



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES EN ENERGÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**CRITERIOS DE DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES DE LOS SISTEMAS DE FUERZA  
EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES**

**TESINA**  
**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**  
**ESPECIALISTA EN ENERGÍA ELÉCTRICA**  
**PRESENTA:**  
**ALFREDO ALFARO LEON**  
**TUTOR**  
**ING. ANDRÉS DANIEL CHÁVEZ SAÑUDO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM**

**MÉXICO D.F. NOVIEMBRE 2013**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

*“Criterios de diseño y selección de  
materiales de los Sistemas de Fuerza en  
Instalaciones Eléctricas Industriales”*

T E S I S A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**ESPECIALISTA EN ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL  
DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES**

P R E S E N T A:

**ALFREDO ALFARO LEÓN**



DIRECTOR DE TESIS:  
**ING. ANDRÉS DANIEL CHÁVEZ SAÑUDO**

MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE, 2013



## **AGRADECIMIENTOS**

*Esta tesina es realizada con la contribución de cada uno de mis profesores de Posgrado, mi más sincero agradecimiento por su valiosa información pues aportaron mucho para la realización de este trabajo, sus clases y sus consejos hicieron posible que pudiera conseguir esta meta.*

*Vianney, por tu apoyo siempre incondicional y por tenerte siempre a mi lado apoyándome en cada momento de mi vida.*

*A mi hermano Alejandro por todo lo que hemos compartido, se que siempre cuento contigo.*

*A mis padres Fidencio Alfaro Mejía y Magdalena León González, les dedico este trabajo quienes me están viendo terminarlo desde el cielo.*

*A todos ustedes muchas gracias.*

**Alfredo Alfaro León**

## ÍNDICE

	Página
<b>Introducción</b> .....	7
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>1. Conceptos básicos de electricidad</b> .....	8
1.1 Electricidad .....	9
1.2 Origen de la electricidad .....	9
1.2.1 Cargas eléctricas .....	12
1.2.2 Corriente eléctrica y campos magnéticos asociados .....	14
1.2.3 Conductores, semiconductores y aislamientos .....	16
1.3 Parámetros eléctricos, definición, analogías y unidades.....	17
1.3.1 Diferencia de potencial (tensión).....	17
1.3.2 Corriente directa y corriente alterna .....	18
1.3.3 Resistencia .....	19
1.3.4 Relación entre tensión, corriente y resistencia. Ley de Ohm .....	22
1.3.5 Potencia, pérdidas de energía y energía .....	23
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>2. Conceptos básicos de circuitos eléctricos</b> .....	27
2.1 El circuito eléctrico.....	28
2.2 Leyes de Kirchoff de conservación de la corriente y tensión en circuitos .....	29
2.3 Circuitos monofásicos y trifásicos .....	30
2.4 Sobrecorrientes.....	33
2.4.1 Sobrecargas.....	33
2.4.2 Cortocircuitos.....	34
2.4.3 Fallas a tierra .....	34
2.5 Identificación de los conductores por medio de colores .....	38
2.6 Circuitos alimentadores y derivados .....	39
2.7 Generación, transmisión y distribución eléctrica .....	40
2.8 Potencia real y potencia aparente en circuitos de corriente alterna .....	42
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>3. Componentes de las instalaciones eléctricas</b> .....	44
3.1 Conductores eléctricos .....	46
3.1.1 Conductor eléctrico .....	46
3.1.2 Aislamiento de los conductores eléctricos .....	48
3.2 Interruptores .....	49
3.2.1 Conceptos básicos sobre interruptores.....	50
3.2.2 Clasificación general .....	51
3.3 Fusibles .....	53
3.3.1 Características de los fusibles .....	54

3.3.2	Desventajas en el uso de fusibles .....	55
3.3.3	Clasificación de los fusibles de baja tensión .....	55
3.3.4	Construcción de fusibles .....	57
3.3.5	Condiciones de operación .....	58
3.3.6	Comportamiento del fusible en circuitos de corriente alterna .....	58
3.4	Lámparas .....	59
3.4.1	Generalidades .....	59
3.4.2	Color de las lámparas fluorescentes y sus aplicaciones .....	61
3.5	Centros de cargas y tableros de distribución .....	62
3.5.1	Antecedentes y conceptos básicos .....	62
3.6	Contactos y apagadores .....	64
3.6.1	Apagadores .....	64
3.6.2	Accesibilidad de los apagadores .....	64
3.6.3	Montaje de los apagadores .....	65
3.6.4	Contactos .....	65
3.7	Canalizaciones .....	66
3.7.1	Tubos (conduit) metálicos .....	66
3.7.2	Tubo (conduit) no metálico .....	67
3.7.3	Ductos metálicos .....	68
3.7.4	Bus ducto (electroducto) .....	68
3.7.5	Cajas y accesorios para canalización con tubo .....	69
3.7.6	Ductos metálicos con tapa .....	69
3.7.7	Charolas para cables .....	70
3.8	Simbología e interpretación de planos .....	70
3.8.1	Símbolos en instalaciones eléctrica .....	70
3.8.2	Planos eléctricos .....	71
3.8.3	Principios del alambrado eléctrico .....	71
3.8.4	Los dibujos o planos para la instalación eléctrica .....	71
3.8.5	Elaboración de los diagramas de alambrado .....	72
3.8.6	Detalles del alambrado y diagrama de conexión .....	72

## CAPÍTULO 4

<b>4.</b>	<b>Normatividad y diseño .....</b>	<b>73</b>
4.1	Importancia de la norma de instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-2005 .....	74
4.2	Vista general de la norma de instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-2005 .....	77
4.3	Diseño de las instalaciones eléctricas .....	78
4.3.1	Planos de obra civil .....	79
4.3.2	Determinación de las cargas .....	79
4.3.3	Cálculo de corriente por carga o salida .....	80
4.3.4	Determinación de las cargas totales .....	81
4.3.5	Diseño de los circuitos derivados de la instalación y sus protecciones .....	82
4.3.6	Diseño del circuito alimentador de la instalación y su protección .....	84
4.3.7	Selección de cables de circuitos derivados y alimentador .....	86
4.3.8	Electrodo de puesta a tierra .....	93



4.3.9 Selección de la tubería conduit.....	95
4.3.10 Selección de las salidas, cajas de jalado y de empalmes y cajas de paso...	96
<b>Conclusiones</b> .....	100
<b>Apéndice</b> .....	101
Apéndice A .....	102
Apéndice B.....	102
Apéndice C.....	103
<b>Bibliografía</b> .....	105

## **Introducción**

Las instalaciones eléctricas constituyen uno de los elementos importantes en las construcciones entre las plantas generadoras o subestaciones alimentadoras y los centros de consumo proporcionando a los equipos la energía necesaria para su funcionamiento, motivo por lo que el tema es de permanente interés considerando que los cambios tecnológicos recientes, así como los desarrollos han modificado mucho los materiales y procedimientos usados para el proyecto y construcción de las instalaciones eléctricas.

Por lo anterior y con la finalidad de cumplir con las especificaciones requeridas para el diseño eléctrico y para garantizar la calidad de los equipos y materiales esta tesina incluye los últimos cambios que han habido en el campo de las instalaciones eléctricas, y esta específicamente orientado hacia las instalaciones industriales con un enfoque práctico y comprensible.

Dos características distinguen a este tesina: en primer lugar, su contenido es de fácil comprensión para los interesados en aprender a realizar instalaciones eléctricas, pues sus temas son expuestos con un lenguaje sencillo, sin abusar de la terminología técnica.

En segundo término, cabe resaltar que la información presentada está basada en la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas "NOM-001-SEDE-2005", por lo que esta tesina será una valiosa ayuda para las personas que, quieren ejecutar una instalación eléctrica confiable y segura, apegada a la normatividad nacional.

# **CAPÍTULO 1**

## **Conceptos básicos de electricidad**

## 1.1 Electricidad

La electricidad es un conjunto de fenómenos físicos referentes a los efectos producidos por las cargas eléctricas tanto en reposo como en movimiento.

Fue Benjamín Franklin quien denominó a los dos tipos de cargas, positiva y negativa; dedujo que cuando una carga se produce, siempre otra de magnitud idéntica pero de carga opuesta se crearía.

La electricidad puede definirse como el movimiento de cargas eléctricas llamadas electrones. Los átomos de la materia contienen electrones, que son partículas con cargas negativas. Los electrones se mueven alrededor del núcleo de su átomo, el cual contiene partículas cargadas positivamente llamadas protones.

Normalmente las cargas positivas y las negativas se encuentran en equilibrio en la materia. Cuando los electrones se mueven de su posición normal en los átomos, se observan efectos eléctricos.

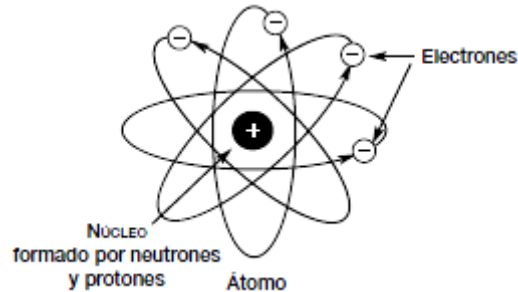
## 1.2 Origen de la electricidad

La materia está formada por moléculas, las cuales están compuestas a su vez por átomos. Los átomos son estructuras pequeñas y complejas. Son tan diminutos que el microscopio más potente sólo puede darnos una ligera idea de ellos.

Todos los átomos tienen estructuras similares, pero difieren en tamaño y peso. Todos, excepto el hidrógeno, están formados por tres partículas básicas (una partícula es una pequeñísima parte de la materia). Dos de esas partículas, los protones y los neutrones, siempre están contenidas en el centro del átomo, donde forman un pequeño núcleo interior denso y pesado.

La tercera clase de partículas, los electrones, son excesivamente pequeñas y muy ligeras, siempre están girando alrededor del núcleo formando una nube de electrones.

Muchos de estos electrones son de enlace, porque no pueden separarse del núcleo a menos que una gran fuerza los obligue. Si se aumentara el tamaño del átomo varios millones de veces, parecería un cuerpo esférico que no podría comprimirse fácilmente a un tamaño menor. Muchas sustancias puras o elementos están constituidos por interminables filas muy parecidas de átomos idénticos, colocados en hileras sobre hilera, en pequeñas zonas de espacio vacío entre ellos.



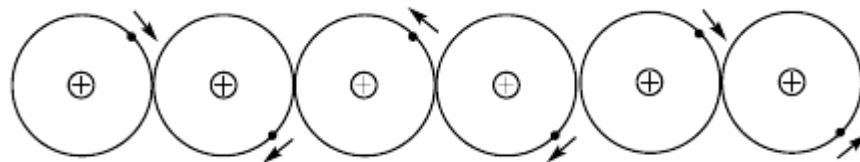
Las sustancias mixtas o compuestas están constituidas por varias clases de átomos. Los átomos forman racimos (moléculas) que se mantienen unidos por grandes fuerzas de atracción entre los átomos. Estas moléculas a su vez forman el sólido.

*Estructura interna de los metales.* Todos los metales tienen una estructura cristalina semejante. Millones de millones de átomos se agrupan muy juntos, tan juntos como sea posible, como naranjas en un cesto. Este arreglo deja un mínimo de espacio vacío entre los átomos del metal.

Si amplificamos más los cristales de metal, veremos que los espacios entre los átomos no están totalmente vacíos. Hay partículas extremadamente pequeñas, llamadas electrones libres, que aparecen en ellos con un movimiento irregular: para atrás y adelante, para arriba y abajo, hacia todos lados, sin una trayectoria definida. Muchos metales tienen un electrón libre por cada átomo de su estructura cristalina.

El movimiento desordenado e irregular de los electrones libres es causado por la energía calorífica, que está presente aun a muy bajas temperaturas. Cada átomo de metal contiene un cierto número de electrones internos o fijos, los cuales no tienen libertad de abandonar el átomo.

Una de las características importantes del átomo es que es estable, es decir, no puede romperse ni cambiar sus características.



Átomos formando una especie de cadena, similar a un tren de engranes

En condiciones naturales y normales de un átomo, no podemos agregarle o quitarle electrones, es decir, si un átomo tiene tres electrones en sus órbitas, no podemos agregar otro para que sean cuatro o viceversa.

Esto puede lograrse a través de métodos científicos muy complejos, como la ruptura del átomo o fisión nuclear.

Si nosotros golpeáramos al electrón del primer átomo de la cadena de tal forma que éste se saliera de su órbita y se metiera en la órbita del segundo átomo, este último, como no puede admitir dos electrones en su órbita, tendrá que mandar su propio electrón a la siguiente órbita y así sucesivamente, hasta que el último átomo tuviera en su órbita dos electrones.

Para que esto pueda lograrse, es necesario cerrar los extremos del conductor o del alambre, formando lo que se conoce como un circuito cerrado.

El generador va a impulsar a los electrones para que pasen de una órbita a otra, pero para que esto suceda es necesario que el circuito esté cerrado, en caso contrario, existiría la fuerza que trate de hacer correr a los electrones; pero si el circuito está abierto, no habrá corriente, flujo continuo y controlado de electrones de órbita a órbita.

El flujo de electrones requiere una fuerza o presión que empuje los electrones en forma continua, que se le conoce con el nombre de diferencia de potencial o tensión. Cuando el circuito está cerrado, a la circulación de electrones que fluyen por el conductor se le conoce como corriente o intensidad de corriente.

Ahora bien, hemos hablado de un alambre de cobre, pero si hubiéramos hecho el análisis con un alambre de hierro, veríamos que la diferencia estriba en que los electrones del metal de hierro son más perezosos que los del metal de cobre, es decir, se mueven con mayor dificultad al ser empujados por la diferencia de potencial.

Se dice que el alambre de hierro tiene más resistencia que el alambre de cobre, porque ofrece más resistencia al paso de la corriente eléctrica.

*Estructura de los no metales.* Muchos materiales no metálicos tienen una estructura interna absolutamente distinta a la de los metales. En muchas de esas sustancias, los átomos se juntan para formar moléculas. Estos racimos de átomos o moléculas se agrupan en hileras o cadenas para formar la sustancia, aun cuando un pequeño pedazo de vidrio tiene millones de millones de moléculas.

La estructura interna del vidrio es un ejemplo típico de un no-metal cristalino. Las moléculas de vidrio se agrupan ellas mismas con un patrón rígido, dejando entre los átomos y las moléculas espacios vacíos relativamente grandes. Si se amplificara una molécula de vidrio, veríamos que no hay electrones libres que ocupen los espacios vacíos entre los átomos. Esto sucede con muchos elementos y compuestos no metálicos. Unos pocos compuestos similares al vidrio en su estructura interna, y que no contienen electrones libres en condiciones normales, son: porcelana, plásticos, hule, mica, etcétera.

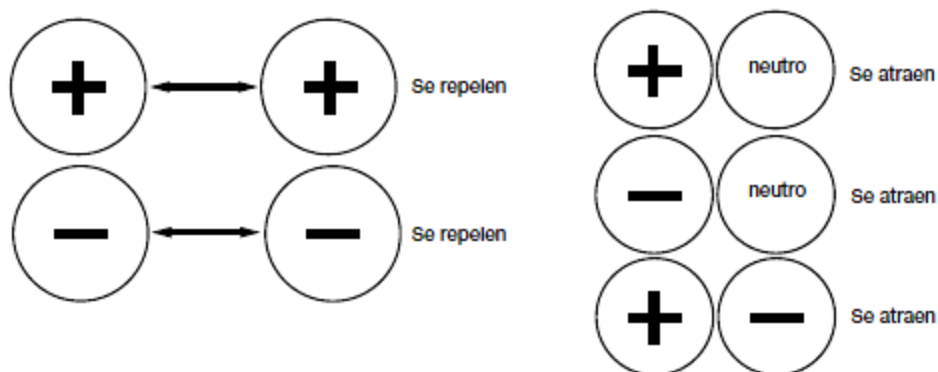
### 1.2.1 Cargas eléctricas

*Electricidad estática.* La electricidad estática es electricidad sin movimiento. Ya que la electricidad se define como una forma de energía, se concluye que la electricidad estática debe ser energía eléctrica potencial.

Alrededor del año 1600 dC, el cirujano inglés William Gilbert intentó por primera vez encontrar la verdadera naturaleza de la fuerza misteriosa de atracción del ámbar frotado. Gilbert encontró en su investigación que muchas otras sustancias también podían cargarse con esas fuerzas de atracción al frotarlas con pieles o seda. Él dijo que la materia cargada con esa fuerza invisible de atracción estaba electrizada. Gilbert formó esta palabra basándose en el nombre griego del ámbar (elektron), que fue la primera sustancia electrizada. El siguiente paso lógico fue llamar electricidad a esta fuerza que no tenía nombre.

*Descarga eléctrica.* Un cuerpo que ha perdido electrones trata de reponerlos, mientras que el que tiene exceso de electrones trata de deshacerse de ese exceso. Para distinguir entre las dos clases de cargas se usan símbolos matemáticos. La carga debida a una falta de electrones es llamada carga positiva. La carga debida a un exceso de electrones es llamada carga negativa.

*Comportamiento de los cuerpos cargados.* La presencia de la fuerza invisible que ejercen los cuerpos cargados sobre cada uno de los otros puede verse al acercar dos cuerpos cargados. Si los cuerpos cargados se cuelgan de hilos delgados, se atraerán o rechazarán de acuerdo con la naturaleza de sus cargas. Los objetos con cargas diferentes se atraen, mientras que los cuerpos con cargas iguales se rechazan. La figura muestra todas las posibles combinaciones de cargas y las fuerzas que actúan de acuerdo con cada combinación.



Hay tres posibles combinaciones de cargas diferentes:

- Neutro/positivo
- Neutro/negativo
- Negativo/positivo

Hay dos combinaciones posibles de cargas iguales:

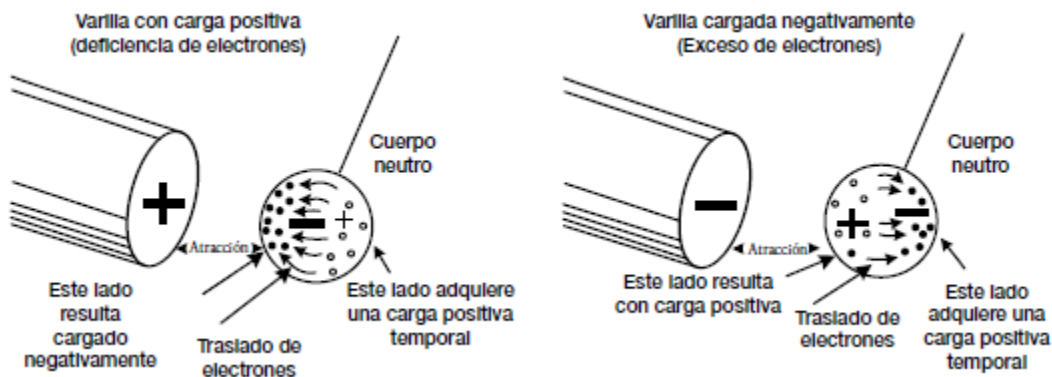
- Positiva/positiva
- Negativa/negativa

Si los dos cuerpos son eléctricamente neutros, es decir, no están cargados, no hay fuerzas eléctricas entre ellos. Estos resultados se expresan en una ley básica de la electricidad llamada Ley de cargas: *Cargas iguales se rechazan, cargas diferentes se atraen.*

*Cargas inducidas en cuerpos neutros.* Anteriormente se vio que un cuerpo neutro es atraído por los cuerpos cargados tanto en forma positiva como negativa. Esto parece violar la segunda parte de la Ley de cargas, en la cual se establece que solamente los cuerpos con diferentes cargas se atraen. Una breve explicación de lo que sucede dentro del cuerpo neutro eliminará la confusión. Cuando se acerca un cuerpo cargado positivamente a un cuerpo neutro, la carga positiva atrae los electrones del cuerpo neutro dando una carga negativa al lado que da frente al cuerpo cargado.

