de los conductores.

Figura 44



Las normas exigen la utilización de GFCIs para proteger a todos los tomacorrientes exteriores de una vivienda, así como a los que se encuentran en los baños, la piscina, parte de la cochera y otras áreas de riesgo. También es obligatorio el uso de protección GFCI para las salidas temporales empleadas en sitios de construcción. Para líneas e instalaciones no aterrizadas, existen tomacorrientes, multi-tomas y clavijas con protección GFCI incorporada (figura 46).

Pero los GFCIs no deben ser considerados como sustitutos de los sistemas de tierra, sino como una protección suplementaria.

Los interruptores diferenciales se especifican principalmente por su sensibilidad, definida como "la mínima corriente de defecto que puede producir su disparo". Son típicas sensibilidades de 10 y 30mA. Además de la sensibilidad, deben especificarse la tensión y la corriente nominales, por ejemplo 25A/ 220V.

Estas últimas deben ser adecuadas a las características de la salida o al circuito sujeto a protección. Para la verificación regular del funcionamiento del mecanismo de disparo, todos los GFCIs incluyen un botón de prueba (TEST) y un botón de restauración (RESET).

Figura 45

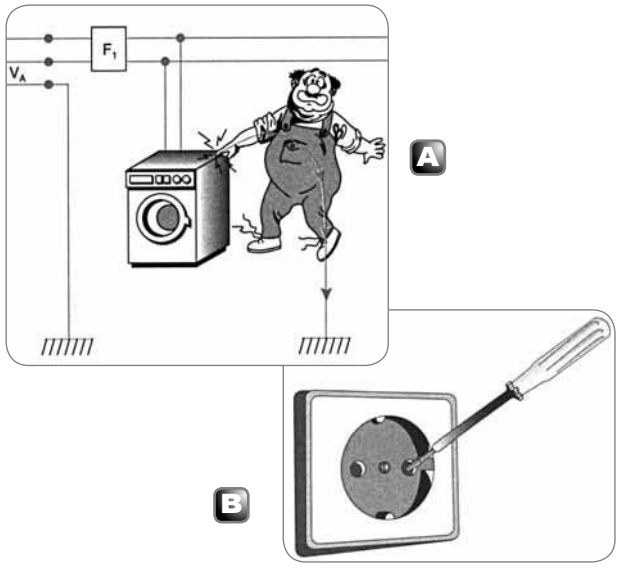
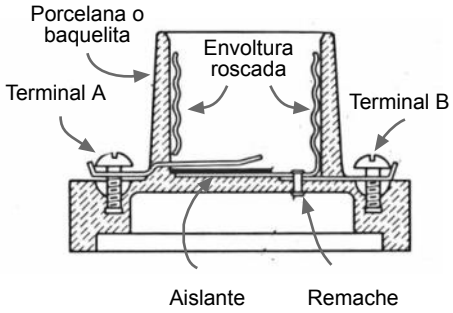


Figura 46

Figura 47

A

B



14. Portalámparas

Sin lugar a dudas, uno de los dispositivos eléctricos más comunes es la lámpara incandescente. Este tipo de lámparas, cuyo funcionamiento y características se explican en el siguiente subtema, operan sobre bases o zócalos especiales llamados **portalámparas**. Y existen diferentes tipos de portalámparas, según la aplicación de cada uno; en la figura 47A, por ejemplo, se muestra un portalámpara de fijación en madera; aunque es poco utilizado en las instalaciones profesionales, sirve para explicar algunas características importantes de este tipo de componentes.

En la figura 47B tenemos una vista transversal del mismo. Observe que la terminal A está conectada al contacto central; y que la terminal B lo está al contacto roscado externo (cuidadosamente aislado del contacto central y de la terminal A).

Cuando la lámpara se instala en un portalámparas de este tipo, la corriente entra por la terminal A, fluye a través del filamento y sale por la terminal B. Por lo general, la forma roscada es de lámina de bronce y se encuentra en un elemento aislante de baquelita o porcelana. Este conjunto constituye el portalámparas propiamente dicho.

En la figura 48 se muestran otros tipos de portalámparas para lámparas incandescentes. Normalmente, se usan en las instalaciones eléctricas anteriormente descritas. Algunos de estos modelos, como los que vemos en las figuras 48A y 48B, incorporan una cadena u otro dispositivo de encendido y apagado que elimina la necesidad de utilizar un interruptor externo.

Los portalámparas con interruptor de cadena incorporado se utilizan principalmente en pasillos, guardarropas, sótanos, áticos, sótanos y otros espacios utilizados para almacenamiento. No se recomiendan para baños y otras áreas húmedas, debido a la naturaleza metálica de la cadena.

Continúa en el próximo número

Figura 48

A B C

Alternativas laborales

MINICURSO DE ELECTRICIDAD DOMÉSTICA

Tercera parte: Materiales y elementos eléctricos (concluye)

Artículo elaborado por el equipo de Redacción, con base en materiales de CEKIT

La industria de la construcción eléctrica provee más de 200,000 diferentes tipos de dispositivos, materiales, accesorios, herramientas y otros componentes para hacer de la electricidad una actividad versátil y compleja a la vez. Por supuesto, no todos estos elementos se utilizan necesariamente al mismo tiempo; pero sí se requiere de un buen número de ellos, para realizar una instalación eléctrica típica.

En este artículo continuaremos dando un vistazo general a las principales características de algunos elementos comúnmente utilizados en instalaciones eléctricas domiciliarias de baja tensión: conduits, cajas, alambres, interruptores, breakers, etc. Y precisamente aquí concluimos la tercera parte de este minicurso.

15. Lámparas

Las lámparas (figura 49) son dispositivos que convierten en luz la energía eléctrica; para ello, utilizan diversos principios físicos.

En general, las lámparas empleadas como elementos de iluminación en instalaciones eléctricas se clasifican en dos categorías: **incandescentes** y **de descarga gaseosa**. Al primer grupo pertenecen, por ejemplo, las lámparas incandescentes y halógenas; y al segundo, las lámparas fluorescentes, de vapor de mercurio y de neón. En este artículo nos referiremos principalmente a las tres primeras (incandescentes, halógenas y fluorescentes):

Incandescentes

Las lámparas incandescentes se utilizan principalmente para alumbrado interior (casas, oficinas, negocios, etc.). Sus principales ventajas son la facilidad de uso y su bajo costo. Además, ocupan poco espacio y no tienen limitaciones en su posición de funcionamiento. Pero su eficiencia es baja en comparación con otros

Figura 49

tipos de lámparas, debido a que la mayor parte de la energía eléctrica entregada se convierte en calor.