En esta condición se cumple lo establecido en la segunda parte de la Ley de cargas: cargas diferentes se atraen. El cuerpo neutro completo permanece neutro, ya que ni ha ganado ni ha perdido electrones; sólo ha ocurrido un cambio de posición de electrones. Cuando se acerca una varilla con carga negativa a un cuerpo neutro, los electrones del cuerpo neutro son rechazados por la carga igual de la varilla.

Esta acción desplaza los electrones al otro lado del cuerpo neutro, el cual queda cargado temporalmente en los dos lados. La carga negativa de la varilla y la temporalmente positiva del cuerpo neutro se atraen una a la otra. Al alejar la varilla cargada, los electrones desplazados vuelven a su posición original.



Esta acción desplaza los electrones al otro lado del cuerpo neutro, el cual queda cargado temporalmente en los dos lados. La carga negativa de la varilla y la temporalmente positiva del cuerpo neutro se atraen una a la otra. Al alejar la varilla cargada, los electrones desplazados vuelven a su posición original.

*Medidas de las cargas.* Definimos la carga como un exceso o deficiencia de electrones en un cuerpo. A la falta de electrones se le llamó arbitrariamente una carga positiva y a un



exceso de electrones se le llamó carga negativa. En los dos casos se cambió el número normal de electrones en el cuerpo.

La mejor manera de medir la cantidad de carga en un objeto sería contar el número de electrones forzados a entrar o sacados de ese objeto. El tamaño increíblemente pequeño de los electrones hace que este método sea imposible. La cantidad de carga en un cuerpo es medida en grupos de 6,25 millones de millones de millones (o trillones) de electrones. Esta cantidad de electrones representa una unidad de carga. Para honrar a Charles A. Coulomb, científico francés del siglo XVIII, la unidad de carga fue llamada coulomb o culombio.

1 coulomb = unidad de carga eléctrica (c)

Cantidad de carga originada por un exceso o deficiencia de 6,25 trillones de electrones. En los cálculos matemáticos, se usa la Q para representar la carga. El nombre de la unidad de carga abreviada es c.

### **1.2.2 Corriente eléctrica y campos magnéticos asociados**

La corriente eléctrica es la electricidad en movimiento, es decir, un flujo continuo y controlado de electrones.

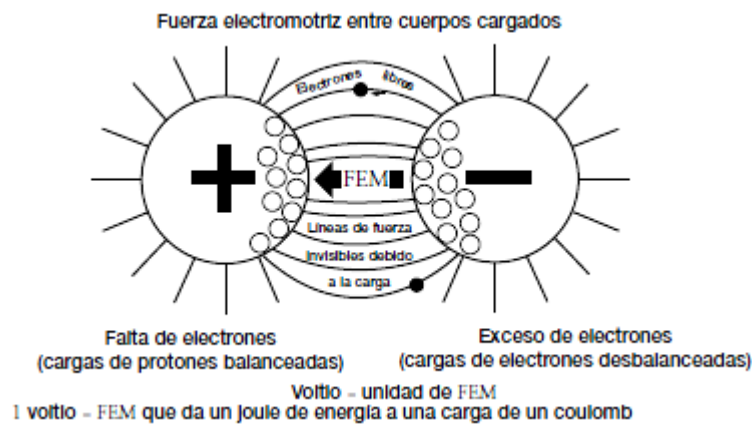
Anteriormente se vio que los cuerpos con carga eléctrica ejercen una fuerza sobre los objetos que los rodean.

Esta fuerza eléctrica tiene como característica que repele cuerpos con la misma carga y atrae cuerpos con carga diferente. La Ley de atracción y repulsión electrostática establece que un cuerpo cargado eléctricamente ejerce una fuerza de atracción y repulsión sobre las cargas de los cuerpos que se encuentran a su alrededor; la zona en que se manifiestan estas fuerzas se llama campo eléctrico.

Esta fuerza invisible fue llamada fuerza electromotriz (FEM: trabajo efectuado para mover una carga entre dos puntos determinados).

Si un objeto tiene más electrones de los normales, se dice que tiene carga eléctrica negativa. Este hecho establecido experimentalmente lleva a dos conclusiones: cada electrón tiene carga negativa permanente, y la lleva con él a donde quiera que vaya; la carga negativa de los electrones en un cuerpo sin carga es balanceada por una carga positiva en este cuerpo. Estas conclusiones han sido probadas experimentalmente por físicos. El núcleo de cualquier átomo contiene partículas muy pequeñas y a la vez poderosas llamadas protones. Cada protón tiene una carga positiva permanente (los protones no tienen libertad para moverse; no pueden abandonar el núcleo del átomo). En un ion positivo, el total de carga positiva de los protones en el núcleo es mayor que la carga total negativa de la nube de electrones, haciendo que el ion atraiga electrones. En un ion negativo la carga negativa total de la nube de electrones es mayor que la carga

positiva en los núcleos, y como resultado el ion repele los electrones. La fuerza de atracción (o repulsión) entre partículas cargadas se llama fuerza electromotriz (FEM).



*Campo eléctrico entre cuerpos cargados.* Existen líneas invisibles de fuerzas eléctricas entre las dos esferas cargadas mostradas en la figura. Esas líneas harán que los electrones que estén libres viajen de la esfera negativa a la positiva.

La magnitud de la fuerza que actúa entre las esferas cargadas depende de la cantidad de carga en cada una de ellas y de la distancia que las separa (las líneas de fuerza se debilitan al aumentar la distancia entre ellas). La energía que originalmente se usó para trasladar electrones a la esfera negativa es almacenada como energía potencial por los electrones desplazados. Estos electrones pueden hacer trabajo cuando regresen a la esfera positiva. La unidad de medida de la FEM es el volt o voltio en honor a Alessandro Volta, científico italiano que hizo importantes aportaciones al estudio de la electricidad. En el lenguaje técnico, a la FEM la llamamos tensión o diferencia de potencial.

*Electricidad y magnetismo.* En 1819 un profesor danés de Física, Hans Christian Oersted, descubrió que la corriente a través de un conductor ejerce una fuerza magnética sobre los objetos de hierro cercanos. La fuerza magnética alrededor de un conductor en el cual está fluyendo una corriente es causada por los electrones que fluyen. La fuerza magnética producida por los electrones viajeros se llama electromagnetismo.

La fuerza magnética causada por la corriente de electrones actúa a lo largo de líneas de fuerza circulares y concéntricas que tienen su centro en el flujo de electrones.

Las líneas de campo magnético actúan en un ángulo recto (perpendiculares) al conductor de corriente y existen a lo largo de todo el circuito eléctrico por el que fluye la corriente.

La dirección del campo magnético depende de la dirección del flujo de electrones.

*Regla de la mano derecha.* “Cogiendo el conductor con la mano derecha de forma que el pulgar señale la dirección de la corriente, los restantes dedos señalarán la dirección de las líneas de flujo”.

### 1.2.3 Conductores, semiconductores y aislamientos

Desde el punto de vista eléctrico, podemos clasificar todas las sustancias conocidas por el hombre de acuerdo con su comportamiento. Aquellas que conducen la electricidad con facilidad son llamadas conductores, es decir, que sus electrones pueden moverse con facilidad puesto que sus uniones con el núcleo son débiles, lo que permite el intercambio de electrones (todos los metales están incluidos en este grupo). Los materiales que ofrecen gran resistencia al flujo de electrones son llamados aislantes. En este grupo están muchos compuestos no metálicos. Existe un tercer grupo de materiales que actúan de manera diferente cuando son conectados a un circuito eléctrico, son conductores bajo ciertas circunstancias y actúan como aislantes bajo otras; estos materiales son llamados semiconductores.

*Conductores.* Si la característica evidente de todo buen conductor de electricidad es el ser metal, es lógico pensar que los metales tienen una característica común que les hace ser buenos conductores. Todos los metales están constituidos por paquetes compactos de átomos de metal con pequeñísimos electrones libres flotando en los espacios entre los átomos, libres para viajar a lo largo de todo el metal. Estos electrones libres siempre están presentes en el metal sin importar su temperatura.

La presencia de esos electrones libres hace a todos los metales buenos conductores. No todos los metales conducirán la electricidad con la misma facilidad. El mejor conductor de electricidad es la plata, seguida muy de cerca por el cobre, oro y aluminio. El cobre es el más utilizado en la mayoría de los conductores eléctricos, por sus características eléctricas y mecánicas.

*Aisladores.* Un aislador es un material que no conduce electricidad bajo condiciones normales. Muchos compuestos no metálicos son aisladores. La principal característica de los aisladores es que tienen muy pocos o carecen de electrones libres bajo condiciones normales. Sin electrones libres no puede haber flujo de electrones. Todos los electrones de un aislador están unidos a sus átomos mediante fuerzas de gran magnitud. Los aisladores tienen pocos o ningún electrón libre.

Son materiales aisladores: mica, porcelana, cerámica, vidrio, plástico, hule, papel seco, baquelita, seda.

No todos los aisladores son iguales en sus cualidades aisladores. Los mejores aisladores no tienen electrones libres. Los aisladores no tan perfectos contienen pocos electrones libres, con los que es posible generar una corriente eléctrica muy pequeña. La porcelana es uno de los mejores aisladores usados actualmente; se usa sin excepción para aislar las

líneas de transmisión de alta tensión y no pierde sus cualidades aislantes a pesar de las altas tensiones usados en tales líneas (100 a 400 kV): como consecuencia, la corriente sigue fluyendo a través de los cables.

Ya que los plásticos son suaves y flexibles frecuentemente, además de excelentes aisladores, se usan como aislamientos o cubiertas de los conductores eléctricos. A mayor espesor, más efectivo es el aislamiento.

Muchos aislamientos no deben llegar a temperaturas críticas porque comienzan a degradarse (se derriten); por esta imposibilidad de soportar altas temperaturas se les llama termoplásticos. Un hecho importante de los aislamientos termoplásticos es que pueden pigmentarse y fabricarse en muchos colores (este hecho facilita a los técnicos el rastreo de alambres en circuitos complicados). Los aisladores de cerámica son parecidos a los materiales de porcelana. Estos aisladores son extremadamente eficientes, pero muy quebradizos.

*Semiconductores.* Un semiconductor puede tener las características de un conductor o de un aislador, dependiendo de su temperatura y la FEM aplicada. El silicio puro, un material gris de apariencia metálica, es un semiconductor. A la temperatura normal no tiene electrones libres. Todos sus electrones están unidos a sus respectivos átomos. El silicio puro a la temperatura normal es un aislador. Si su temperatura se eleva hasta cierto valor crítico, se vuelve conductor. Cuando el cristal de silicio alcanza una temperatura crítica, los electrones periféricos son desprendidos de sus átomos por la energía calorífica y flotan en los espacios de cristal. Tan pronto como la temperatura alcanza este nivel, el silicio será conductor. En el instante en que la temperatura está por debajo del nivel crítico, los electrones libres volverán a sus átomos. El silicio tendrá nuevamente su cualidad aislante.

También es posible lograr que el silicio sea conductor a la temperatura normal, si se le aplica una tensión. Si el silicio puro se conecta a una fuente de alta tensión, las fuertes líneas de FEM que actúan entre las terminales negativa y positiva de la fuente desprenderán electrones periféricos fuera de los átomos de silicio. El silicio será conductor cuando el alta tensión actúe sobre él. Cuando el alta tensión cesa, los electrones libres volverán a los átomos. El silicio volverá a comportarse como aislador. Existen sólo tres elementos que pueden clasificarse como semiconductores reales: carbono, germanio, silicio.

### **1.3 Parámetros eléctricos, definición, analogías y unidades**

#### **1.3.1 Diferencia de potencial (tensión)**

El flujo de electrones requiere mantener una fuerza o presión (tensión) que empuje los electrones en forma continua. Esta fuerza generalmente se conoce con el término de fuerza electromotriz o FEM. La tensión o la FEM es la diferencia de la carga eléctrica entre

dos puntos. Con el fin de mantener esta diferencia, debe existir un exceso de electrones en un cierto lugar y una deficiencia o falta de electrones en otro lugar.

La tensión es la presión o diferencia de potencia eléctrica de una carga entre dos puntos en un circuito eléctrico o campo eléctrico, es decir, el trabajo realizado por una fuerza externa (invisible) para mover la carga de un punto a otro.

La unidad de medida es el volt. El aparato que usamos para medir este parámetro eléctrico es el voltmetro o voltímetro, el cual se conecta en paralelo a la línea para efectuar la medición.

La tensión es comúnmente representado por los símbolos E o V y se le conoce como tensión, potencial y FEM (fuerza electromotriz).

### 1.3.2 Corriente directa y corriente alterna

La corriente eléctrica es el flujo continuo y controlado de electrones en un circuito eléctrico.

Cuando se tiene una fuente de tensión conectada a través de conductores a un dispositivo, las cargas eléctricas fluyen desde un polo hacia otro; a este flujo se le llama corriente eléctrica y es el indicador de la cantidad de flujo hacia algún punto. La intensidad de corriente se conoce como la variación de carga con respecto al tiempo y su intensidad se mide en coulombs por segundo; esta unidad se denomina ampere o amperio.

El aparato que se utiliza para medir la corriente eléctrica es el ampermetro o amperímetro.

La corriente eléctrica generalmente es clasificada en dos tipos: corriente directa y corriente alterna.

*Corriente directa.* La corriente directa (cc), también conocida como corriente continua, siempre fluye en la misma dirección. Los electrones fluyen en una sola dirección pues la polaridad de la tensión o de la fuente de la FEM es la misma; una de las terminales o polos de la batería es siempre positiva y la otra negativa.

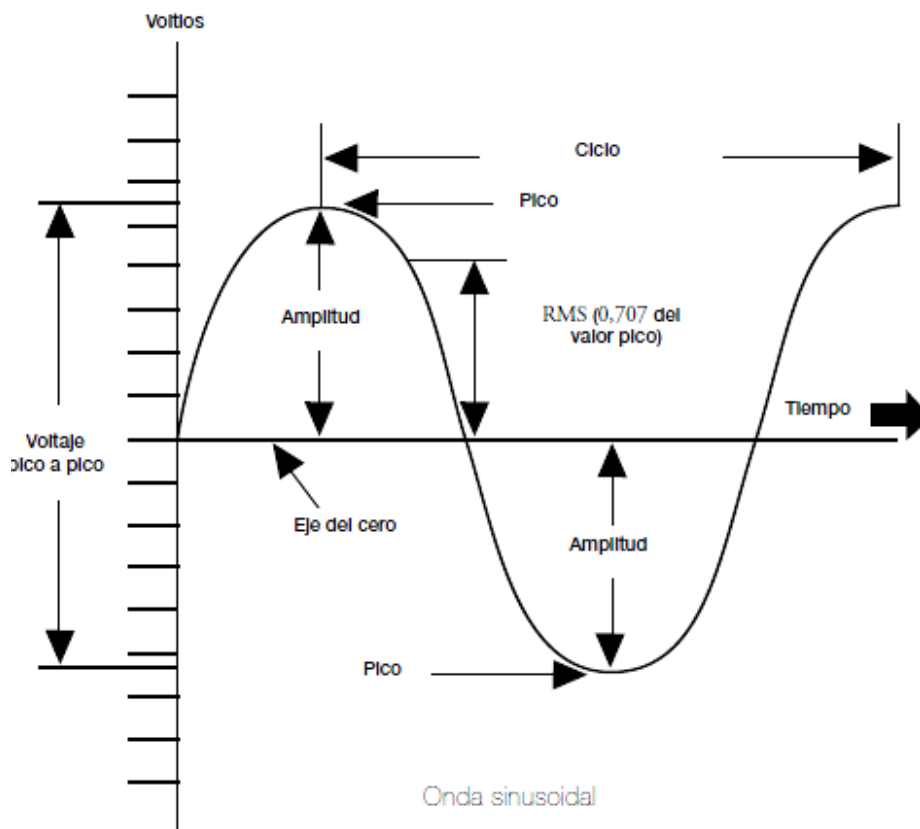
Los electrones fluyen desde la terminal negativa (polo negativo) de la fuente de tensión, recorren el circuito y retornan a la terminal positiva (polo positivo).

Algunos ejemplos claros de fuentes de corriente continua son: la pila seca, el acumulador de un automóvil, un generador de cc o un rectificador de corriente.

*Corriente alterna.* Una fuente de corriente alterna produce una tensión que regularmente se va alternando, aumentando desde cero hasta un máximo positivo y decreciendo desde este máximo hasta cero, para volver a aumentar hasta un valor máximo negativo y decrecer hasta llegar nuevamente a cero; a esta variación completa se le llama ciclo. La corriente alterna (ca) es un tipo de corriente cuya polaridad se invierte periódicamente.

*Onda sinusoidal de ca.* La rotación de un imán frente a una bobina origina en ésta una corriente alterna. La corriente eléctrica inducida obtenida tiene una forma llamada sinusoidal.

La tensión y corriente alternas producidos por el movimiento rotatorio de un generador asumen la forma de una onda o curva sinusoidal: ésta es la forma más común de tensión y corriente alterna. Cuando el conductor gira dentro de un campo magnético, corta, según una proporción variable, las líneas magnéticas de fuerza. En consecuencia de lo anterior, la tensión varía según un esquema regular y repetitivo.



### 1.3.3 Resistencia

El flujo de electrones necesita un material que permita por su medio un fácil desplazamiento de los electrones. La oposición que presenta un material al flujo de electrones es conocida como resistencia.

La corriente o flujo de electrones libres en un circuito eléctrico encuentra oposición a su movimiento en todas las partes del circuito.

La fricción (resistencia al movimiento) de un objeto depende del tipo de superficie sobre la que se mueve. De manera parecida, los diferentes metales ofrecen distinta cantidad de oposición a la corriente de electrones.

Gran parte de la resistencia se debe a los choques entre electrones que fluyen y los átomos estacionarios. Los electrones pierden energía cinética (de movimiento) al fluir a través de una resistencia. Esta energía es convertida en calor. Las vibraciones mecánicas de los átomos de metal (originados por los choques entre electrones y átomos) son percibidas por nuestros sentidos como calor.

Siempre que el flujo de electrones encuentra resistencia, su energía cinética (de movimiento) se convierte en energía calorífica (calor).