En el siguiente apartado ampliamos la descripción de este tipo de lámparas.

Halógenas

Las lámparas halógenas se utilizan principalmente como faros y proyectores para la iluminación de monumentos, campos deportivos, escenas cinematográficas o de televisión y otras aplicaciones que requieren altos niveles de luz. Son más eficientes que las lámparas incandescentes convencionales, ocupan mucho menos espacio y tienen una mayor vida útil. Sin embargo, son más costosas y requieren de transformadores especiales para operar.

Fluorescentes

Las lámparas fluorescentes se utilizan principalmente en la iluminación de oficinas, negocios e industrias; pero también tienen algunas aplicaciones especiales en hoteles, centros comerciales, hospitales, etc.

Son más eficientes que las lámparas incandescentes, y no tienen restricciones en cuanto a la posición de operación. Sin embargo, necesitan elementos auxiliares para el encendido, son más costosas y requieren de mayor espacio para su instalación.

Independientemente de su tecnología, la función primaria de una lámpara es iluminar.

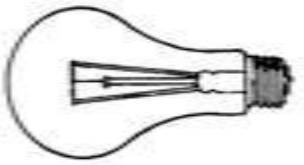
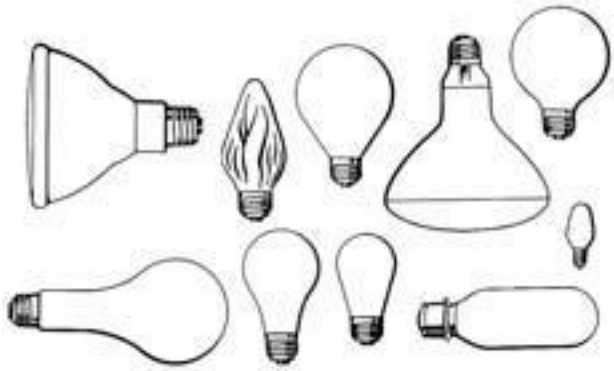


Figura 50

Figura 51



Una buena iluminación es importante en muchos sentidos. Por ejemplo, contribuye al confort personal, reduce la fatiga, mejora la eficiencia y permite crear diferentes ambientes en un interior. Además, promueve la seguridad y previene accidentes (frecuentemente causados por una visibilidad deficiente); incluso sirve para atraer la atención hacia un objeto o un sitio determinados.

Lámparas incandescentes

Las lámparas incandescentes (figura 50) se basan en la propiedad que tienen algunos materiales de emitir luz cuando se eleva su temperatura interna. Independientemente de su forma o tamaño, todas las lámparas incandescentes constan de una ampolla de vidrio y un filamento espiral de tungsteno o volframio.

Cuando circula corriente través del filamento, éste se calienta hasta su punto de incandescencia (entre 2,500 y 3,000° C), y la lámpara emite luz. Con el fin de prolongar la vida útil del filamento, en la ampolla se realiza el vacío antes de sellarla, y se llena con un gas inerte (argón, criptón, etc.).

Ampollas o bulbos

Las ampollas o bulbos de las lámparas incandescentes se fabrican en una gran variedad de estilos (figura 51).

Para designar la forma y el tamaño de la ampolla, se utilizan las bases o casquillos, que conectan el filamento y proporcionan el medio de conexión de la lámpara con el portalámpara o zócalo (socket). También se fabrican en tamaños y formas estandarizadas (figura 52), dependiendo de la potencia, el tamaño y el propósito de la lámpara.

El casquillo roscado miniatura, por ejemplo, se encuentra en pilotos y luces de linterna; el de tipo candelabro, en lámparas decorativas y luces pilotos grandes; el casquillo estándar o medio, en lámparas de propósito general hasta de 300W; y el casquillo Goliat, en lámparas hasta de 1500W.

Algunas lámparas, en vez del tradicional casquillo roscado, utilizan un casquillo tipo bayoneta. Para instalar esta clase de lámparas, las patas del casquillo deben alinearse inicialmente con las muescas o ranuras del portalámpara. A continuación, se oprime la

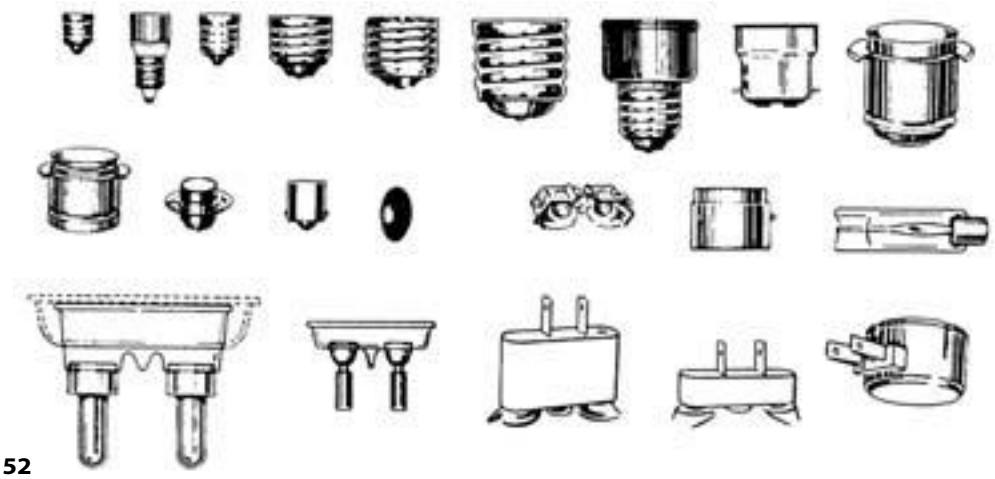


Figura 52

lámpara y se gira en el sentido de las agujas del reloj hasta que se trabe.

En general, todas las lámparas de servicio general estándares están equipadas con bases roscadas.

Filamentos

Los filamentos, que son los elementos productores de luz en las lámparas (figura 53), se designan generalmente por una letra o letras que indican si el alambre es recto (S), bobinado (C, CC) o en forma de cinta (R); por un número (2, 5, 17, etc.), que especifica la forma general del filamento; y por alguna otra letra o número, que indica la disposición de los soportes.

A la fecha, la mayoría de las lámparas utilizan filamentos bobinados. Esto se debe a que, en comparación con los filamentos rectos, son mecánicamente más fuertes y producen menos pérdidas por calor.