Corriente o flujo de electrones a través de una resistencia = calor

La cantidad de oposición o resistencia que encuentra la corriente de electrones dentro de un metal (u otro material) depende de los siguientes factores:

- El tipo de metal. Algunos metales tienen una bajísima resistencia interna debido al arreglo de sus átomos (y otros factores). Los cuatro metales con resistencia mínima entre todas las sustancias son plata, cobre, oro y aluminio. De los cuatro, la plata tiene menor resistencia, seguida por el cobre, luego el oro y después el aluminio.
- La longitud del alambre. La resistencia de un alambre de metal aumenta con su longitud. A mayor longitud de un alambre de metal habrá más colisiones entre átomos y electrones, con lo que se convierte en calor más energía de los electrones.
- El área de sección transversal de un conductor. A mayor amplitud en el camino de la corriente de electrones, más facilidad para su flujo a través del metal. A mayor área de la sección transversal del alambre, menor resistencia.
- La temperatura del metal. A una temperatura normal, la energía calorífica presente en todas las sustancias origina una suave vibración o agitación de sus átomos, sin que éstos pierdan su posición en el cristal de metal. Si se aumenta la temperatura, los átomos se agitan más y habrá mayor número de choques entre los electrones que fluyen y los átomos. La resistencia aumenta con la temperatura en los metales.

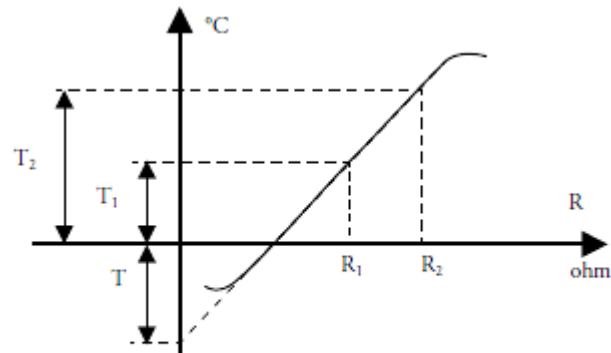
*Medida de la resistencia.* La resistencia siempre causa una pérdida de energía en los electrones (que es convertida en calor). Asimismo, la energía transportada por los electrones depende de la FEM o tensión que actúa sobre ellos. Considerando estas dos proposiciones, llegamos a una conclusión: si los electrones pierden energía al fluir en contra de una resistencia, entonces esta pérdida de energía implica una pérdida de FEM o

tensión debido a la resistencia. Los técnicos se refieren a esta pérdida de energía o tensión como caída de tensión a través de una resistencia. La pequeña pérdida de tensión a lo largo de cada resistencia se suma para dar la pérdida total de tensión a través de toda la resistencia.

La energía perdida y la pérdida de tensión resultante son usadas para definir la unidad de resistencia: una unidad de resistencia es la cantidad de resistencia que causa una caída de tensión de 1 voltio a una corriente de 1 amperio. La unidad de resistencia es el ohm u ohmio, llamado así para honrar a Georg S. Ohm, científico alemán del siglo XIX. El ohmio = unidad de resistencia que causa una caída de tensión de 1 voltio a una corriente constante de 1 amperio. El aparato para medir la resistencia es el ohmetro y se conecta en los extremos de la resistencia por medir.

*Efecto de la temperatura en la resistencia.* Dentro de los límites de operación de los conductores eléctricos, los únicos cambios apreciables en los materiales usados son los incrementos en la resistencia y la longitud que éstos sufren, en virtud de cambios de su temperatura. El más importante, en cables aislados, es el cambio en el valor de su temperatura.

Si efectuáramos mediciones de la resistencia en un conductor, a distintas temperaturas, y situáramos los valores obtenidos en una gráfica, obtendríamos la curva siguiente:



Variación de la resistencia de un conductor eléctrico metálico con la temperatura

La resistencia ( $R_2$ ), a una temperatura cualquiera  $T_2$ , en función de la resistencia ( $R_1$ ), a una temperatura  $T_1$  distinta de cero, estaría dada por:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha (T_2 - T_1)]$$

$\alpha$  = Coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura.

En donde:  $\alpha$  se denomina coeficiente de corrección por temperatura y sus dimensiones son el recíproco de grados centígrados.



$\alpha = 1/234,5 = 0,00427$ , a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  para el cobre recocido

$\alpha = 1/228 = 0,00439$ , a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  para el aluminio

$\alpha = 1/228,1 = 0,00438$  (aluminio duro estirado)

### 1.3.4 Relación entre tensión, corriente y resistencia. Ley de Ohm

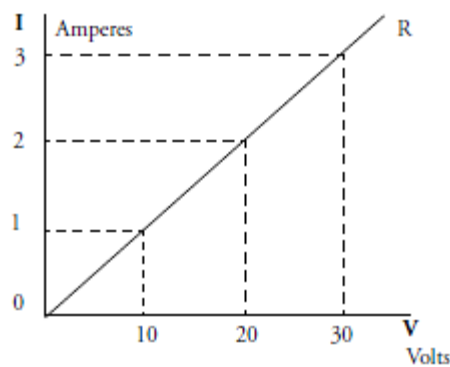
Al aplicar una diferencia de potencial a un circuito eléctrico cerrado, se produce una corriente de electrones a través de todas las partes del circuito. La tensión aplicada da una fuerza (energía cinética) a los electrones libres, que es convertida en calor (energía calorífica) por la resistencia del circuito. La mayor parte de la conversión ocurre en la carga.

Durante mucho tiempo se sospechó de la existencia de una íntima relación entre la tensión, la corriente de electrones y la resistencia de un circuito eléctrico. En el año de 1827 el profesor alemán de física Georg S. Ohm publicó una ecuación sencilla que explica la exacta relación entre tensión, corriente y resistencia. Esta ecuación, conocida como la Ley de Ohm, se ha convertido en una poderosa herramienta. Permite predecir lo que sucederá en un circuito eléctrico antes de construirlo.

Usando la Ley de Ohm, se conocen exactamente cuánta corriente de electrones fluirá a través de una resistencia, cuando se conoce la tensión aplicada.

Podemos expresar la relación entre tensión aplicada y la corriente de electrones resultante en una proposición formal: *la corriente en un circuito de resistencia constante es directamente proporcional a la tensión aplicada.*

Esta relación puede expresarse gráficamente dibujando a I contra el valor de V, como se muestra en la figura siguiente:



La Ley de Ohm en su forma gráfica

*Relación contra corriente y resistencia del circuito.*

Cualquier aumento en la resistencia del circuito causa una disminución proporcional en la cantidad de corriente de electrones a través del circuito.

Cualquier disminución del valor de la resistencia produce un aumento proporcional en la cantidad de corriente de electrones.

Nuestra conclusión puede expresarse formalmente como: *la corriente que fluye en un circuito eléctrico con una tensión constante es inversamente proporcional a la resistencia del circuito.*

Ley de Ohm

La Ley de Ohm nos dice que: la corriente es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del circuito.

La expresión escrita de esta ley puede representarse mediante la siguiente ecuación algebraica:

$$I = V/R$$

En donde:

I = intensidad del flujo de electrones, o corriente de electrones, medida en amperes [A].

V = tensión (también conocido como E = diferencia de potencial o FEM = fuerza electromotriz) en volts [V].

R = Es la resistencia del circuito, medida en Ohms [ $\Omega$ ].

### 1.3.5 Potencia, pérdidas de energía y energía

Potencia

*Diferencia de potencial.* La diferencia de potencial eléctrico de una carga entre dos puntos se define como el trabajo realizado por una fuerza externa para mover la carga de un punto a otro.

Analizando un sistema mecánico, cuando aplicamos una fuerza (F) a un objeto y éste se desplaza a una distancia (L), estaremos realizando un trabajo, el cual queda definido como:

$$\text{Fuerza} \times \text{distancia} = \text{trabajo}$$

El trabajo en un sistema eléctrico lo estaremos realizando cuando se aplica una tensión y se produce una corriente de electrones.

La gran utilidad de la energía eléctrica está en que puede ser transformada fácilmente en otro tipo de energía, como la mecánica o la térmica. La energía eléctrica es transformable debido a que la diferencia de potencial es lo suficientemente fuerte para provocar choques entre los electrones en movimiento y los átomos del conductor.

La potencia o energía eléctrica es la rapidez o velocidad con que la energía eléctrica asume otra forma. En un sistema mecánico, la potencia es la rapidez con la que se realiza un trabajo, es decir, la cantidad de trabajo que puede hacerse en una cantidad específica de tiempo.

Mientras mayor sea la potencia o energía eléctrica que va a un motor, mayor será el trabajo que el motor realice en un determinado tiempo.



La potencia eléctrica, es decir, el porcentaje en el cual la energía eléctrica se convierte en otra forma de energía, simplemente es la corriente multiplicada por la tensión.

La unidad de medida de la potencia eléctrica es el watt (W), en honor a James Watt.

Una tensión de 1 volt, al empujar una corriente de 1 ampere, produce 1 watt de potencia.

$$\text{Potencia} = \text{corriente} \times \text{tensión} \quad P = I \times V$$

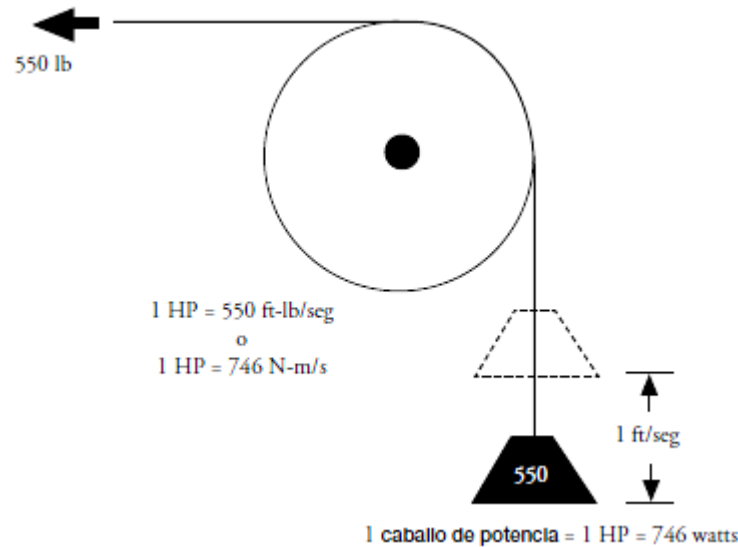
En donde:

P = Potencia en watts [W]

I = Corriente eléctrica en amperes [A]

V = Tensión en volts [V]

Caballos de potencia (HP). El trabajo mecánico que realiza un motor se mide en términos de caballos de potencia. Un caballo de potencia se define como 550 libras aplicadas durante una distancia de un pie en un segundo. En otras palabras, se necesita 1 HP para levantar 550 lb a la distancia de un pie en un segundo. En el sistema métrico, 1 HP es una fuerza de 746 newtons, aplicados a lo largo de un metro durante un segundo.



### *Pérdidas de energía*

Cuando existe oposición o resistencia al movimiento, parte de la energía cinética de este movimiento se transforma en energía calorífica (calor) sin poder recuperarse; de igual manera ocurre en el movimiento de los electrones ante la resistencia: parte de la energía eléctrica se convierte en calor. El calor es producido por la fricción de los electrones libres en movimiento y los átomos que obstruyen el paso de los electrones.

Las pérdidas de energía por el calor generado en la conducción se describen por medio del efecto joule.

Las pérdidas de energía generalmente se calculan por medio de la formula de la Ley de Joule:

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

En donde:

P = potencia en watts [W]

I = corriente eléctrica en amperes [A]

R = resistencia eléctrica en ohms [ $\Omega$ ]

El calor generado es una clara evidencia de que la potencia se usa para producir la corriente eléctrica.

### *Energía*

La energía es un trabajo eléctrico, es decir, la potencia consumida en un lapso determinado.

La energía producida o utilizada por cualquier sistema se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$W = P \times t$$

En donde:

W = energía en watts-s [W-s]

P = potencia **en** watts [W]

t = tiempo en segundos [s]

El watt-s es una cantidad demasiado pequeña para fines prácticos (Sistema de Potencia), por lo que se emplea el watt-hora o kilowatt-hora. El aparato que utilizamos para medir la energía consumida es llamado wathorímetro.

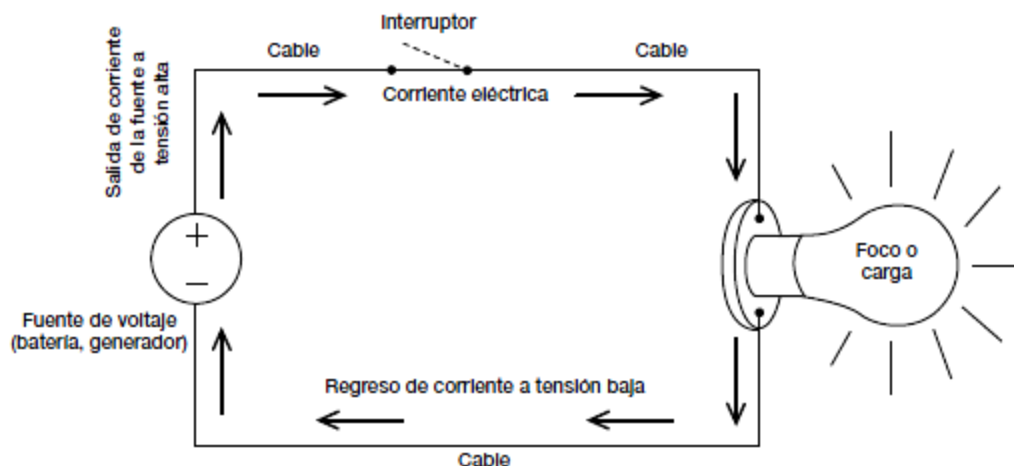
## **CAPÍTULO 2**

### **Conceptos básicos de circuitos eléctricos**

## 2.1 El circuito eléctrico

La corriente eléctrica (movimiento de cargas eléctricas) se transmite de un lugar a otro a través de cables eléctricos. Los cables eléctricos tienen un conductor metálico (generalmente de cobre o aluminio), que es el que transporta la corriente eléctrica. La cantidad de corriente transmitida está relacionada con el área transversal del metal conductor: a mayor área, mayor corriente eléctrica transmitida. El aislamiento del cable tiene la función de evitar que la corriente eléctrica se salga del conductor metálico. El espesor de aislamiento está relacionado con la tensión eléctrica que soporta el cable: a mayor espesor de aislamiento, el cable soporta mayor tensión eléctrica. Las unidades que se emplean para medir la corriente eléctrica son carga eléctrica entre tiempo [coulombs por segundo (C/s), a lo que se le llama ampere].

Para que la corriente eléctrica se transmita de un lugar a otro, se requiere que exista una diferencia de tensión entre los dos lugares y que estén unidos mediante un cable. Las unidades que se emplean para medir la tensión eléctrica son los volts.



Circuito eléctrico.

En la figura anterior se presentan algunas de las principales partes de un circuito eléctrico, que son:

- La fuente generadora de tensión o electricidad. Ésta puede ser un generador, una batería, la salida de un transformador o la alimentación de la compañía suministradora de electricidad, como son Luz y Fuerza del Centro o la Comisión Federal de Electricidad.
- El medio de transmisión de electricidad, que son los cables.
- La carga, que es donde se utiliza la electricidad; puede ser un motor, un foco, una lavadora, una televisión, una computadora, etcétera.
- El medio de desconexión de la electricidad, que se conoce como interruptor.

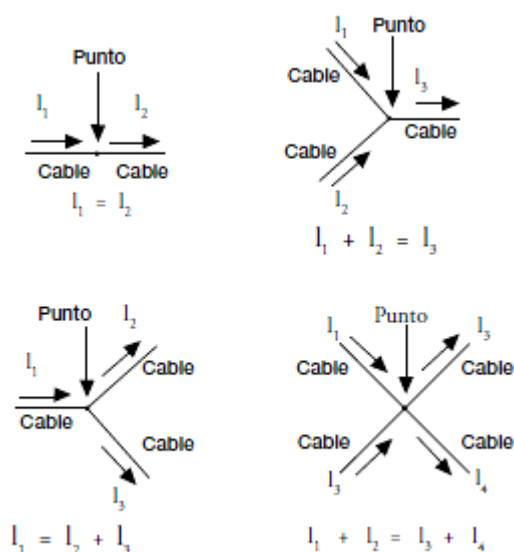
## 2.2 Leyes de Kirchoff, de conservación de la corriente y tensión en circuitos

### Primera Ley o Ley de Conservación de la Corriente

En cualquier punto de un circuito, la suma de las corrientes que llegan al punto es igual a la suma de las corrientes que salen del punto.

Un punto en el circuito también es conocido como nodo, y puede ser donde se unen dos o más cables, pero puede ser también un punto cualquiera en un cable. En un circuito eléctrico, también la corriente que entra a una carga es igual a la que sale de ella.

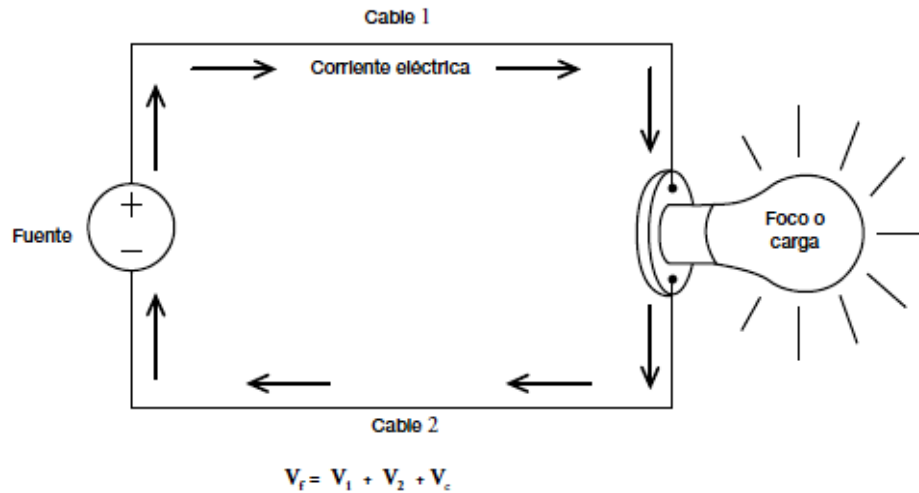
En la figura se muestra el significado de esta ley:



### Segunda Ley o Ley de Conservación de la Tensión

En cualquier circuito cerrado, la suma de las tensiones eléctricas de los elementos pasivos de un circuito, como son los conductores y las cargas, es igual a la tensión eléctrica del elemento activo o fuente.





Donde:

$V_f$  = Tensión de la fuente

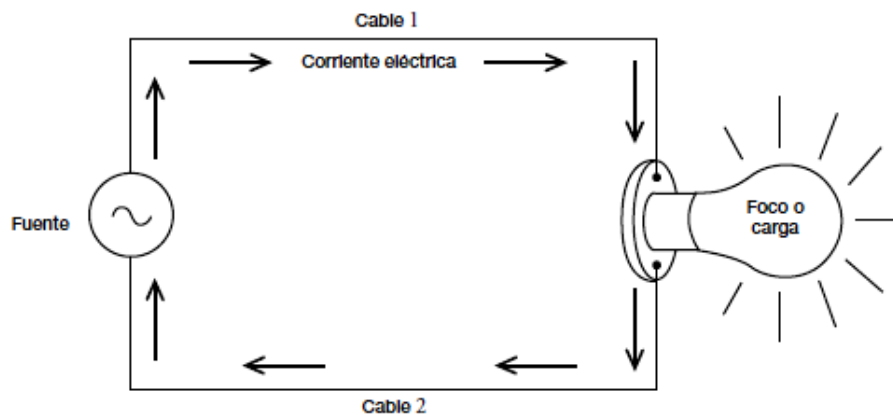
$V_1$  = Tensión de cable 1

$V_c$  = Tensión de la carga o foco

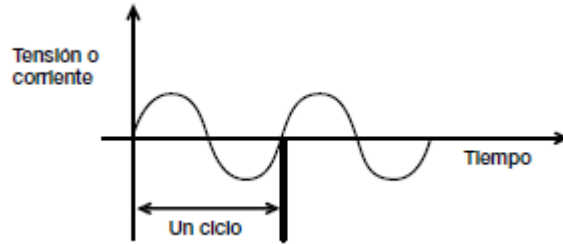
$V_2$  = Tensión del cable 2

### 2.3 Circuitos monofásicos y trifásicos

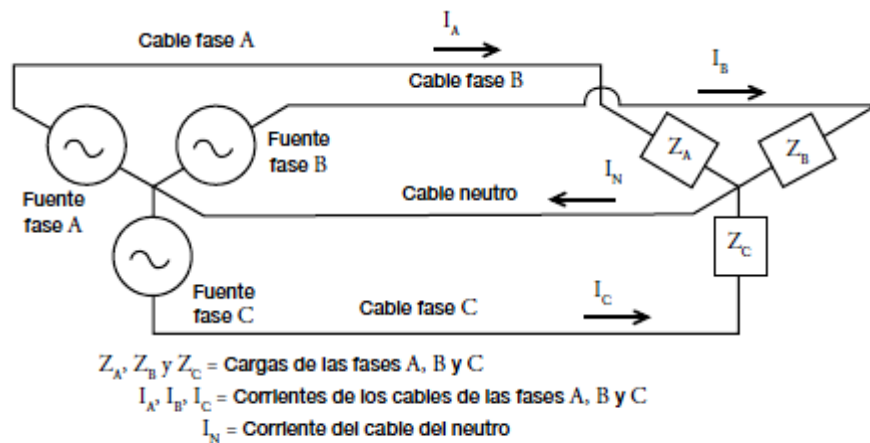
En la figura se muestra un circuito monofásico. Se reemplazaron los signos positivo y negativo de la fuente por el signo de onda senoidal, ya que en corriente alterna la polaridad cambia de positivo a negativo constantemente.



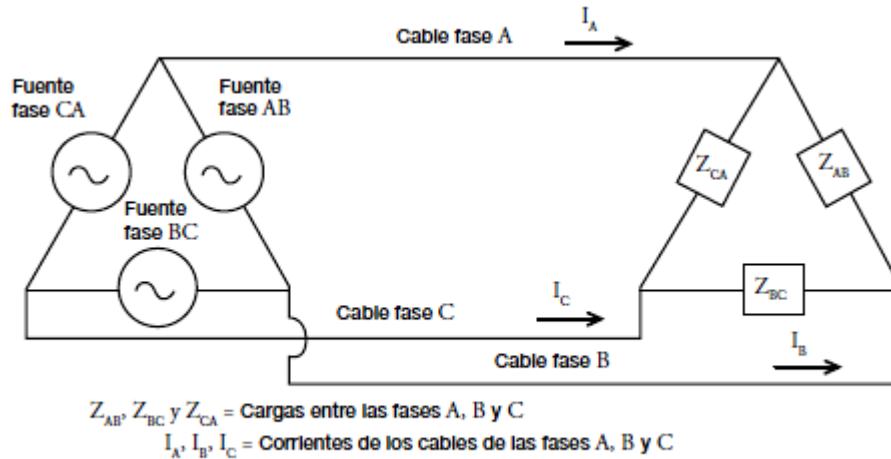
En la figura se muestra cómo varía con el tiempo la tensión o la corriente senoidal en el circuito monofásico.



Existen dos tipos de circuitos trifásicos: con conexión en estrella y con conexión en delta. Como se puede apreciar en las figuras, un circuito trifásico es como tener tres circuitos, cada uno con una fuente de tensión y una carga, y conectados entre sí.

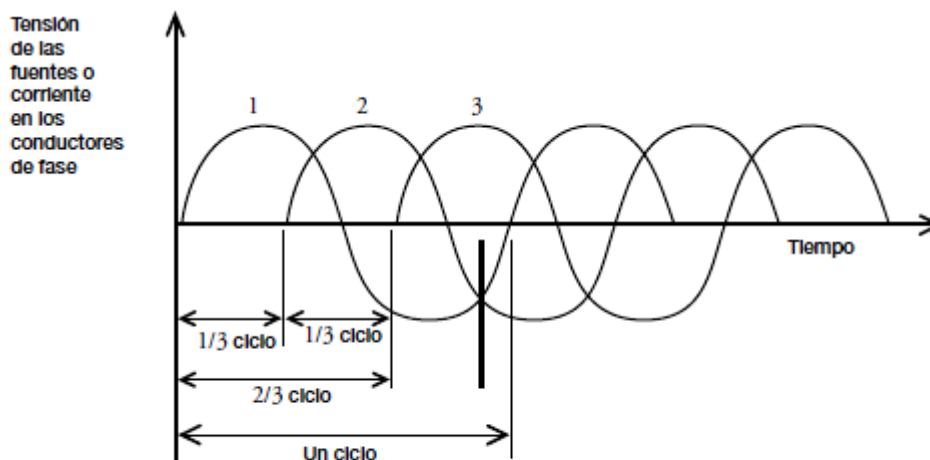


Circuito trifásico de corriente alterna con conexión en estrella.



Circuito trifásico de corriente alterna con conexión en delta.

Para diferenciar a los cables de los circuitos trifásicos, se les da el nombre de fase A, fase B y fase C. La tensión de cada fuente es de la misma magnitud y están desfasados como se muestra en la figura:



· Voltajes o corrientes en un sistema trifásico balanceado.

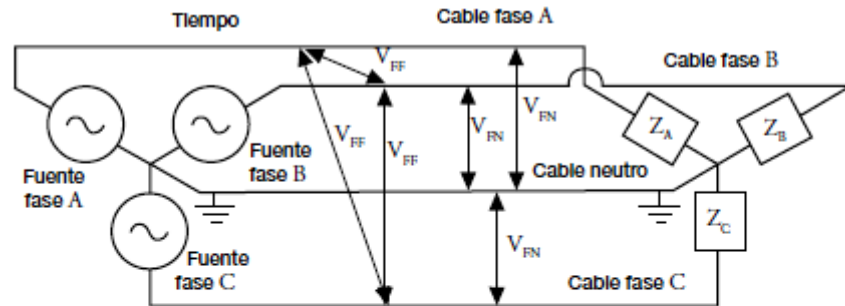
El significado de las curvas en la figura es el siguiente:

- Curva 1:
  - Circuitos con conexión en estrella: tensión de la fuente de la fase A.
  - Circuitos con conexión en delta: tensión de la fuente de la fase AB.
- Curva 2:
  - Circuitos con conexión en estrella: tensión de la fuente de la fase B.
  - Circuitos con conexión en delta: tensión de la fuente de la fase BC.
- Curva 3:
  - Circuitos con conexión en estrella: tensión de la fuente de la fase C.
  - Circuitos con conexión en delta: tensión de la fuente de la fase CA.

En esta figura, la gráfica también puede representar las corrientes en los cables de cada fase, tanto en la conexión en estrella como en delta, siempre y cuando el circuito esté balanceado, es decir, que las tres cargas sean iguales.

Para circuitos con conexión en estrella, si el circuito está balanceado, la corriente que circula por el neutro es cero; en caso contrario, la corriente que circula por el neutro depende del desbalance, es decir, de la diferencia que exista en las cargas de las fases A, B y C.

En la figura se muestra la relación que existe entre la magnitud de las tensiones entre los conductores de fase o tensión de fase a fase, y la magnitud de las tensiones entre los conductores de fase y el neutro, llamado tensión de fase a neutro, para los circuitos con conexión en estrella.



$Z_A, Z_B$  y  $Z_C$  = Cargas de las fases A, B y C  
 $V_{FF}$  = Voltaje entre las fases o de fase a fase  
 $V_{FN}$  = Voltaje de fase a neutro  
 $V_{FN} = \frac{V_{FF}}{1,73}$

Relación entre voltajes en un circuito trifásico con conexión en estrella.

## 2.4 Sobrecorrientes

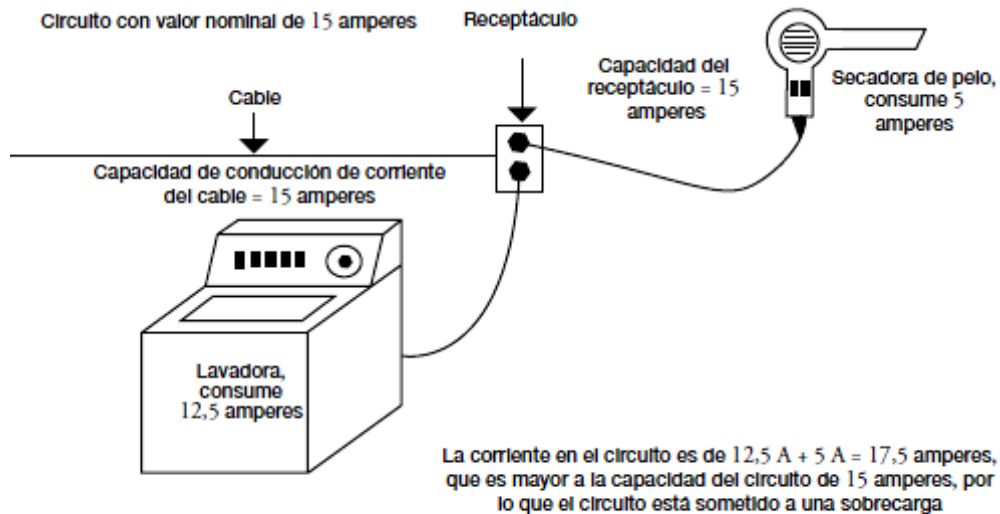
En los circuitos eléctricos pueden presentarse sobrecorrientes, es decir, corrientes mayores a las que soportan los equipos y cables, las cuales dañan a dichos equipos y cables porque producen un sobrecalentamiento debido al efecto Joule, que se mencionó anteriormente.

Existen dispositivos que protegen a los equipos y a los circuitos contra sobrecorrientes, para evitar que se sobrecalienten y sus elementos se dañen.

Las sobrecorrientes son producidas por tres causas: sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra.

### 2.4.1 Sobrecargas

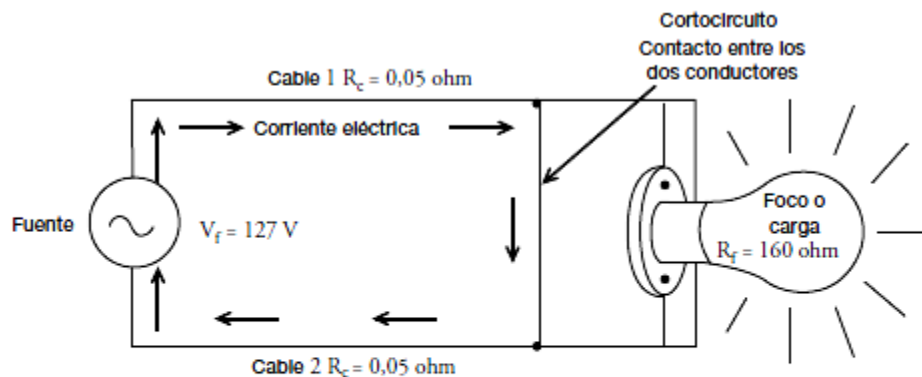
Son corrientes generalmente continuas, producidas por operar equipos o circuitos a valores más altos que su capacidad máxima de corriente. En la figura se muestra un ejemplo de una sobrecarga circuito:



Ejemplo de una sobrecarga en un circuito.

### 2.4.2 Cortocircuitos

Es un contacto producido entre dos o más conductores de un circuito, provocado por una falla del aislamiento que existe entre ellos. Como su nombre lo indica, la corriente sigue un camino más corto, es decir, se crea un circuito de mucha menor resistencia, lo que produce que la corriente se eleve a valores muy altos, debido a la Ley de Ohm.



$$\text{Resistencia total del circuito} = R_t = 0,05\text{ ohm} \times 2 = 0,1\text{ ohm}$$

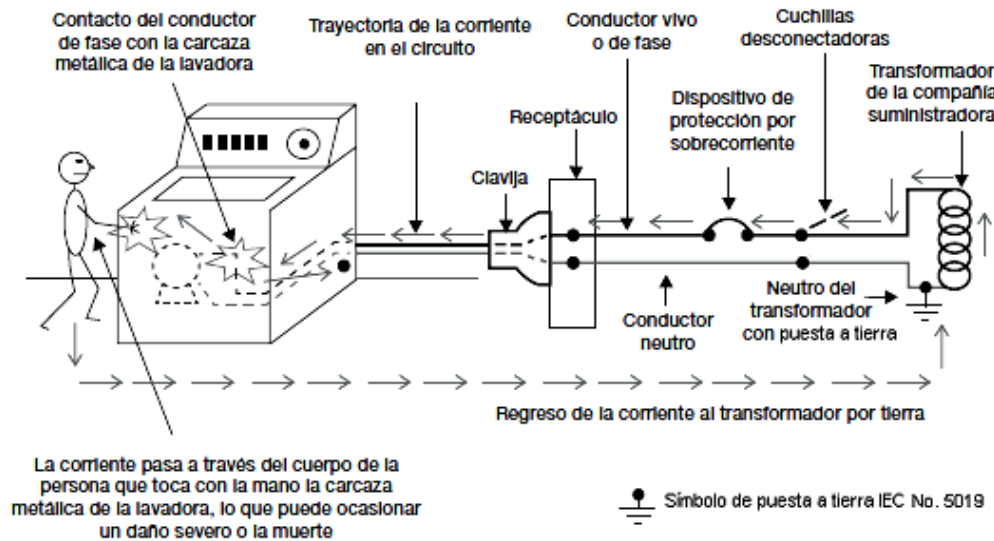
$$\text{Corriente total en el circuito} = \frac{V_f}{R_t} = \frac{127\text{ V}}{0,1\text{ ohm}} = \boxed{1\ 270\text{ amperes}}$$

Ejemplo de un cortocircuito.

### 2.4.3 Fallas a tierra

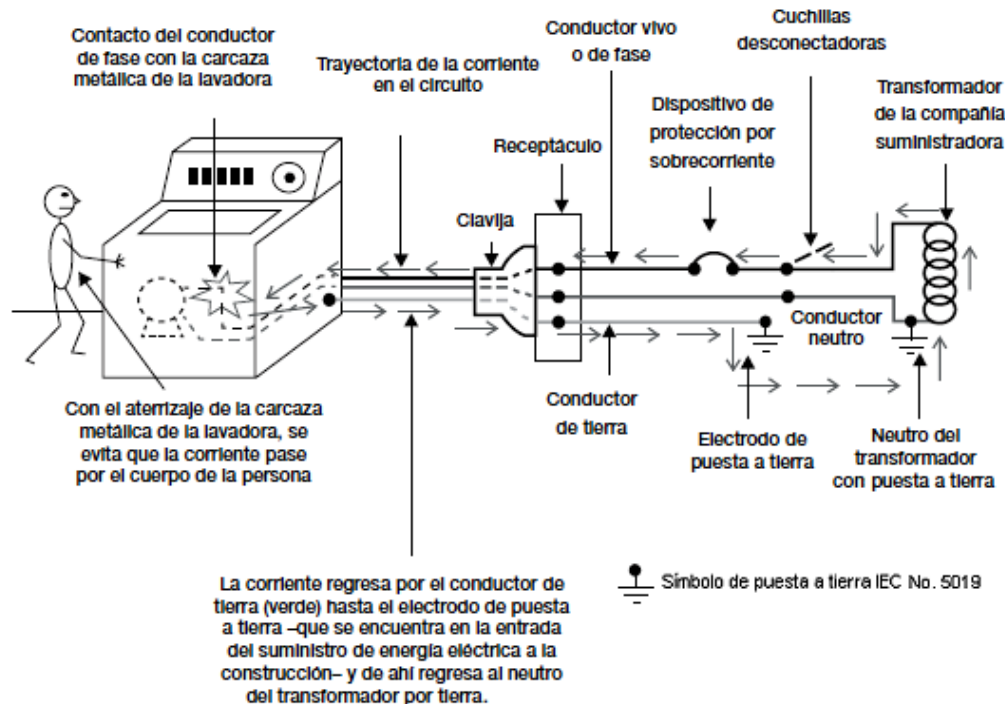
Son contactos que se producen entre un conductor en tensión eléctrica o vivo y una parte metálica de un equipo o de cualquier objeto, la cual no está diseñada para conducir corriente en condiciones normales. El contacto es provocado por una falla del

aislamiento que existe entre la parte metálica y el conductor con tensión. Este tipo de fallas pueden ser muy peligrosas, como se aprecia en la figura:



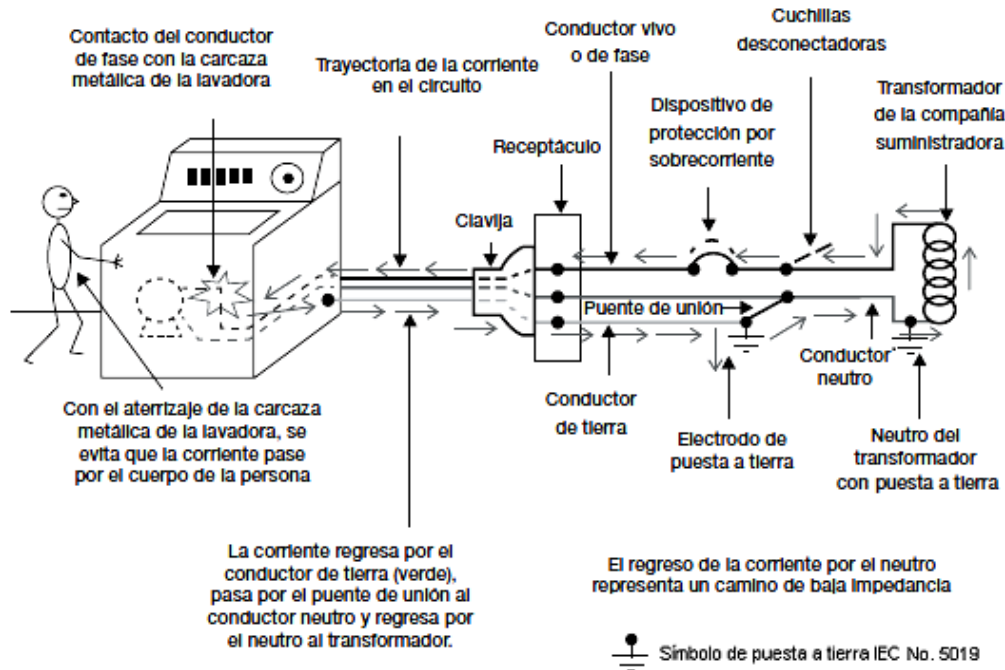
Peligro de una falla a tierra en un sistema no aterrizado correctamente.

Para evitar que la corriente pase a través del cuerpo de una persona cuando se produce una falla a tierra, se conectan a tierra las partes metálicas o conductoras de electricidad de los equipos – o de cualquier objeto– que no están diseñadas para conducir corriente en condiciones normales y que tienen riesgo de entrar en contacto con conductores vivos o de fase.