Las lámparas incandescentes se especifican principalmente por su potencia nominal y por la cantidad de luz que producen sus filamentos.

La relación entre el flujo luminoso y la potencia nominal, se denomina **eficiencia luminosa**; se mide en lúmenes por vatio (lm/W). Como esta eficiencia aumenta a medida que lo hace la potencia, es mejor utilizar una sola lámpara en vez de varias pequeñas, para producir la misma cantidad de luz; por ejemplo, una lámpara de 150W produce aproximadamente la misma cantidad de luz (2880 lúmenes) que doce lámparas de 25W. Otras especificaciones importantes de las lámparas incandescentes son la **vida media útil** y el **voltaje nominal**.

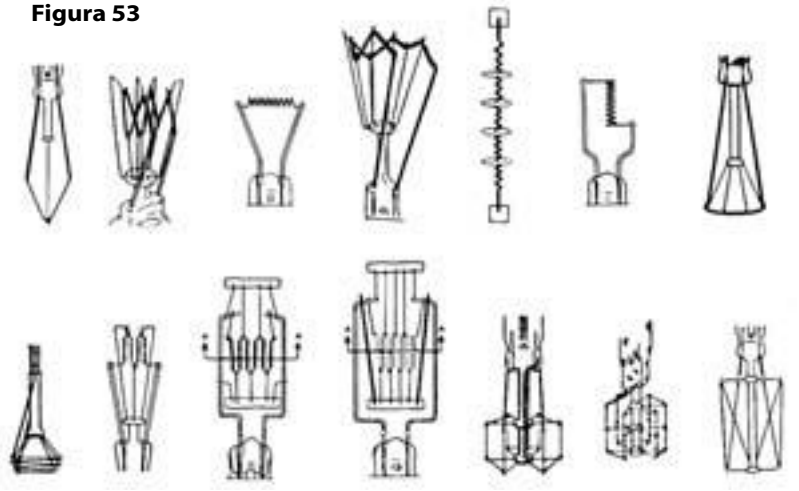
Vida media útil

Se refiere al tiempo estimado que el filamento tarda en fundirse luego de funcionar continuamente con el voltaje nominal.

Este parámetro, que por lo general viene impreso en el cartón de empaque, puede variar desde 750 hasta 2500 horas (depende del tipo y tamaño de la lámpara).

Técnicamente, se puede prolongar la vida útil de una lámpara; para lograrlo, hay que hacerla funcionar a un voltaje por debajo del nominal (utilizando un *dimmer* por ejemplo). Pero esto implica un sacrificio de

Figura 53



la eficiencia; es decir, una disminución de los lúmenes por vatio que pueden obtenerse.

Para finalizar, en la figura 54 se muestran algunos circuitos básicos con lámparas incandescentes. En cada caso se indica la simbología normalmente utilizada para su representación en los diagramas de planta, el esquema eléctrico y el diagrama pictórico.

Se asume que el montaje mecánico de la instalación (tendido del conduit, colocación de las cajas, arrastre de los alambres, etc.) ya está concluido, y que sólo falta realizar las conexiones finales y fijar los portalámparas y los interruptores en sus respectivas cajas.

Otros tipos de lámparas incandescentes

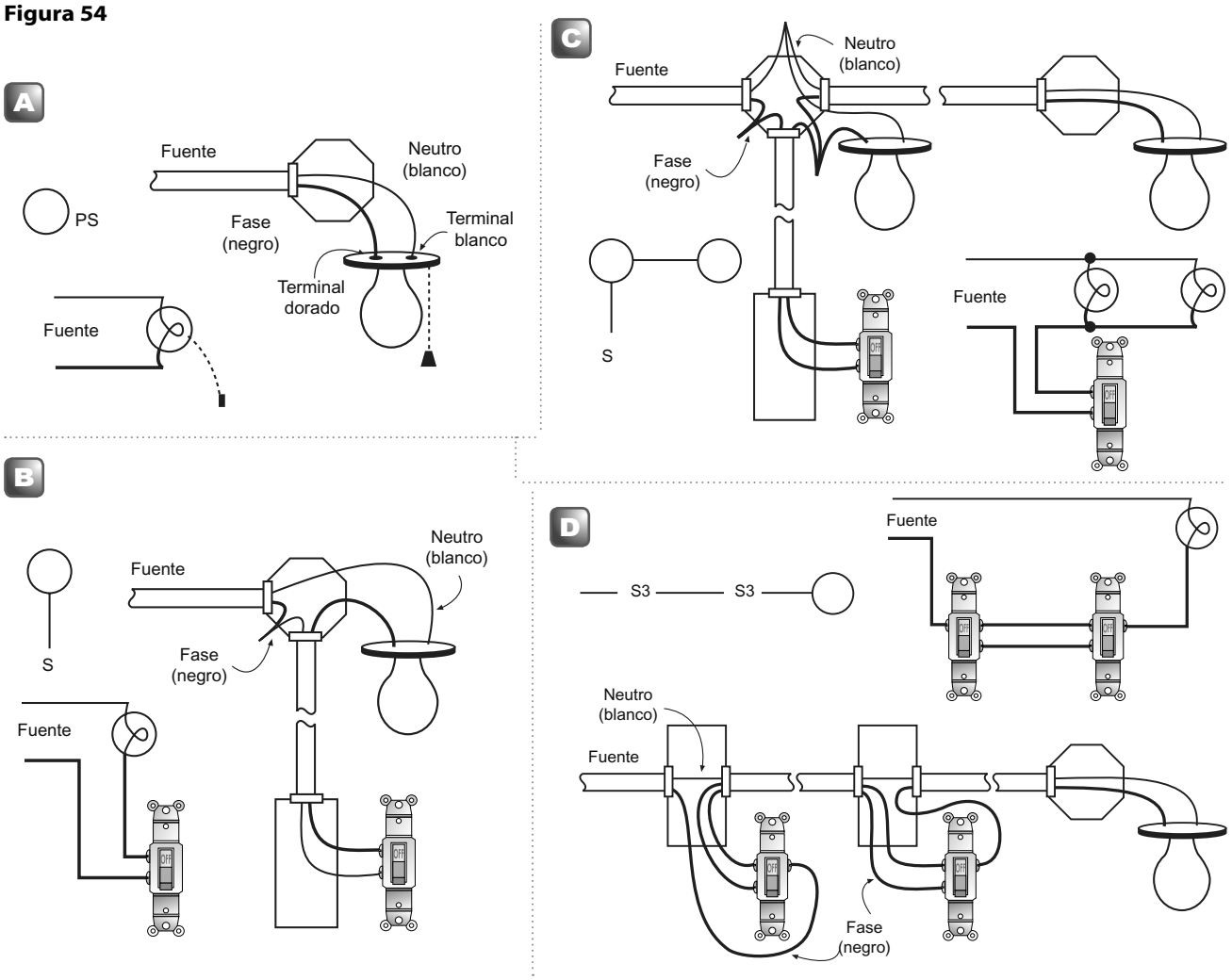
Las lámparas incandescentes se clasifican en varios tipos, según su aplicación. Las más comunes son las siguientes:

Lámpara controlada por interruptor de cadena (figura 54A): Observe que el conductor de la fase (negro) se conecta a la terminal de color dorado de la lámpara, y el conductor del neutro (blanco) a la terminal plateada. Si se invierte esta conexión, el interruptor interno del portalámpara quedará sobre el neutro; y entonces, habrá un riesgo potencial de choque eléctrico.

Lámpara controlada por un interruptor de pared de un polo (figura 54B): Asumimos que el alambrado se realiza utilizando cable encauchetado o blindado de dos conductores.

Observe el uso de un bucle o *loop* de interruptor para controlar la lámpara. En este caso, se permite que sea blanco el alambre que conecta a un extremo del interruptor con la fase (contraviniendo la regla, que indica que el color blanco está reservado para el neutro).

Figura 54



Dos lámparas en paralelo controladas por un interruptor de pared (figura 54C).

Lámpara controlada por dos interruptores de tres vías (sistema conmutable, figura 54D): Es de servicio general, y está diseñada para operar a 120V.

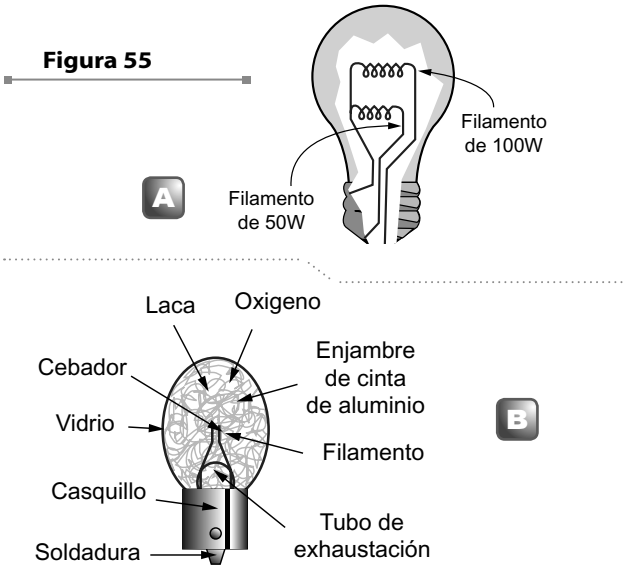
También existen lámparas de alto voltaje que operan a 220V; y otras para propósitos especiales, como las de tres intensidades, las de destellos, las halógenas, los tubos para iluminación de vitrinas (*Luminiline*), los reflectores, los proyectores, etc. Pero por ahora, nos referiremos a las lámparas de tres intensidades y a las de destellos:

Lámparas de tres intensidades (figura 55A): Utilizan dos filamentos separados, lo cual les permite producir tres flujos luminosos distintos (digamos 50, 100 y 150W).

Lámparas de destellos (figura 55B): Utilizan una ampolla con oxígeno puro y delgadas tiras de magnesio o aluminio en su interior. Cuando circula corriente a través del filamento, éste se quema casi de manera instantánea; entonces se produce una chispa, misma que al interactuar con el magnesio o el aluminio causa la emisión de un destello de luz potente pero muy corto.

La principal aplicación de estas lámparas es en el campo de la fotografía.

Figura 55



Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes generan energía luminosa como resultado del paso de una corriente a través de un gas. Por lo general, consisten en un tubo cilíndrico de vidrio que contiene una pequeña cantidad de mercurio y de gas inerte, usualmente argón o criptón, o una mezcla de argón y neón (figura 56). Las paredes internas del tubo están recubiertas de un polvo llamado **fósforo**; y en cada uno de sus extremos, hay un pequeño filamento llamado **cátodo**.

En la figura 57 se describe el principio de operación de una lámpara fluorescente: cuando fluye una corriente eléctrica a través de la mezcla de gas contenida en el interior del tubo, se excitan los átomos de la gota de mercurio; entonces se libera energía en forma de luz ultravioleta, la cual es invisible al ojo humano; y cuando esta radiación ultravioleta incide sobre la superficie de fósforo, este material brilla y emite entonces luz visible.

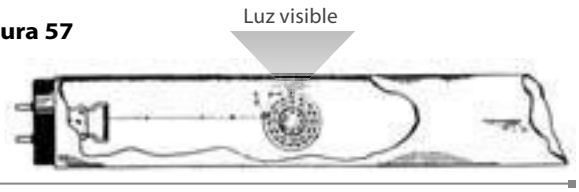
Las lámparas fluorescentes presentan cierta complejidad en su conexión, debido a que no se pueden conectar directamente a la fuente primaria de suministro de energía. Para funcionar de forma correcta, necesitan de un equipo auxiliar constituido por dos elementos: una bobina llamada **reactanda** o **balastro**, y un interruptor automático llamado **arrancador** o *starter*.

Principio de operación

Veamos cómo funciona este sistema. En el momento de conectar el circuito a la fuente de alimentación, el arrancador o *starter* se encuentra cerrado y la co-

Figura 56

Figura 57



rriente fluye desde el extremo derecho (fase, F) de la línea hasta el izquierdo (neutro, N), atravesando el balastro, el cátodo derecho, el propio *starter* y el cátodo izquierdo.

Durante este periodo, la lámpara prende en cada extremo, pero no ilumina. Unos instantes después, el *starter* se abre y entonces bloquea el paso de la corriente. En respuesta a este cambio, el balastro produce un voltaje suficientemente alto como para impulsar una corriente a través del tubo y provocar la emisión de luz.

Para que la corriente pueda saltar de un extremo al otro del tubo, constituyendo lo que se denomina un **arco eléctrico**, los filamentos o cátodos están recubiertos con una sustancia química que emite electrones cuando se calienta. Estos electrones viajan a través del gas argón contenido dentro del tubo, calentándolo y vaporizando el mercurio. Este último, que es un elemento metálico, se convierte así en el eslabón que cierra el circuito y permite la circulación de una corriente a través de la lámpara y del balastro.