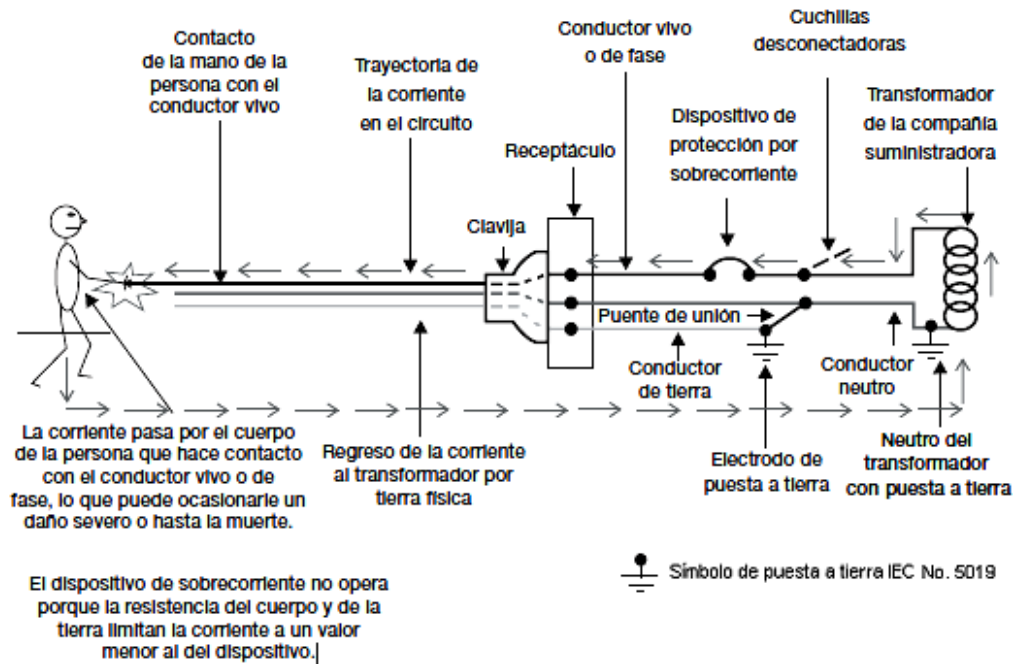
Aterrizaje de partes metálicas para proteger a las personas.

“Conectar a tierra” significa conectar eléctricamente, por medio del conductor de tierra, al terreno. Esta conexión al terreno se lleva a cabo a través de un electrodo enterrado en ella, el cual es llamado electrodo de puesta a tierra. La conexión a tierra también se lleva a cabo para evitar que se presenten tensiones peligrosas en las partes metálicas o conductoras de equipos –o de cualquier objeto– que no están diseñadas para conducir corriente en condiciones normales, ya que estas tensiones pueden presentarse no sólo por el contacto de conductores vivos con las partes metálicas o conductoras, sino también por otras causas, como puede ser la inducción eléctrica.



Para que en caso de una falla a tierra opere el dispositivo de protección contra sobrecorriente, y desconecte el circuito eléctrico, se conecta el conductor de tierra con el neutro del sistema mediante un puente de unión conductor. Esto se lleva a cabo con la finalidad de que, cuando se presente una falla a tierra, haga operar el dispositivo de protección contra sobrecorriente que se encuentra en el conductor vivo o de fase del circuito. El puente de unión puede colocarse en diferentes partes de la instalación como puede ser el transformador ó en el equipo de acometida, que es donde está el dispositivo de desconexión principal de la entrada de la energía eléctrica, de la compañía suministradora, a la construcción. Si no se lleva a cabo la unión entre el conductor de tierra y el neutro, puede ser que no opere el dispositivo de protección contra sobrecorriente, ya que la impedancia del terreno– que existe entre el electrodo de puesta a tierra y el electrodo donde se encuentra conectado a tierra el neutro del transformador de la compañía suministradora de energía eléctrica– puede ser alta y, por lo tanto, puede limitar la corriente que se presente en el circuito en caso de una falla a tierra.

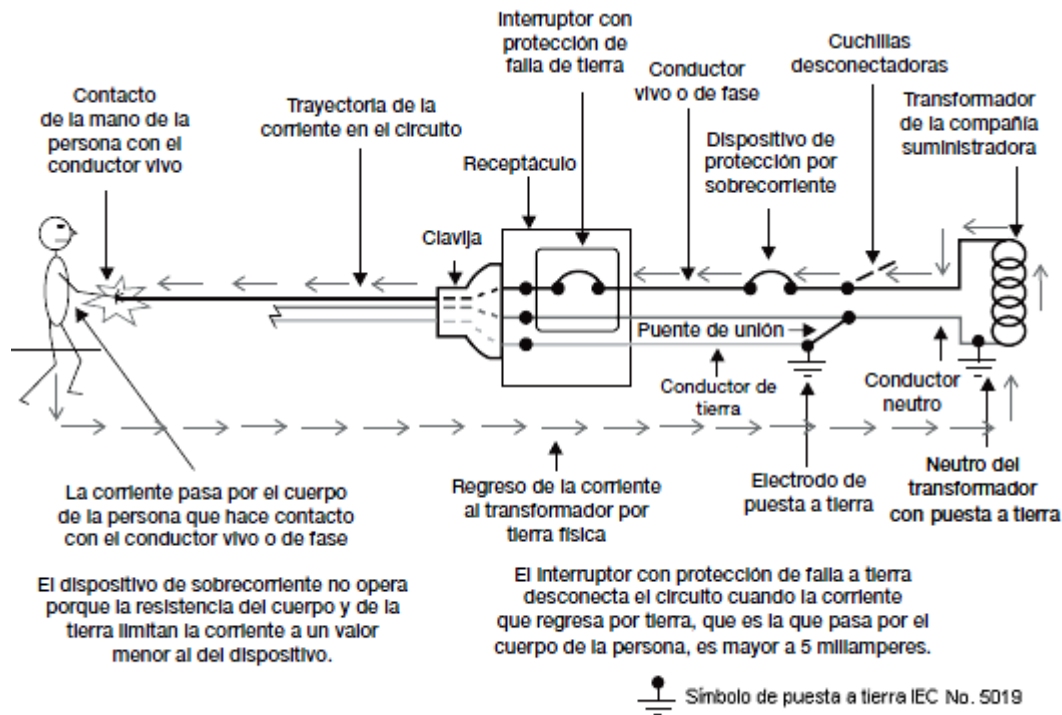
Una persona puede entrar en contacto eléctrico con conductores vivos, por ruptura de la conexión a tierra de las partes metálicas o conductoras de equipos, o por alguna otra causa. Esto puede ser peligroso, sobre todo en lugares mojados o húmedos, como son los baños, las cocheras, cerca del fregadero de las cocinas, los jardines, el cuarto de la lavadora, los sótanos sin terminar, etc.



Peligro del contacto de una persona con un conductor vivo o de fase.

En la figura se muestra lo que ocurre cuando una persona entra en contacto eléctrico con un conductor vivo. En estos casos, los dispositivos de protección contra sobrecorriente no desconectan el circuito, aun en sistemas conectados a tierra, ya que las resistencias del cuerpo humano y la de la tierra limitan la corriente a valores menores que a los que opera el dispositivo. Para proteger a las personas contra el contacto con conductores vivos, se emplean dispositivos conocidos como interruptores con protección de falla a tierra. La finalidad de estos interruptores es evitar que pase una corriente peligrosa a través del cuerpo humano (un choque eléctrico comienza a producirse entre los 10 y los 30 miliamperes). Estos interruptores operan midiendo la diferencia que existe entre la corriente del conductor vivo o de fase y la corriente del conductor neutro. Esta diferencia es la corriente que regresa por tierra y que puede circular por el cuerpo humano. Cuando la corriente que regresa por tierra es mayor a un valor predeterminado, que en la mayoría de los casos es de 5 miliamperes, los interruptores con protección de falla a tierra desconectan el circuito, en un tiempo menor a 60 milisegundos. Las protecciones contra sobrecorriente normales no operan a estos valores de corriente, considerados necesarios como protección para las personas, ya que los valores nominales de éstas son de 15, 20, 30, etcétera, amperes.





Operación del interruptor con protección de falla a tierra.

## 2.5 Identificación de los conductores por medio de colores

Para un fácil reconocimiento de los diferentes tipos de conductores de un circuito, como son los vivos o de fase, el conductor puesto a tierra o neutro, y el conductor de tierra, la NOM-001-SEDE-2005 establece el siguiente código de colores para el aislamiento:

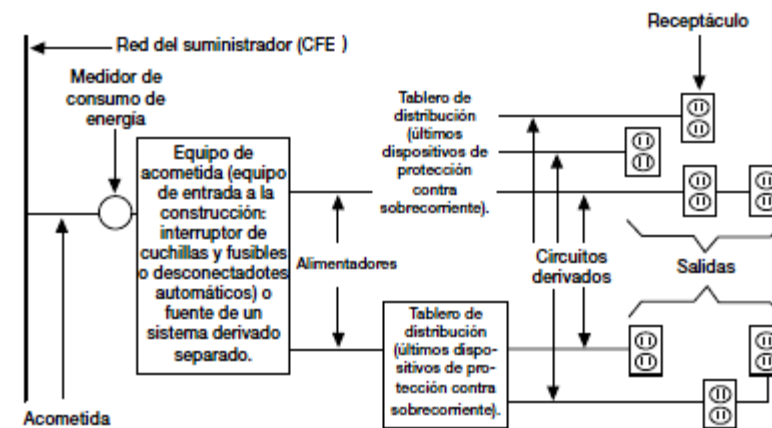
- Conductor puesto a tierra o neutro: color blanco o gris claro.
- Conductor para conexión a tierra de los equipos o conductor de tierra: verde o verde con franjas amarillas, si está aislado; o puede ir sin aislamiento (desnudo).
- Conductores vivos o de fase: cualquier otro color diferente del blanco, gris claro o verde. Generalmente se emplean el negro y el rojo para identificarlos.

Existen excepciones a lo anterior, por ejemplo en conductores dúplex, que llevan un solo color para el neutro y para el vivo; puede identificarse el neutro con una estría longitudinal. También en algunos casos puede identificarse el tipo de conductor con pintura u otro medio eficaz de color, en sus extremos y en todos los puntos en que el conductor sea accesible, empleando el color blanco para el neutro, el color verde para el conductor de tierra, y otro color, generalmente negro, para los conductores de fase o vivos.

## 2.6 Circuitos alimentadores y derivados

El Capítulo 1, Disposiciones generales, del Artículo 100 – DEFINICIONES de la “Norma Oficial Mexicana” NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones eléctricas (utilización)”, da las siguientes definiciones de un circuito alimentador y de un circuito derivado:

- Alimentador: Todos los conductores de un circuito formado entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.
- Circuito derivado: Conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a ese circuito hasta la(s) salida(s) finales de utilización.



Circuitos alimentadores y derivados.

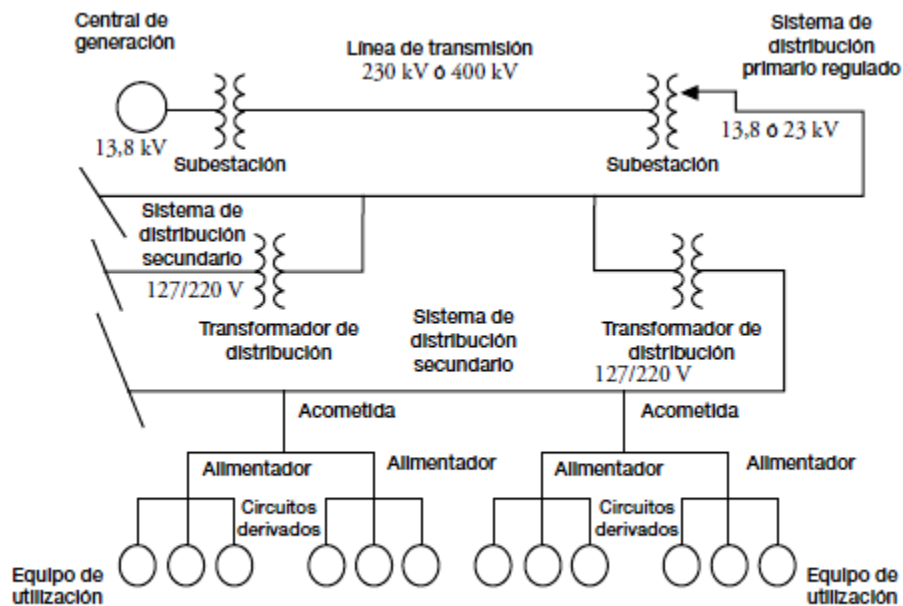
Para entender mejor el significado de las definiciones anteriores, en la figura se presenta un diagrama que muestra los circuitos alimentadores y derivados, así como las siguientes definiciones proporcionadas en la misma parte de la NOM-001-SEDE-2005:

- Equipo de acometida: Equipo necesario para servir de control principal y que usualmente consiste en un interruptor automático o desconectador y fusibles, con sus accesorios, localizado cerca del punto de entrada de los conductores de suministro a un edificio u otra estructura o a un área definida.
  - Acometida: Conductores de acometida que conectan la red del suministrador (Comisión Federal de Electricidad) al alambrado del inmueble a servir.
  - Conductores de acometida: Conductores comprendidos desde el punto de acometida hasta el medio de desconexión de la acometida.
  - Medio de desconexión: Dispositivo o conjunto de dispositivos u otros medios a través de los cuales los conductores de un circuito pueden ser desconectados de su fuente de alimentación.

- Sistema derivado separado: Sistema de alambrado de una propiedad cuya energía procede de una batería, sistema fotoeléctrico solar o de un generador, transformador o devanados de un convertidor y que no tiene conexión eléctrica directa incluyendo al conductor del circuito sólidamente puesto a tierra (que normalmente es el cable o conductor neutro en sistemas con conexión en estrella), con los conductores de suministro que provengan de otro sistema.
- Dispositivo: Elemento en un sistema eléctrico destinado a conducir, pero no a consumir, energía eléctrica.
- Salida: Punto en un sistema de alambrado en donde se toma corriente eléctrica para alimentar al equipo de utilización.
  - Equipo de utilización: Equipo que transforma, con cierta eficiencia, la energía eléctrica en energía mecánica, química, calorífica, luminosa u otras.

## 2.7 Generación, transmisión y distribución eléctrica

Para que pueda usarse la energía eléctrica en nuestros hogares, en comercios y en industrias, se requiere de un sistema que comprende la generación, transmisión y distribución de esta forma de energía. En la figura se presenta un diagrama con las partes principales de este sistema, las cuales se describe a continuación:



Sistema eléctrico típico para la generación, transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica.

a) *Generación:* La electricidad es generada de diversas formas convirtiendo diferentes tipos de energía en electricidad. Las más comunes de estas formas son:

- Hidroeléctrica: Se aprovecha la caída del agua en presas para mover turbinas, que a su vez mueven generadores de electricidad.
- Térmica: Con vapor de agua se mueven turbinas que a su vez mueven generadores de electricidad. El vapor de agua puede generarse con combustibles fósiles (termoeléctrica), con energía nuclear (nucleoeléctrica), con energía de la tierra (geotérmica).
- Solar: Se usa la radiación del sol para producir electricidad, generalmente con celdas fotovoltaicas que convierten la luz del sol en electricidad.
- Eólica: Se emplea la energía del viento para mover ventiladores, que a su vez mueven generadores de electricidad.

La tensión de generación es variable, pero lo más común en México es de 13,8 kV.

*b) Línea de transmisión:* Generalmente las plantas generadoras de electricidad se encuentran lejos de los puntos de uso, como las ciudades o los centros industriales, por lo que es necesario transmitir la electricidad hasta esos puntos. La siguiente fórmula nos proporciona la potencia eléctrica transmitida por una línea:  $P = VI$

Donde:

P = Potencia eléctrica transmitida en watts.

V = Tensión de transmisión en volts.

I = Corriente transmitida en amperes.

Como puede apreciarse en la fórmula, para una potencia transmitida constante: a mayor tensión de transmisión, menor corriente transmitida y, por lo tanto, menores pérdidas de energía en forma de calor en las líneas de transmisión, por efecto Joule. Esta es la razón por la cual la tensión tiene que ser elevado a valores mayores que el de generación para transmitirlo a distancias que pueden ser del orden de cientos de kilómetros. Los lugares donde se eleva la tensión para transmitirla se llaman subestaciones, y básicamente están compuestas de equipos llamados transformadores que incrementan la tensión. Las tensiones más comunes de transmisión de electricidad en México son 230 kV y 400 kV.

*c) Sistema de distribución primaria regulada:* Cuando las líneas de transmisión llegan a los lugares de consumo, la tensión es reducido en subestaciones para poder distribuirlo de manera más segura. En México las tensiones más comunes de distribución primaria regulada son 13,8 kV (en Comisión Federal de Electricidad) y 23 kV (en Luz y Fuerza del Centro). Las subestaciones mencionadas están compuestas básicamente por transformadores que reducen la tensión de transmisión.

*d) Sistema de distribución secundaria:* Para poder utilizar la energía eléctrica, la tensión de distribución primaria es reducido a valores seguros para su uso. La reducción de la

tensión se lleva a cabo mediante transformadores. La tensión más común en México para distribución secundaria es de 480 y 220 V de fase a fase. Como son sistemas en estrella, al tensión de fase a neutro es de  $220 \text{ V} / 1.7372 = 127 \text{ V}$ , que es el que llega a nuestras casas por medio de la acometida. Después de la acometida se encuentran los circuitos alimentadores y los derivados, descritos anteriormente, y estos últimos alimentan a los equipos de utilización.

## 2.8 Potencia real y potencia aparente en circuitos de corriente alterna

Anteriormente vimos que la potencia en circuitos está dada por la siguiente fórmula:

$$P = VI$$

Donde:

P = Potencia eléctrica en watts

V = Tensión en volts

I = Corriente en amperes

Esta fórmula nos proporciona la potencia, consumida o producida, en circuitos de corriente directa. En corriente alterna, tenemos que introducir un nuevo concepto conocido como potencia aparente, que está dado por las siguientes fórmulas:

En circuitos monofásicos:  $PA = VI$

En circuitos trifásicos:  $PA = \sqrt{3} VI$

Donde:

PA = Potencia eléctrica aparente en VA [volts-amperes]

V = Tensión en volts. Para circuitos monofásicos es igual la tensión de fase a neutro y para circuitos trifásicos es igual a la tensión de fase a fase.

I = Corriente de línea en amperes

Para obtener la potencia real en circuitos de corriente alterna, tenemos:

$$P = PA \text{Fp}$$

Donde:

P = Potencia eléctrica real en watts

PA = Potencia eléctrica aparente en VA [volts-amperes]

Fp = Factor de potencia. Esta cantidad no tiene unidades y su valor siempre es menor o igual a uno y mayor o igual a cero. Para cargas compuestas únicamente por resistencias, como en el caso de las lámparas incandescentes, el factor de potencia es igual a uno.

De acuerdo con esto, para calcular la corriente en circuitos de corriente alterna, tenemos las siguientes fórmulas:

- En circuitos monofásicos:  $I = PA / V$

Donde:

I = Corriente de línea en amperes

PA = Potencia eléctrica aparente en VA monofásica [volts-amperes]

V = Tensión de fase a neutro en volts

- En circuitos trifásicos:  $I = PA / \sqrt{3} V$

Donde:

I = Corriente de línea en amperes

PA = Potencia eléctrica aparente trifásica en VA [volts-amperes]

V = Tension de fase a fase en volts

## **CAPÍTULO 3**

### **Componentes de las instalaciones eléctricas**

Para la realizacin fsica de una instalacin elctrica se emplea una gran cantidad de equipo y material elctrico.