Diseños

Por lo general, las lámparas fluorescentes se fabrican en forma de tubos rectos (figura 58); pero también se dispone de lámparas circulares o dobladas en forma de U, y otras configuraciones especiales.

Las lámparas rectas y en forma de U pueden ser **de arranque por precalentamiento**, **de arranque rápido** o **de arranque instantáneo**; y las **circulares** o *circline,* son siempre de arranque rápido:

1. De arranque por precalentamiento

Las lámparas de arranque por precalentamiento, también denominadas **tubos de cátodo caliente**, utilizan un *starter* para proporcionar un flujo de corriente momentáneo a través de los filamentos; esto tiene el propósito de calentarlos, y de hacer posible la emisión de electrones.

Uno de los inconvenientes de este tipo de lámparas, es el lapso necesario para el precalentamiento. Pero esto es compensado por los significativos ahorros que se consiguen en el diseño del balastro y la prolongación de la vida útil de las lámparas de arranque instantáneo, también denominadas **tubos slimline de cátodo frío**. Fueron desarrolladas con el fin de superar la lentitud del precalentamiento y eliminar la necesidad de usar un *starter*.

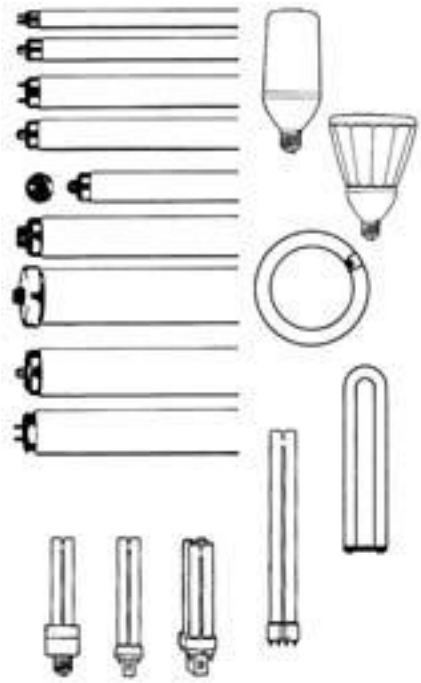
El arranque instantáneo se implementa mediante el uso de un balastro especialmente diseñado que entrega un voltaje alto durante el arranque (de 450 a 600V) y un voltaje bajo durante la operación (alrededor de 115-130V, lo que equivale al voltaje de la línea de AC). Debido a que no se necesita precalentamiento, este tipo de lámparas traen los filamentos cortocircuitados internamente; y, por lo mismo, sólo requieren una terminal en cada extremo. Un tipo especial de lámparas de arranque instantáneo, son los tubos fluorescentes empleados en anuncios para formar letras y otros patrones luminosos.

2. De arranque rápido

Las lámparas de arranque rápido, que son actualmente las más utilizadas en sistemas de iluminación, retienen las ventajas del arranque por precalentamiento; y lo hacen más suave, mientras eliminan la necesidad de usar un *starter*.

El arranque rápido se logra mediante una bobina de calentamiento de 3.5V incorporada en el balastro, con lo cual se consigue que la lámpara ilumine casi tan rápidamente como una lámpara de arranque instantáneo.

Figura 58



Un tipo especial de lámparas de arranque rápido son los tubos *allweather*, los cuales tienen alrededor una chaqueta para mantener constante la temperatura del bulbo y ayudar a proporcionar una salida razonable de luz en diferentes condiciones climáticas (especialmente en invierno).

3. Fluorescentes mixtas

También se dispone de lámparas fluorescentes de precalentamiento y arranque rápido. Pueden ser utilizadas tanto en sistemas diseñados para lámparas de precalentamiento (con starter), como en sistemas diseñados para lámparas de arranque rápido (sin *starter*).

4. Fluorescentes compactas

Actualmente, también son muy populares las lámparas fluorescentes compactas de balastro electrónico (figura 59). Están diseñadas para reemplazar directamente lámparas incandescentes.

Los balastros electrónicos ofrecen una operación silenciosa y permiten ahorrar considerables cantidades de energía; y no interfieren en la recepción de señales de radio o de televisión, mientras las lámparas estén alejadas de los respectivos receptores (por lo menos a 1 metro).

Las lámparas de balasto electrónico se clasifican por su forma y tamaño; y así, los tipos más comunes son SL, SLS, PL y PLC.

Las lámparas tipos SL y SLS incorporan dentro de una cápsula de policarbonato, un tubo fluorescente miniatura doblado en forma de S. Tienen potencias de 15, 20 y 23W, y se caracterizan por su alta eficiencia. Una lámpara tipo SLS de 15W, por ejemplo, produce la misma cantidad de luz que una lámpara incandescente de 60W; pero comparada con ésta, apenas consume un 25% de energía.

Las lámparas tipos PL y PLC ofrecen las mismas ventajas, pero vienen en una mayor diversidad de potencias y tamaños. Además, duran hasta 13 veces más que sus equivalentes incandescentes.

Figura 59

Las lámparas fluorescentes se especifican sobre todo por su tamaño, su potencia nominal y el color de luz que producen. Normalmente, estos datos vienen marcados en el propio tubo. Los tubos circulares, por ejemplo, se ofrecen en cuatro diámetros estándares: 6 ½ (20W), 8 ¼ (22W), 12 (32W) y 16 pulgadas (40W).

Los tubos rectos, por su parte, vienen en varias longitudes; las más comunes son las de 18 (15W), 24 (20W), 36 (30W) y 48 pulgadas (40W).

Comúnmente, las lámparas de arranque por precalentamiento se fabrican para potencias nominales desde 4 hasta 100W, las de arranque instantáneo para potencias desde 4 hasta 75W, y las de arranque rápido para potencias desde 30 hasta 215W. Las lámparas que combinan precalentamiento con arranque rápido, normalmente son de 40W.

En todos los casos anteriores, la **potencia nominal** es la consumida por la lámpara misma, y no incluye la consumida por el balastro.

El tipo de luz emitida por una lámpara fluorescente depende de las características físicas y químicas de la mezcla de fósforo que se utiliza para recubrir la pared interna del tubo. Los principales colores de las lámparas fluorescentes son el blanco frío (CW), el blanco frío de lujo (DCW), el blanco cálido (WW), el blanco cálido de lujo (DWW), el blanco (W) y el de luz día (O).

Las diferencias entre uno y otro tipo tienen que ver con la proporción de rojo y azul presentes en la luz emitida por cada lámpara. Las variedades "cálidas", por ejemplo, enfatizan el rojo y el amarillo (similar a las lámparas incandescentes), mientras que las variedades "frías" enfatizan el azul (similar a la luz exterior natural).

Bases para tubos fluorescentes

Las lámparas fluorescentes utilizan varios tipos de bases, dependiendo de su tamaño y método de arran-

Figura 60

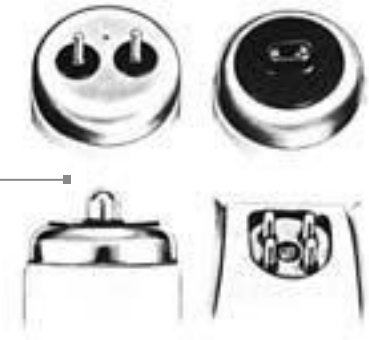
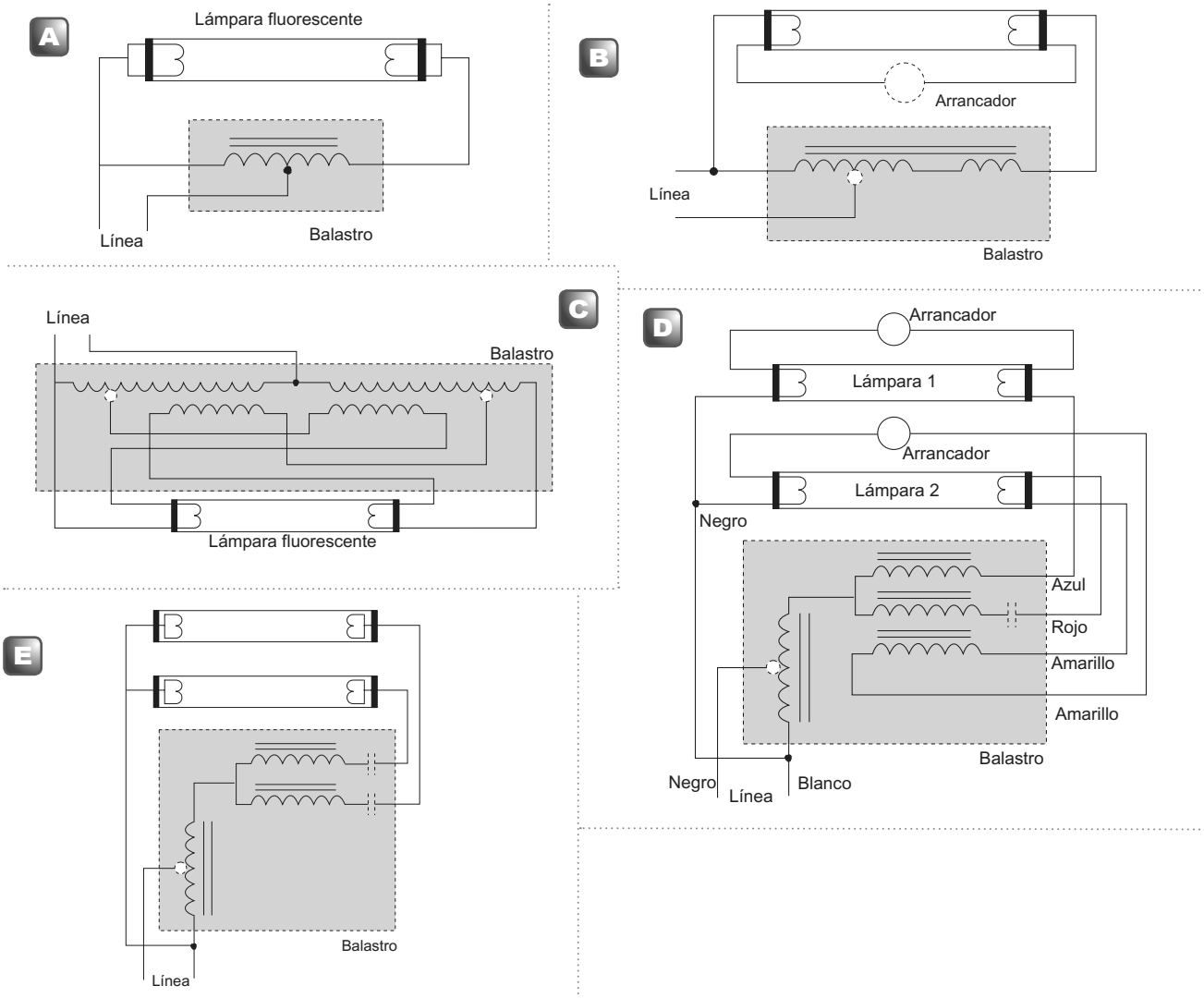


Figura 61



que. En la figura 60 se muestran algunos de los más comunes.

En particular, las bases de dos terminales (**bi-pin**) se utilizan en lámparas de arranque por precalentamiento (con *starter*) o que combinan precalentamiento con arranque rápido; las de una sola terminal, se emplean en lámparas de arranque instantáneo (*slimline*); y las de doble contacto anidado, en lámparas de arranque rápido.

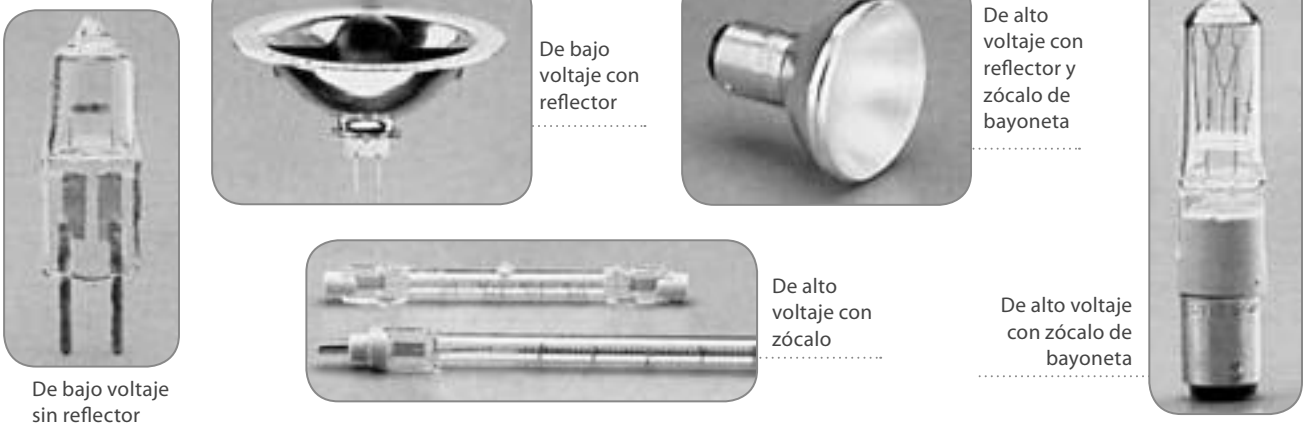
Las lámparas bi-pin y de doble contacto se designan generalmente por un código que especifica la potencia, la forma del tubo, el diámetro y, eventualmente, el color u otras características constructivas especiales. Un ejemplo de designación típica es "F30T8", donde "F" se refiere al tipo de tecnología (fluorescente), "30" a la potencia (30W), "T' a la forma (tubular) y "8" al diámetro en octavos de pulgada (8/8", o sea, 1"). Para las lámparas *slimline* se utilizan códigos similares, excepto que éstos incluyen la longitud nominal en lugar de la potencia. Así, una lámpara "F48TI2" es un bulbo fluorescente tubular de 48" de longitud y 12/8" (1½") de diámetro.