Cualquier persona que se detenga a observar una instalacin elctrica podr notar que existen varios elementos, algunos visibles o accesibles y otros no.

El conjunto de elementos que intervienen desde el punto de alimentacin o acometida de la compaa suministradora (CFE) hasta el ltimo punto de una casa habitacin, comercio, bodega o industria en donde se requiere el servicio elctrico, constituye lo que se conoce como los componentes de la instalacin elctrica.

En el tema anterior se mencion que un circuito elctrico est constituido en su forma ms elemental por una fuente de tensin o de alimentacin, los conductores que alimentan la carga y los dispositivos de control o apagadores. De estos elementos se puede desglosar el resto de los componentes de una instalacin elctrica prctica, ya que, por ejemplo, los conductores elctricos normalmente van dentro de tubos metlicos o de PVC que se conocen genricamente como tubos (conduit); los apagadores se encuentran montados sobre cajas, las lmparas se alimentan de cajas metlicas similares a las usadas en los apagadores y tambin en los contactos; y asociados a estos elementos se tienen otros componentes menores, as como toda una tcnica de seleccin y montaje.

Los elementos que estudiaremos brevemente son:

- Conductores elctricos.
- Interruptores.
- Fusibles.
- Centros de carga.
- Contactos y apagadores.
- Lmparas.
- Canalizaciones y accesorios.

Por otra parte, todos los elementos usados en las instalaciones elctricas deben cumplir con ciertos requisitos, no slo tcnicos, tambin de uso y presentacin, para lo cual deben acatar las disposiciones que establece la Norma Oficial de Instalaciones Elctricas NOM-001-SEDE.

Todos estos elementos se identifican en un plano o diagrama elctrico por medio de smbolos. A continuacin haremos una breve descripcin de estos elementos y al final del tema ilustraremos el punto de los diagramas y planos elctricos con su simbologa.



### 3.1 Conductores eléctricos

Los alambres y cables que se emplean en casas habitación, comercios, bodegas, etc., se conocen en el argot de los conductores eléctricos como cables para la industria de la construcción.

Estos cables para la industria de la construcción en baja tensión están formados por los siguientes elementos:

- El conductor eléctrico, que es el elemento por el que circula la corriente eléctrica: es de cobre suave y puede tener diferentes flexibilidades:
  - Rígida: Conductor formado por un alambre.
  - Semiflexible: Conductor formado por un cable (cableado clase B o C).
  - Flexible: Conductor eléctrico formado por un cordón (clase I en adelante).
- El aislamiento, cuya función principal es la de soportar la tensión aplicada y separar al conductor eléctrico energizado de partes puestas a tierra; es de un material generalmente plástico a base de policloruro de vinilo (PVC). Este aislamiento puede ser de tipo termofijo a base de etileno-propileno (EP) o de polietileno de cadena cruzada (XLP).
- Una cubierta externa, cuya función es la de proteger al cable de factores externos (golpes, abrasión, etc.) y ambientales (lluvia, polvo, rayos solares, etc.). Normalmente está cubierta externa es de policloruro de vinilo (PVC) y se aplica en cables multiconductores.

#### 3.1.1 Conductor eléctrico

Son cuatro los factores que deben ser considerados en la selección de los conductores: material, flexibilidad, forma y dimensiones.

*Material.* Los materiales más usados como conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, aunque el primero es superior en características eléctricas y mecánicas (la conductividad del aluminio es aproximadamente el 60% de la del cobre y su esfuerzo de tensión a la ruptura, el 40%). Las características de bajo peso del aluminio han dado lugar a un amplio uso de este metal en la fabricación de los cables aislados y desnudos.

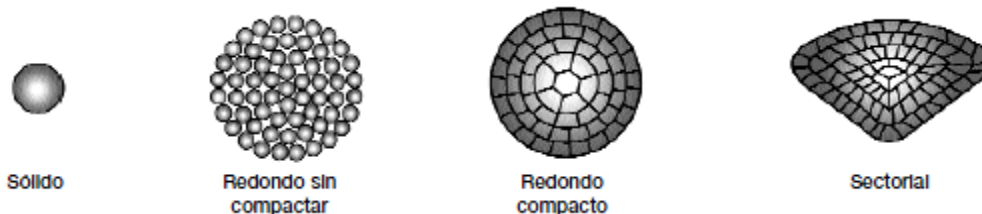
En la siguiente tabla se muestran en forma general las propiedades de los conductores de cobre suave y de aluminio 3/4 de duro.

Características	Cobre suave	Aluminio ¾ duro
Grado de pureza, %	> 99,9	> 99,5
Resistividad a 20 °C, ohm-mm <sup>2</sup> /m	17,241 x 10 <sup>-3</sup>	28,264 x 10 <sup>-3</sup>
Coefficiente de variación de la resistividad eléctrica a 20 °C, por cada 20 °C	3,9 x 10 <sup>-3</sup>	4,03 x 10 <sup>-3</sup>
Densidad a 20 °C, g/cm <sup>3</sup>	8,89	2,70
Coefficiente de dilatación lineal a 20 °C, por cada 20 °C	17 x 10 <sup>-6</sup>	23 x 10 <sup>-6</sup>
Carga de ruptura, MPa	230 a 250	120 a 150
Alargamiento a la ruptura, %	20 a 40	4 a 1
Temperatura de fusión, °C	1 080	660

*Flexibilidad.* Acorde con los requerimientos de una instalación en particular, las normas de productos clasifican la flexibilidad de los conductores en clases de cableado, combinando diferentes diámetros de alambres y el número de éstos.

- a) Alambres Conductores sólidos
- b) Cables (AA, A, B o C) Conductores cableados concéntricos (con o sin compactación)
- c) Cordones (I, J, K) Conductores flexibles (aumenta la flexibilidad con el número de hilos)

*Forma.* La forma geométrica de los conductores eléctricos es generalmente redonda, y dependiendo de su aplicación puede ser:



*Dimensiones.* El tamaño o sección transversal o calibre de los conductores eléctricos debe indicarse en mm<sup>2</sup> y opcionalmente entre paréntesis el número de la escala de calibres americanos (AWG-kcmil), de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana de Conductores Eléctricos NOM-063-SCFI.

Es importante recordar que a nivel mundial se usan dos escalas de calibres para cuantificar el tamaño de los conductores eléctricos:

- Escala americana AWG-kcmil (AWG = American Wire Gauge; kcmil = kilo circular mil, anteriormente conocida como MCM).
- Escala Internacional (IEC), mm<sup>2</sup>.

Un valor útil para convertir calibres en ambas escalas es el siguiente:

$$1\text{mm}^2 = 1\,973,525 \text{ circular mils}$$

o

$$1\text{mm}^2 = 1,973525 \text{ kCM} \approx 2 \text{ kcmil}$$

El tamaño de un conductor eléctrico debe seleccionarse adecuadamente cumpliendo con los requerimientos técnicos y normativos de nuestro país.

### 3.1.2 Aislamiento de los conductores eléctricos

Los cables para la industria de la construcción pueden tener aislamientos de los siguientes tipos:

- Aislamiento termoplástico (PVC).
- Aislamiento termofijo (EP o XLP).

La norma oficial mexicana de instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE en la tabla 310-13, clasifica a los aislamientos de los conductores eléctricos por medio de tipos. Tomando los cables utilizados en la industria de la construcción, tenemos:

#### **Clasificación de los conductores con aislamiento termoplástico**

Tipo	Temperatura máxima de operación en el conductor, °C	Descripción
TW	60	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad y a la propagación de incendio.
THW	75	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor y a la propagación del incendio.
THW-LS	75 seco o mojado	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio; de emisión reducida de humos y de gas ácido.
THWN	75 mojado	Conductor con aislamiento de PVC y cubierta de nylon resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.
THHW	75 mojado	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.
	90 seco	
THHW-LS	75 mojado	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio; de emisión reducida de humos y de gas ácido.
	90 seco	
THHN	90 seco	Conductor con aislamiento de PVC y cubierta de nylon, para instalarse sólo en seco. Resistente al calor y a la propagación de la flama.

### Clasificación de los conductores con aislamiento termofijo

Tipo <sup>(1)</sup>	Temperatura máxima de operación en el conductor, °C	Descripción
XHHW	75 en seco y mojado	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE), resistente a la presencia de agua y al calor.
	90 en seco y húmedo	
XHHW-2	90 en seco y mojado	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE), resistente a la presencia de agua y al calor.
RHW	75 en seco y mojado	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE), a base de etileno propileno (EP), o aislamiento combinado (de CP sobre EP) resistente a la presencia de agua y al calor. Los aislados con EP deben llevar cubierta termoplástica o termofija.
RHW-2	90 en seco y húmedo	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE), a base de etileno propileno (EP), o aislamiento combinado (de CP sobre EP) resistente a la presencia de agua y al calor. Los aislados con EP deben llevar cubierta termoplástica o termofija.
RHH	90 en seco y húmedo	Conductores con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE), a base de etileno propileno (EP), o aislamiento combinado (de CP sobre EP) resistente al calor. Los aislados con EP deben llevar cubierta termoplástica o termofija.

(1): Estos cables pueden ser resistentes a la propagación de incendio, de baja emisión de humos o “-2” para lugares secos y mojados.

### 3.2 Interruptores

Un interruptor es un dispositivo que sirve para interrumpir o restablecer una corriente eléctrica a través de un circuito eléctrico.

A continuación se realizan algunas aclaraciones sobre los términos relativos a los interruptores:

*Tensión nominal del interruptor.* Es el valor de tensión máximo, al cual puede operar sin sufrir daño alguno. Este valor debe especificarse tanto en ca como en cc.

*Corriente nominal de un interruptor.* Es el valor de corriente, a la cual puede operar satisfactoriamente y sin sufrir daño alguno.

*Falla eléctrica.* La falla eléctrica es una operación anormal de un equipo o sistema eléctrico debida a diversas causas, que generalmente se traduce en un incremento de corriente. De acuerdo con las características de la falla, ésta tendrá que ser liberada del sistema en determinado tiempo para evitar daños al equipo conectado o a elementos del sistema.

*Sobrecorrientes* Cualquier valor de corriente que exceda la corriente nominal de un equipo o a la corriente permisible de un conductor, según sea el caso.

### 3.2.1 Conceptos básicos sobre interruptores

*Sobrecarga y cortocircuito.* La sobrecarga es una condición de operación de un equipo en la que se demanda una potencia que excede la nominal, o de un conductor por el cual circula una corriente mayor a la permisible. Cuando dicha condición persiste durante suficiente tiempo, puede causar daños a causa de sobrecalentamientos perjudiciales.

Una sobrecarga no incluye condiciones de cortocircuito o fallas a tierra.

Para nuestro caso consideraremos como sobrecargas todos aquellos valores de corriente que excedan a la corriente nominal de los equipos, pero sin exceder un 500%.

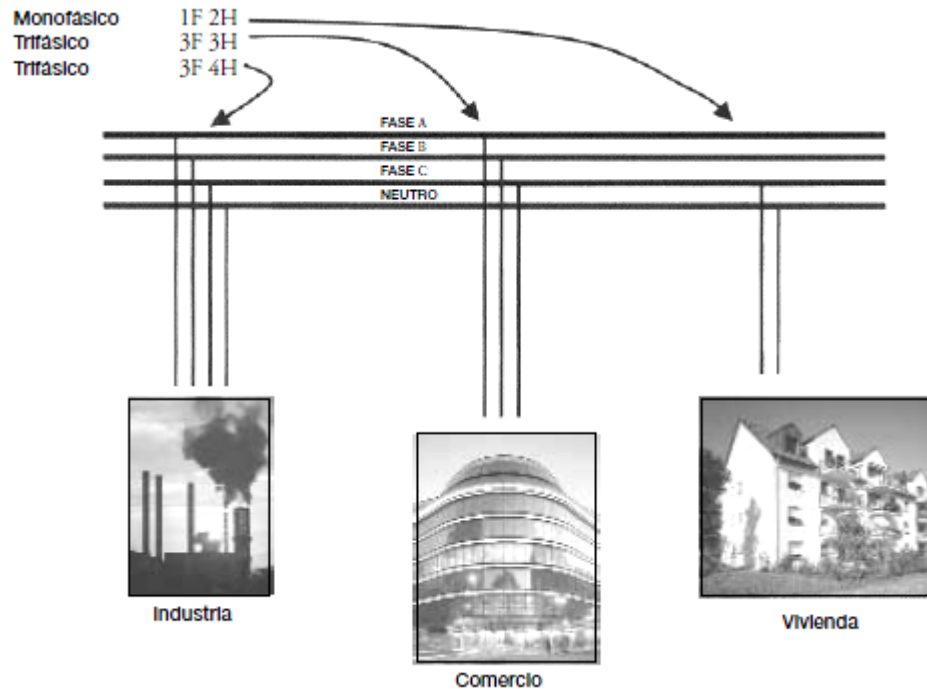
El cortocircuito es una condición en la que la corriente de un equipo o sistema se eleva a valores muy superiores al valor nominal. Para nuestro caso se considera cortocircuito a todo valor de corriente que excede el 500% de la nominal.

*Línea.* Se da el nombre de línea al conductor o conjunto de conductores en los cuales hay presencia de tensión y pueden alimentar un equipo eléctrico.

*Carga.* Se conoce como carga al aparato o conjunto de aparatos conectados a la línea, que consumirán energía eléctrica.

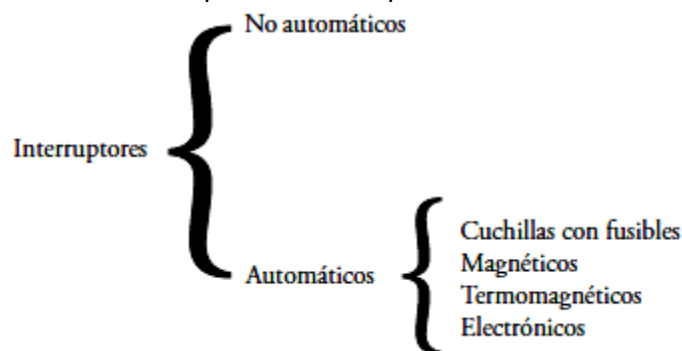
*Polos y fases.* Para un interruptor, se conoce como número de polos a la cantidad de pares conductores línea-carga que llegan a dicho interruptor.

En los sistemas eléctricos convencionales de corriente alterna, se tienen disponibles tres conductores de tensión y uno neutro; a dichos sistemas se les conoce como de 3F, 4H y de acuerdo con las necesidades de los usuarios, y se podrán tener los siguientes arreglos típicos.



### 3.2.2 Clasificación general

En el mercado existen diversos tipos de interruptores:



- *Interruptor no automático.* Es aquel cuya única función es la de conectar y desconectar cargas sin brindar ninguna clase de protección.

- *Interruptor automático.* Es aquel que además de conectar y desconectar cargas en circuitos eléctricos, brinda cierta protección a los conductores alimentadores o a los equipos conectados contra fallas eléctricas, provocando la desconexión automática de ellos de la línea.

- *Interruptor de cuchillas o navajas.* En este tipo de interruptor se utiliza la propiedad de algunos metales de fundirse a temperaturas relativamente bajas, basándose en esto, la fabricación de elementos fusibles, los cuales forman parte del interruptor de cuchillas. Estos interruptores protegen principalmente contra fallas de cortocircuito.

- *Interruptor magnético.* Para la construcción de este tipo de interruptores se aprovecha el campo magnético que se presenta alrededor de un elemento conductor cuando por éste circula una corriente. La magnitud del campo que se presenta es directamente proporcional a la cantidad de corriente circulante.

- *Interruptor termomagnético.* El funcionamiento de estos interruptores se basa en el principio magnético visto anteriormente y en un principio térmico que se describe a continuación: es propiedad de todos los metales dilatarse (aumentar sus dimensiones) al incrementarse su temperatura, pero el porcentaje en que se dilatan depende del metal de que se trate. Por ejemplo, si tomamos dos barras de metales diferentes A y B, cuya longitud a 25 °C es la misma. Si aumentamos la temperatura hasta 50 °C, ambas barras de metal incrementan su longitud, pero en diferente proporción. Si mediante un proceso especial las unimos cuando están a temperatura ambiente, al calentarse se deforman formando una curva. Al conjunto de dos metales con las propiedades anteriores se le denomina bimetal, el cual, incluido dentro de un circuito eléctrico y acoplado a un mecanismo adecuado, forma la protección térmica.

- *Interruptor electrónico.* En este tipo de interruptores, el dispositivo encargado de sensar las corrientes de falla es un círculo electrónico con características muy precisas.

Los interruptores con los que más acercamiento tendremos en una instalación eléctrica son los interruptores termomagnéticos, también conocidos como breakers, y están diseñados para conectar y desconectar un circuito por medios no automáticos y desconectar el circuito automáticamente para un valor predeterminado de sobrecorriente, sin que se dañe a sí mismo cuando se usa dentro de sus valores de diseño.

La operación de cerrar y abrir un circuito eléctrico se hace por medio de una palanca que indica posición adentro (*on*) y fuera (*off*).

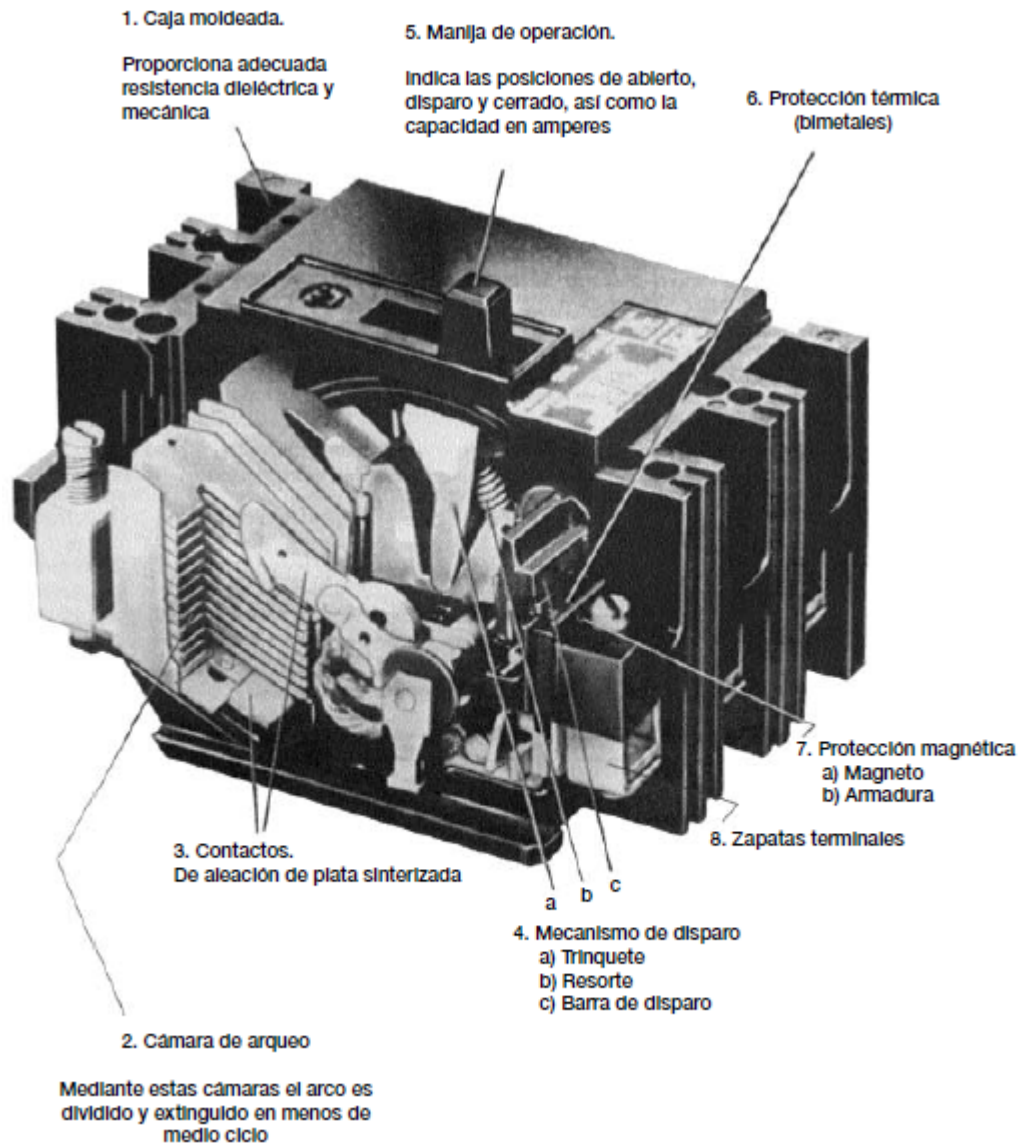
La característica particular de operación de estos interruptores es que, en sobrecargas, el bimetal trabaja para desconectar el circuito. Cuando existe un cortocircuito, el electroimán del interruptor es el que se opera y lo desconecta del circuito; de ahí su nombre: termomagnético.