Circuitos de tubos fluorescentes

Para finalizar nuestro estudio de las lámparas fluorescentes, en la figura 61 se muestran algunos esquemas básicos de conexión de tubos fluorescentes.

El circuito que se muestra en la figura 61B es utilizado para eliminar el efecto estroboscópico (parpadeo), que es característico en las lámparas de arranque por *starter*.

Figura 62



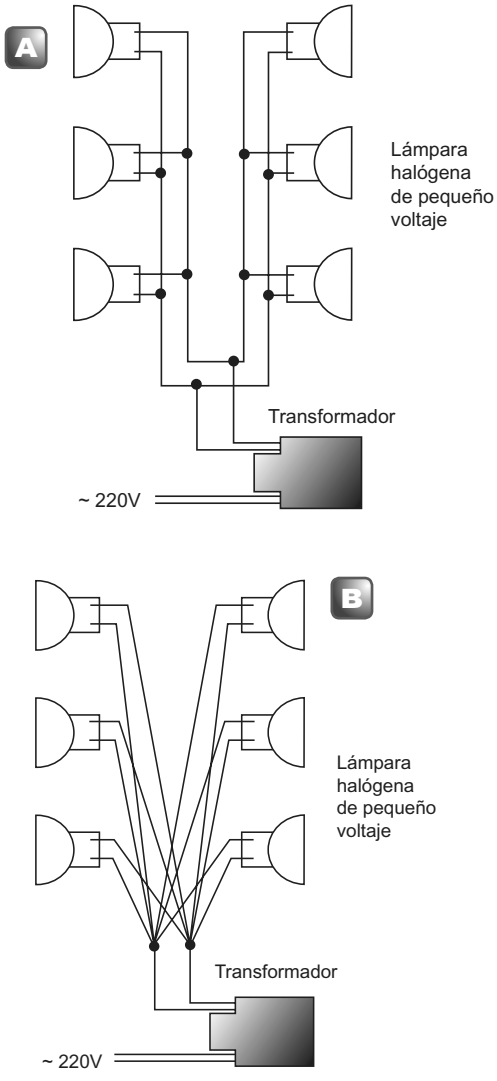
Lámparas halógenas

Las lámparas halógenas (figura 62) se fabrican para potencias hasta de 2000W y vienen en dos versiones básicas: de bajo voltaje y de alto voltaje. Las primeras operan con tensiones de 6, 12 o 24V. Por esta razón, requieren de un transformador para su conexión a la red pública de 120 o 240V. Las lámparas de alto voltaje, por su parte, se conectan directamente a la red. (Ambas versiones pueden traer zócalos de rosca o de bayoneta y se pueden montar en lugar de lámparas incandescentes normales, siempre y cuando el voltaje de operación coincida, o se coloque el transformador convertidor adecuado).

Las lámparas de bajo voltaje se emplean solas o con reflectores, para realzar viviendas, vitrinas, exposiciones, etc., así como para trabajos de precisión. Normalmente, se fabrican en tamaños de 15, 20, 25 y 50W. En cambio, las lámparas de alto voltaje se ofrecen con potencias desde 75 hasta 2000W o más; son utilizadas con proyectores, para la iluminación de monumentos, campos deportivos, escenas cinematográficas o de televisión (y otras aplicaciones que requieren altos niveles de luz). También son muy empleadas en aviación, fotografía, artes gráficas, etc.

En la figura 63 se muestran dos formas típicas de conectar lámparas halógenas de bajo voltaje.

Figura 63



Lámparas de mercurio

Las lámparas de mercurio son dispositivos utilizados para producir grandes cantidades de luz; por ejemplo,

como la requerida para iluminar calles, puentes, parques y otros lugares. Constan de dos bombillas: una exterior y una interior (figura 64).

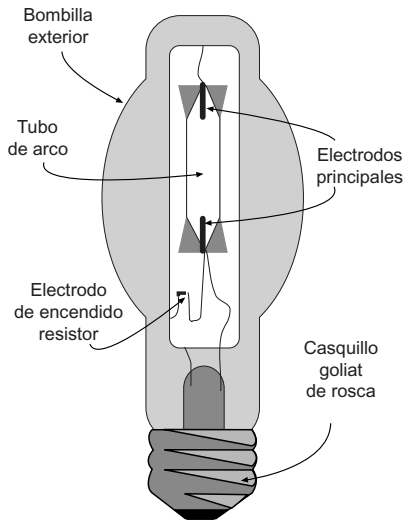
La bombilla interior, denominada **tubo de arco**, generalmente es de cuarzo y contiene gas argón y una pequeña cantidad de mercurio. También aloja al electrodo de encendido y a los electrodos principales.

Al aplicar un voltaje a la lámpara, se produce un pequeño arco eléctrico a través del argón; esto hace que se caliente el mercurio, y lo vaporiza gradualmente; y se vaporiza por completo en unos minutos, con lo cual el arco se extiende por toda la longitud del tubo, permitiendo que la lámpara ilumine con su brillo máximo.