Por la forma es como se conectan a las barras colectoras de los tableros de distribución o centros de carga; pueden ser: del tipo atornillado o del tipo enchufado, se fabrican en los siguientes tipos y capacidades:

- Un polo: 15 A, 20 A, 30 A, 40 A y 50 A.
- Dos polos: 15 A, 20 A, 30 A, 40 A, 50 A y 70 A.
- Tres polos: 100 A, 125 A, 150 A, 175 A, 200 A, 225 A, 250 A, 300 A, 350 A, 400 A, 500 A y 600 A.

Normalmente el fabricante suministra la curva característica de operación del interruptor, misma que reproducimos más adelante, así como una tabla con los datos técnicos de interruptores comerciales.

En la figura siguiente se ilustran los componentes de un interruptor.



### 3.3 Fusibles

Un fusible se puede definir como un dispositivo que se emplea para proteger los sistemas eléctricos contra fallas de sobrecarga y cortocircuito; esto se efectúa intercalando en un circuito eléctrico, de tal manera que cuando pase una corriente a través de éste (cuya intensidad excede un valor prefijado), interrumpe el circuito al que



está conectado. Esto se logra al fundirse el elemento fusible del dispositivo de protección. Este elemento puede tener forma de alambre, cinta, etc.

### 3.3.1 Características de los fusibles

Un fusible debe contar con las siguientes características funcionales:

1. Pueden seleccionarse para proteger las corrientes reales de los motores, puesto que los fusibles pueden no operar con sobrecorrientes momentáneas inofensivas, evitando interrupciones innecesarias.

2. Proporcionan mayor protección contra fallas entre fases, ya que la sobrecarga en las restantes es suficiente para fundir los fusibles.

3. Protegen contra calentamiento del equipo porque dicho calentamiento fundirá el fusible antes de que se produzca una avería, ya que una conexión floja o corroída que genera altas temperaturas abrirá el fusible.

4. Pueden seleccionarse con mayor precisión para el alambrado o equipo protegido sin estar sujetos a interrupciones innecesarias. Puede usarse equipo más compacto y de menor costo.

5. Pueden dar una baja corriente pico en la corriente de fuga. Esta característica impide a la corriente de falla alcanzar valores destructivos para las ramas más vulnerables del circuito y equipo asociado. En el caso de los fusibles limitadores, estos interrumpen con seguridad las corrientes disponibles hasta de 200 000 amperes efectivos simétricos. Al mismo tiempo, deben limitar la corriente que pasa a través del sistema durante la fracción de tiempo de fusión y reducir así la energía térmica que podría desarrollarse durante la interrupción.

6. Combina en un solo dispositivo el elemento sensor e interruptor.

7. Su acción es directa, responde únicamente a una combinación de magnitud y duración de la corriente del circuito que fluye a través de éste.

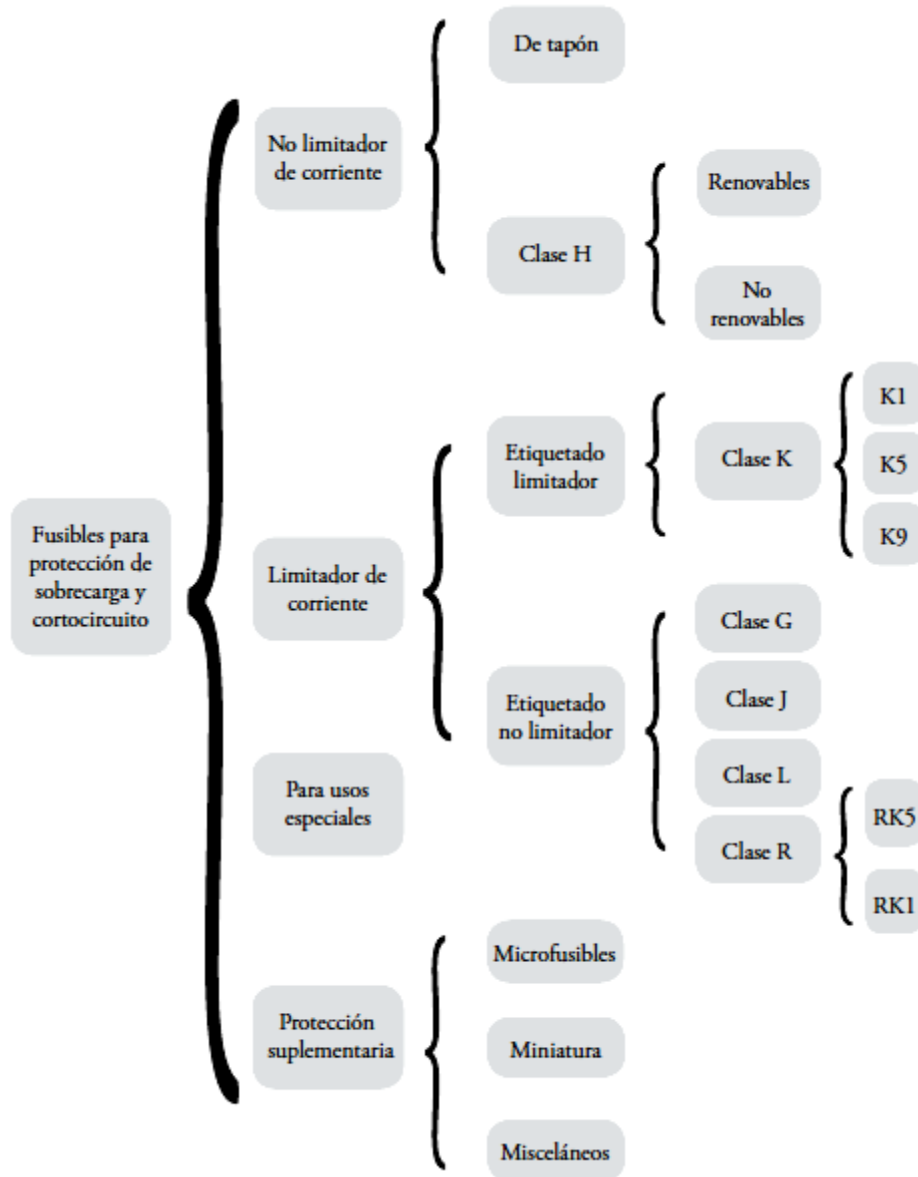
8. Requiere de dispositivos separados, como los interruptores de seguridad, para realizar la función de energizar y desenergizar un circuito, además de que éste le sirve de montaje y prevención de accidentes al personal.

9. Es un dispositivo monofásico. Únicamente en la fase o fases sujetas a sobrecarga deberá responder a desenergizar la fase o fases afectadas del circuito o equipo que falló.

### **3.3.2 Desventajas en el uso de fusibles**

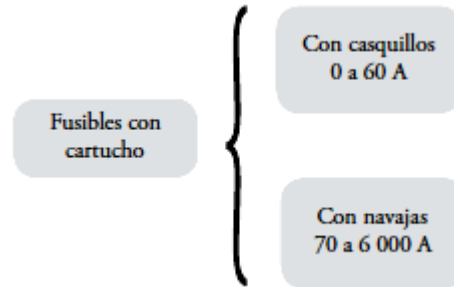
1. Las características de interrupción de un fusible no pueden ser revisadas sin que éste sea destruido.
2. Un fusible podrá realizar únicamente una interrupción, siendo necesario cambiar la unidad completa en caso de que se haya destruido por causa de una falla.
3. En algunos casos existe el riesgo de accidentes debido a un choque eléctrico en el momento de la reinstalación de un fusible. Cuando el fusible opera, existe siempre la posibilidad de un reemplazo equivocado, lo que pone en peligro no sólo al sistema sino también al personal que se encarga de efectuar este trabajo.
4. Otro riesgo que se corre es el de una selección inadecuada de estos dispositivos de protección, ya que en cierta forma se desconoce la existencia de la gran variedad de fusibles en el mercado nacional, además de desconocer quiénes los fabrican y distribuyen.

### **3.3.3 Clasificación de los fusibles de baja tensión**



En las instalaciones residenciales se emplean dos tipos básicos de fusibles:





De toda la variedad de fusibles que hemos visto, los dos anteriormente citados podemos definirlos así:

- *Fusibles de tapón*. Son aquellos que se atornillan en el portafusible respectivo, por medio de una rosca que tiene en su interior.
- *Fusibles no renovables*. Son aquellos a los cuales no se les puede cambiar el eslabón fusible y quedan inservibles al fundirse éste.
- *Fusibles de cartucho*. Son aquellos que tienen el eslabón fusible dentro de un tubo aislante, con contactos en los extremos en forma de casquillos o navajas.

### 3.3.4 Construcción de fusibles

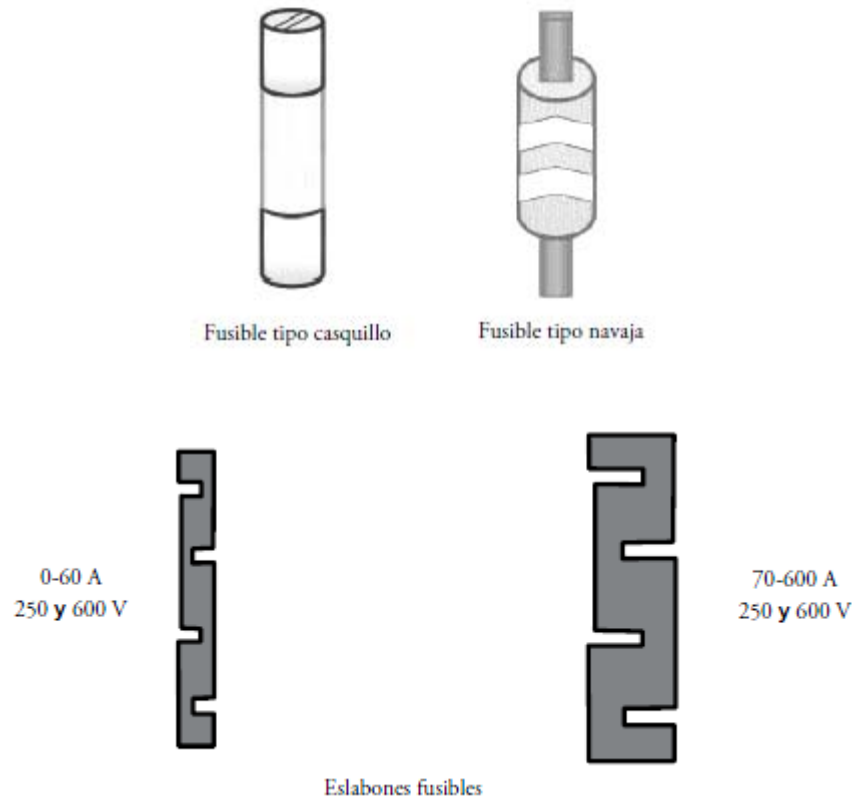
La fabricación de fusibles es muy diversa, pero podemos generalizar de la siguiente forma:

Los fusibles de tapón roscado, constan de un elemento fusible, un cuerpo y una terminal.



Fusible de tapón rosca

En las figuras se ilustra la construcción de los fusibles cartucho renovables, de casquillo y de navajas respectivamente, en la que los eslabones fusibles son de zinc.



### 3.3.5 Condiciones de operación

Durante el funcionamiento de los sistemas y equipos eléctricos se presentan condiciones anormales de operación debido a fallas de sobrecarga y cortocircuito, las cuales ocasionan que los dispositivos de protección operen al presentarse éstas.

Dentro de estas condiciones se consideran aquellas que ocasionan la apertura de los dispositivos de protección, específicamente los fusibles, causadas por condiciones ambientales.

Las condiciones más comunes en las que un fusible puede operar son las siguientes:  
Sobrecorrientes debidas a:

- Sobrecargas.
- Cortocircuito.
- Falso contacto
- Alta temperatura

Bajo estas condiciones, los fusibles deben ofrecer la protección adecuada, evitando con ello que el equipo protegido se dañe a causa de elevadas corrientes de falla.

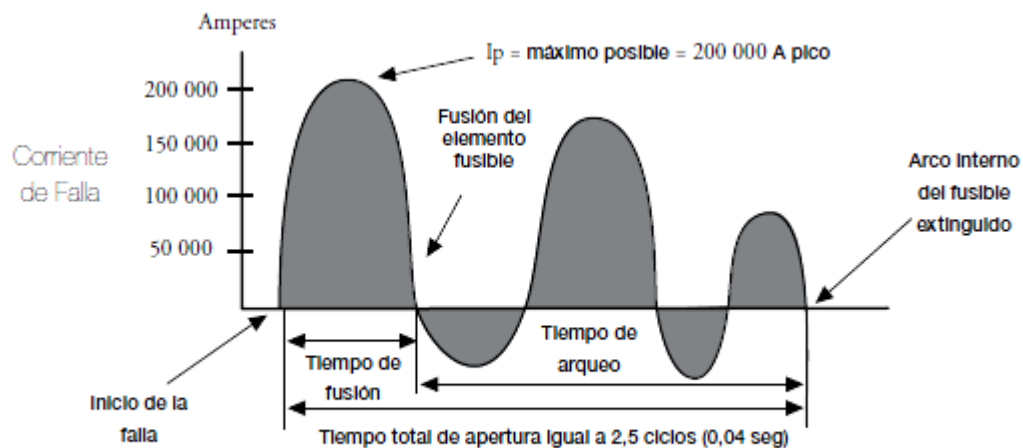
### 3.3.6 Comportamiento del fusible en circuitos de corriente alterna

Durante la operación del fusible en ca se tiene que la magnitud de corriente de cortocircuito depende de la reactancia de sistema al punto de falla, y para minimizar

esta corriente a un valor no muy crítico en los equipos protegidos es necesario frenar esa corriente de tal forma que no pasa por el equipo.

El propósito fundamental de cada fusible es cortar el flujo de corriente en el instante de la falla o cuando se presenta una sobrecarga prolongada. Sin embargo, no todos los fusibles pueden frenar la corriente antes de que ésta alcance su valor de cresta, esto es, literalmente frenar la corriente en su trayectoria, y el fusible puede o no ser capaz de cortar completamente al flujo de corriente dentro de un intervalo próximo al inicio de la falla.

En la siguiente curva se ilustra el caso hipotético de una falla de arco (cortocircuito sólido) sobre un circuito con 200 000 amperes de corriente de cortocircuito disponible. El fusible no limitador de corriente permite un pico de corriente del máximo disponible (200 000 amperes) y deja fluir una corriente por un tiempo determinado antes de que el arco interno en el fusible sea extinguido y el flujo de corriente sea completamente interrumpido.



Corriente de falla en un fusible no limitador

### 3.4 Lámparas

#### 3.4.1 Generalidades

Como sabemos, la luz artificial juega un papel muy importante en la actualidad, debido a que sin ella no podríamos realizar nuestras actividades nocturnas ni muchas de las que realizamos en el día; esto es, que la luz artificial no sólo debe asociarse a la comodidad que nos proporciona, sino también a la seguridad que nos brinda al contar con vías de comunicación bien iluminadas, señalizaciones, aparatos y demás cosas en las que utilizamos algo de iluminación.

Ahora bien, llamaremos fuente luminosa al efecto que emite radiaciones visibles para el ojo humano, es decir, que produce luz.

Las fuentes luminosas se dividen en dos tipos:

- Naturales.
- Artificiales.

La fuente luminosa natural más conocida es el sol y las fuentes luminosas artificiales son las lámparas eléctricas.

En la actualidad se dispone de una enorme variedad de diferentes tipos de lámparas, en donde entran las lámparas incandescentes, fluorescentes y de descarga.

*Lámparas incandescentes.* El principio de funcionamiento de las lámparas incandescentes es el siguiente:

A través de un filamento metálico de cierta resistencia eléctrica se hace circular una corriente eléctrica, lo que produce que el filamento llegue a un punto de incandescencia emitiendo así radiaciones luminosas y caloríficas. Las lámparas incandescentes producen en su mayor parte calor, aproximadamente un 90% de la energía que consumen, y un 10% en luz.

Desde la invención del foco incandescente, el principio de funcionamiento ha sido el mismo, con algunas mejoras que se han presentado a través de los años. El hecho de que por décadas se haya utilizado este foco ha originado que se tenga como un artículo de uso diario que ya está integrado a nuestra vida; por lo mismo es un producto económico, y su vida promedio es de 100 h, llegando a producir hasta 25 LM/W.

*Lámparas fluorescentes.* En las lámparas fluorescentes, la luz se genera por el fenómeno de la fluorescencia, debido a una descarga eléctrica en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión que se lleva a cabo en el interior del tubo. Este tubo generalmente es de longitud grande en comparación con su diámetro, que es pequeño. También existen lámparas fluorescentes en forma de U y circulares. El rendimiento luminoso que se obtiene en estas lámparas es elevado, llegando a alcanzar los 96 LM/W. Por otra parte se tienen diferentes tonos de color, esto es debido a la mezcla adecuada de sustancias fluorescentes. Los tonos de color que se utilizan actualmente son:

- Luz de día.
- Blanco frío.
- Blanco cálido.

Las lámparas fluorescentes se utilizan primordialmente en oficinas, despachos, bibliotecas, centros comerciales, debido a que son lámparas que proporcionan una buena iluminación y que emiten poco calor, haciendo que sean agradables a la vista y de gran confort.