Para encender, todas las lámparas de mercurio, al igual que las fluorescentes, requieren de un reactor o balastro que sea adecuado al tipo de cada una de ellas y al voltaje del circuito. El voltaje del balastro se aplica entre el electrodo principal inferior y el electrodo de encendido; y de esta manera, se produce la descarga eléctrica (arco) que calienta al mercurio, que lo evapora y que permite el flujo de una corriente alta entre los electrodos principales. Este efecto, denominado **descarga de alta intensidad** (HID), también se utiliza en otros tipos de lámparas como las de metal-haluro y las de sodio (figura 65).

Las lámparas de mercurio vienen en potencias desde 50 hasta 3,000W; pero las más comunes, son las de 175 y 400W. El tamaño del bulbo varía, según la potencia de la lámpara.

Figura 64



En la figura 66 muestra varias formas comunes de este tipo de lámparas; los más populares, son los bulbos tipo "R" (reflectores).

La vida de una lámpara de mercurio es extremadamente larga; puede ser superior a 24,000 horas (casi tres años de uso continuo) para potencias por encima de 100W; y del orden de 16,000 a 18,000 horas, para tamaños menores.

La eficiencia en lúmenes por vatio de las lámparas de mercurio, es muy superior a la de las lámparas incandescentes y similar a la de las lámparas fluorescentes. Sin embargo, es muy inferior a la de otras lámparas de descarga de alta intensidad como las de haluro y las de sodio. Estas dos últimas, de las cuales hablaremos enseguida, están reemplazando a las lámparas de mercurio en las nuevas instalaciones.

Lámparas de metal-haluro

Las lámparas de metal-haluro, introducidas en 1964, son muy similares en su apariencia a las lámparas de mercurio; y sustancialmente, tienen el mismo principio de operación. Sin embargo, el tubo de arco, en adición al gas argón y al mercurio, contiene otros ingredientes tales como yoduro de sodio, yoduro de talio, yoduro de indio o yoduro de escandio; esto conduce a una muy alta eficiencia, del orden de 80 a 100 lúmenes por vatio. Además, requieren de balastros especiales.

Existen varios tipos de lámparas de metal-haluro. Las **de bulbo limpio,** generan una luz similar a la de las lámparas fluorescentes de color blanco-frío. Otras tienen un recubrimiento de fósforo en el interior del bulbo, y producen una luz similar a la de las lámparas fluorescentes de color blanco. Con respecto a su

Figura 65

tamaño, normalmente vienen en cinco rangos de potencia: 175, 250, 400, 1,000 y 1,500W. Su vida útil es del orden de 20,000 horas para el tamaño de 400W, y de 10,000 horas para el tamaño de 1,000W. Además, son más costosas que las lámparas de mercurio. No obstante, la salida en lúmenes por vatio de una lámpara de metal-haluro es aproximadamente un 60% mayor que la de una lámpara de mercurio; y su luz puede ser dirigida fácilmente hacia un área relativamente pequeña, con la ayuda de reflectores. Esto último no es posible con lámparas de mercurio, debido que éstas presentan una fuente de luz de considerable área al reflector, lo cual impide la producción de haces de luz estrechos.

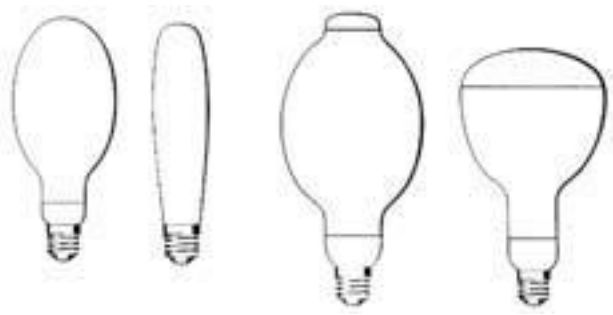
Lámparas de sodio

Las lámparas de sodio requieren de balastros especiales, y se ofrecen en tamaños desde 50 hasta 1,000W. Su salida es la más alta de todas las fuentes de luz eléctrica conocidas: 80 a 140 lúmenes por vatio (casi el doble de la salida de las lámparas fluorescentes o de mercurio, y cinco veces la de una lámpara incandescente de 500W). Su vida media es del orden de 24,000 horas.

Lámparas electroluminiscentes

Están formadas por dos electrodos encerrados en una ampolla de vidrio, la cual contiene un gas inerte (generalmente argón o neón). Cuando se aplica un voltaje apropiado a los electrodos, el gas en el interior del tubo se ioniza y se libera energía en forma de luz visible.

Figura 66



Un tipo especial de lámparas electroluminiscentes son los letreros de algunos aparatos de iluminación llamados **luminarias**, que sirven para dirigir, filtrar, transformar y, en general, controlar la luz emitida por las lámparas.

Las luminarias comprenden todos los elementos necesarios para fijar y proteger mecánicamente las lámparas y para recibir al circuito de alimentación.

En la figura 67 se muestran algunos ejemplos de luminarias. Dependiendo de la forma en que distribuyen la luz, pueden ser de dos tipos:

Reflectores

Están constituidos de superficies acabadas (aluminio abrillantado, vidrio plateado, etc.). Se utilizan para concentrar en un haz largo o estrecho, la luz emitida por la lámpara (según la aplicación).

Difusores

Están constituidos básicamente por cubiertas de vidrio o de plástico de distinto acabado. Se utilizan para atenuar los efectos deslumbrantes de las fuentes luminosas.

Típicamente, el rendimiento de los reflectores (relación entre el flujo luminoso emitido por la lámpara y el flujo utilizable) es de 70 a 80%; y el de los difusores, de 50 a 80%. Y con esto concluimos la tercera parte (materiales y elementos eléctricos) de este minicurso de electricidad doméstica.

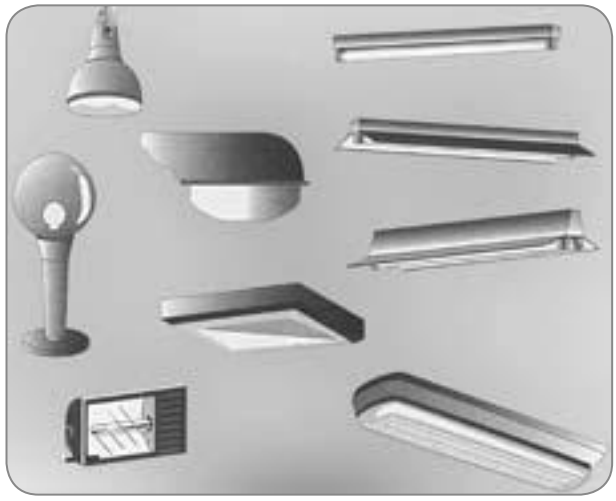



Figura 67