Las lámparas de alta intensidad de descarga (HID) tienen un tubo de descarga gaseosa que va alojado en el interior del bulbo protector. Este tubo de descarga opera a presiones y densidades de corriente suficientes para generar la radiación visible para proporcionar luz, cuando en sus extremos (electrodos) se aplica una tensión que da lugar a un arco eléctrico que posteriormente ioniza el gas y los vapores metálicos.

Actualmente estas lámparas ocupan un lugar muy importante dentro de la iluminación porque tienen variados usos, tanto en forma interior como exterior. Por ejemplo, en forma exterior en las vías de comunicación, como son calles, avenidas, etc., y en interiores como son grandes naves industriales, almacenes, etc. Además, la iluminación que se obtiene con estas lámparas es muy elevada, independientemente de que su promedio de vida es bastante grande. Es por esto que más adelante se hablará de estas lámparas, para ver sus características y la importancia que tienen.

Dentro de los modernos conceptos de iluminación nos encontramos con los nuevos productos que actualmente están revolucionando el mercado mundial, por el hecho de que han aparecido lámparas con alto rendimiento que permiten un ahorro de hasta 75% de energía eléctrica comparadas con las incandescentes.

Otros de los nuevos productos que han hecho su aparición en los últimos tiempos como conceptos revolucionarios son las lámparas de halógeno de baja tensión, que han hecho su aparición para darle mayor realce y belleza a las exhibiciones, aparadores y todos aquellos lugares que nos interesa iluminar con luz de acento, teniendo también un mejor rendimiento luminoso que las incandescentes normales.

### **3.4.2 Color de las lámparas fluorescentes y sus aplicaciones**

*Lámpara luz de día.* Esta lámpara se denomina así debido a que el espectro luminoso se asemeja bastante a la luz natural y tiene una temperatura de color de 6,000° K.

Aplicaciones: Estas lámparas se aplican en aquellos lugares en los que se desee apreciar mejor los colores sin importar la hora y las condiciones meteorológicas, digamos la compra de vestidos bajo la luz artificial, que en ocasiones se distorsiona. Con este tipo de lámparas se evita este problema.

Otros campos de aplicación son en las industrias –química, fábricas textiles, carpinterías y ebanisterías, artes gráficas y laboratorios–, comercios –textil y peletería, foto, relojería, joyería, tiendas y supermercados–, centros sociales –museos y galerías de arte–, así como en clínicas y consultorios.

*Lámpara blanco frío.* Tiene la ventaja práctica de poderse combinar indistintamente con la luz natural de las lámparas de incandescencia (temperatura de color de 4,300° K).



Aplicaciones: Es la lámpara fluorescente de uso más general y su campo de aplicación es prácticamente ilimitado. Puede utilizarse, por ejemplo, para alumbrado industrial, alumbrado de garage y hangares, oficinas, archivos, talleres, escuelas, etc., siendo de las lámparas fluorescentes de las que más lúmenes producen, esto es, que proporciona mayor cantidad de luz con el mismo consumo de energía.

*Lámpara blanco cálido.* En estas lámparas la temperatura de color es de 3 000° K, y debido a la gran cantidad de radiaciones rojas hace que sea más parecida a las lámparas de incandescencia.

Aplicaciones: Esta lámpara es adecuada en aquellos lugares donde sea esencial una perfecta reproducción de colores, sobre todo en expendios de víveres.

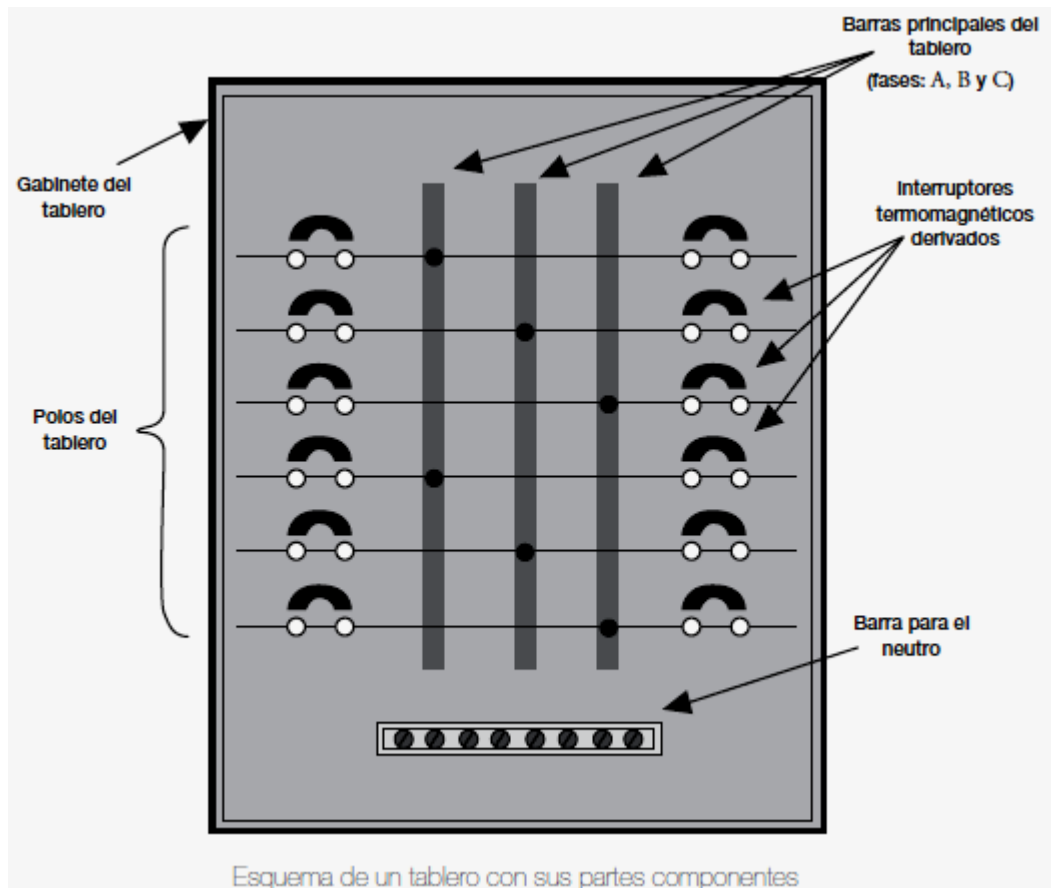
Oficinas: despachos, grandes oficinas, pasillos, salas de reunión. Escuelas: aulas, auditorios, jardines de infancia, bibliotecas, salas de lectura. Comercio: panaderías, comestibles, peluquerías, tiendas, supermercados. Centros sociales: hoteles, restaurantes, bares, teatros, museos, galerías de arte.

### **3.5 Centros de carga y tableros de distribución**

#### **3.5.1 Antecedentes y conceptos básicos**

El origen de los tableros y centros de carga se desarrollaron como consecuencia de las siguientes necesidades:

- Dividir grandes sistemas eléctricos en varios circuitos reduciendo calibres de conductores.
- Tener medios de conexión y de protección para cada circuito eléctrico de un sistema.
- Localizar en un solo lugar los dispositivos mencionados en el punto anterior.



*Circuito alimentador.* Refiriéndonos a tableros y centros de carga, el circuito alimentador o línea de alimentación será aquel circuito que le proporciona la energía eléctrica al tablero.

*Circuito derivado.* Se da ese nombre a cada uno de los circuitos que alimentan el tablero a través de cada uno de sus interruptores, los cuales también reciben el nombre de derivados.

*Fases, hilos y número de polos.* Cuando a un tablero lo alimenta una línea de corriente o dos, se dice que es de una fase, siendo en estos dos casos absolutamente necesaria la conexión del hilo neutro. Cuando al tablero llegan las tres líneas de corriente, se dice que es de tres fases.

El número de hilos en el tablero queda definido por la suma de cables de línea y neutro que lo alimentan, teniéndose las siguientes combinaciones.

- Una fase, tres hilos.
- Tres fases, tres hilos.
- Tres fases, cuatro hilos.

### *Tipos de montaje*

- Empotrar: cuando el tablero va embebido en los muros.
- Sobreponer: cuando el tablero se fija sobre el muro.
- Autosoportado: el tablero se fija directamente sobre el piso.

### *Funciones del tablero*

- Dividir un circuito eléctrico en varios circuitos derivados.
- Proveer de un medio de conexión y desconexión manual a cada uno de los circuitos derivados.
- Proteger a cada uno de los circuitos contra sobrecorrientes.
- Concentrar en un solo punto todos los interruptores.

### *Tableros con zapatas principales*

La alimentación del tablero se realiza directamente a las barras del bus por medio de zapatas de conexión. Se debe contar con un medio de protección externo.

### *Tableros con interruptor principal*

La alimentación del tablero se realiza a través de un interruptor termomagnético que forma parte integral de él y le brinda medio de protección y conexión general.

## **3.6 Contactos y apagadores**

### **3.6.1 Apagadores**

Un apagador se define como un interruptor pequeño de acción rápida, operación manual y baja capacidad que se usa por lo general para el control de aparatos pequeños domésticos y comerciales, así como unidades de alumbrado pequeñas. Debido a que la operación de los apagadores es manual, las tensiones nominales no deben exceder a 600 V.

Existen diferentes tipos de apagadores. El más simple es el de una vía o monopolar, con dos

terminales que se usan para “prender” o “apagar” una lámpara u otro objeto desde un punto sencillo de localización.

Una variante del apagador del polo es el llamado tipo silencioso y el de contacto.

Los apagadores sencillos para instalaciones residenciales se fabrican para 127 V y corrientes de 15 A.

### **3.6.2 Accesibilidad de los apagadores**

Invariablemente en cualquier instalación eléctrica, todos los apagadores se deben instalar de manera tal que se puedan operar de manera manual y desde un lugar

fácilmente accesible. El centro de la palanca de operación de los apagadores no debe quedar a más de 2,0 m sobre el nivel del piso en ningún caso.

Cuando se trate de apagadores para alumbrado en casas habitación, oficinas y centros comerciales la altura máxima desde el nivel del piso será de 1,2 y 1,35 m.

### **3.6.3 Montaje de los apagadores**

*Tipo sobrepuesto o de superficie.* Los apagadores que se usen en instalaciones visibles con conductores aislados sobre aisladores, se deben colocar sobre bases de material aislante que separen a los conductores por lo menos 12 mm de la superficie sobre la cual se apoya la instalación.

*Tipo embutido.* Los apagadores que se alojan en cajas de instalaciones ocultas se deben montar sobre una placa o chasis que esté al ras con la superficie de empotramiento y sujeto a la caja.

Los apagadores instalados en cajas metálicas embutidas y no puestas a tierra y que pueden ser alcanzados desde el piso, se deben proveer de tapas de material aislante e incombustible.

*Apagador de tres vías.* Los llamados apagadores de tres vías se usan principalmente para controlar lámparas desde dos puntos distintos, por lo que se requieren dos apagadores de tres vías para cada instalación donde se requiere este tipo de control. Estos apagadores tienen normalmente tres terminales.

Su instalación es común en áreas grandes como entrada de casa y pasillo, en donde por comodidad no se requiera regresar a apagar una lámpara, o bien en escaleras en donde se prende un foco en la parte inferior (o superior) y se apaga en la parte superior (inferior) para no tener que regresar a apagar la lámpara.

### **3.6.4 Contactos**

Los contactos se usan para enchufar (conectar) por medio de clavijas dispositivos portátiles, tales como: lámparas, taladros, radios, televisores, etcétera.

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

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

Los contactos se localizan aproximadamente de 35 a 40 cm con respecto al nivel del piso (considerando como piso terminado). En caso de cocinas en casas habitación, así como en baños, es común instalar los contactos en la misma caja que los apagadores, por lo que la altura de instalación queda determinada por los apagadores, es decir entre 1,2 y 1,35 m sobre el nivel del piso.

*Contactos de piso.* Los contactos que se instalen en pisos, deben estar contenidos en cajas, especialmente construidas para cumplir con el propósito.

*Contactos en lugares húmedos o mojados.* Estos contactos se denominan a prueba de intemperie.

### **3.7 Canalizaciones**

Las canalizaciones eléctricas sirven para proporcionar protección mecánica a los conductores, ya que los aísla físicamente y confina cualquier problema de calor o chispas producidas por falla de aislamiento.

Existe una gran variedad de medios para contener a los conductores eléctricos conocidos como canalizaciones eléctricas; algunas son de uso común y otras se usan en aplicaciones específicas. Algunos de estos medios son los tubos (conduit, con sus variedades constructivas y de material), ductos, charolas y electroductos.

#### **3.7.1 Tubos (conduit) metálicos**

Los tubos (conduit) metálicos, dependiendo del tipo usado, se pueden instalar en exteriores e interiores, en áreas secas o húmedas. Los tubos (conduit) rígidos constituyen, de hecho, el sistema de canalización más comúnmente usado, porque prácticamente se puede utilizar en todo tipo de atmósferas y para todas las aplicaciones.

En ambientes corrosivos, adicionalmente se debe tener cuidado de proteger los tubos con pintura anticorrosiva, ya que la presentación normal de estos tubos es galvanizada.

Los tipos más usados son:

*Tubo (conduit) metálico rígido (pared gruesa).* Este tipo de tubo (conduit) se suministra en tramos de 3 m de longitud, en acero o aluminio, y se encuentra disponible en diámetros desde 13 mm (1/2") hasta 152,4 mm (6"). Cada extremo del tubo se proporciona con rosca y uno de ellos tiene un cople.

Este tubo puede quedar embebido en muros y paredes, o puede ir montado superficialmente con soportes especiales.

Algunas recomendaciones generales para la aplicación son:

- El número de dobleces en la trayectoria total de un (conduit) no debe exceder a 360°.
- Para evitar problemas de corrosión galvánica, deben instalarse tubos y accesorios del mismo tipo de metal.
- Los tubos deben soportarse cada 3 m y cada 90 cm entre cada salida.

*Tubo (conduit) metálico intermedio o semipesado.* Se fabrica en diámetros de hasta 102 mm (4"), su constitución es similar al tubo (conduit) rígido de pared gruesa, pero sus paredes son más delgadas, por lo que tiene un mayor espacio interior disponible. Se debe tener mayor cuidado con el doblado de estos tubos, ya que tienden a deformarse. Tienen roscados los extremos, y sus aplicaciones son similares a los tubos anteriormente descritos.

*Tubo metálico de pared delgada (rígido ligero).* Estos tubos son similares a los de pared gruesa, pero tienen la pared interna mucho más delgada. Se fabrican en diámetros de hasta 102 mm (4"). Se pueden usar en instalaciones visibles u ocultas, embebido en concreto o embutido en mampostría, pero en lugares secos no expuestos a humedad o ambientes corrosivos. Estos tubos no tienen sus extremos roscados y tampoco usan los mismos conectores que los tubos metálicos anteriormente citados. Los conectores de este tipo de tubería son atornillados.

*Tubo (conduit) metálico flexible.* Este es un tubo hecho de cinta metálica engargolada (en forma helicoidal), sin ningún recubrimiento. Hay otro tubo metálico que tiene una cubierta exterior de un material no metálico que se aplica sobre el tubo para que sea hermético a los líquidos. Este tipo de tubo (conduit) es útil cuando se hacen instalaciones en áreas donde se dificultan los dobleces con tubo (conduit) metálico, o bien en lugares donde existen vibraciones mecánicas que puedan afectar las uniones rígidas de las instalaciones. Este tubo se fabrica con un diámetro mínimo de 13 mm (1/2") y un diámetro máximo de 102 mm (4").

### **3.7.2 Tubo (conduit) no metálico**

En el mercado podemos encontrar muchos tipos de tubos (conduit) no metálicos que tienen una gran variedad de aplicaciones y están contruidos de distintos materiales como el policloruro de vinilo (PVC), la fibra de vidrio, el polietileno, etc.

El más usado en las instalaciones residenciales es el PVC, el cual es un metal autoextinguible, resistente al colapso, a la humedad y a agentes químicos específicos.

Se puede usar en:

Instalaciones ocultas, visibles (cuando no se expone el tubo a daño mecánico) y lugares expuestos a agentes químicos.

No debe usarse en áreas y locales clasificados como peligrosos. Tampoco para soportar luminarios ni en lugares que excedan temperaturas ambientales mayores de 70 °C. Estos tubos se pueden doblar mediante la aplicación de aire caliente o líquido caliente.

*Tube de polietileno.* El tubo (conduit) de polietileno debe ser resistente a la humedad y a ciertos agentes químicos específicos. Su resistencia mecánica debe ser adecuada para proporcionar protección a los conductores y soportar el trato rudo a que se ve sometido durante su instalación. Por lo general se le identifica por el color anaranjado. Puede operar con tensiones hasta 150 V a tierra, embebido en concreto o embutido en muros, pisos y techos. También se puede enterrar a una profundidad no menor de 0,5 m. No se recomienda su utilización oculto en techos y plafones, en cubos de edificios o en instalaciones visibles.

### **3.7.3 Ductos metálicos**

Los ductos metálicos se instalan en la superficie, proporcionan protección mecánica a los conductores y además los hacen accesibles para cambios o modificaciones en el alambrado.

Los ductos metálicos se seleccionan sobre la base de número y tamaño de los conductores que deben alojar: por lo general se hace con las especificaciones e instrucciones de los fabricantes. Pueden tener diferentes formas en función de la aplicación.

### **3.7.4 Bus ducto (electroducto)**

El bus ducto consiste por lo general de conductores en forma de barra dentro de un elemento metálico (ducto) que los contiene. Cuenta con una adecuada ventilación que ayuda a la capacidad de corriente del sistema. El uso de este electroducto es esencial para aquellas instalaciones que demandan corrientes elevadas.

Se fabrican en diversos tipos: enchufable, atornillable, con barras de aluminio o cobre, etc.

Debido a la característica de manejar altas corrientes o demanda de potencia elevada, su aplicación más común se encuentra en las instalaciones industriales; sin embargo su uso no está limitado a las instalaciones comerciales o de edificios de oficinas. Se usa frecuentemente como un sistema completo, aunque tiene la desventaja de su alto costo y los accesorios complementarios que también tienen un elevado costo.

### 3.7.5 Cajas y accesorios para canalización con tubo

*Cajas eléctricas.* Son la terminación que permite acomodar las llegadas de los distintos tipos de tubos (conduit), cables armados o tubos no metálicos; con el propósito de empalar cables y proporcionar salidas para contactos, apagadores, salidas para lámparas y luminarias en general. Estas cajas se diseñan en distintos tipos y dimensiones, así como también los accesorios para su montaje, con el objeto de dar la versatilidad que requieren las construcciones eléctricas.

Las cajas se identifican por nombres, pero en general son funcionalmente intercambiables, con algunas pocas excepciones. Se fabrican metálicas y no metálicas. Básicamente la selección de una caja depende de lo siguiente:

- El número de conductores que entran.
- El tipo y número de dispositivos que se conectan a la caja.
- El método de alambrado usado.

*Cajas metálicas para propósitos generales.* Estas cajas de propósitos generales se clasifican en los siguientes tipos:

- Cajas para apagadores.
- Cajas octagonales.
- Cajas cuadradas.

En el mercado podemos encontrar estas cajas de materiales metálicos y no metálicos.

Las cajas tipo apagador se usan para alojar los apagadores o contactos, algunas se utilizan para alojar más de un apagador o dispositivo.

Las cajas octagonales o cuadradas se utilizan principalmente para salidas de la instalación eléctrica, ya sea para lámparas o luminarias, o para montar otros dispositivos (usando la cubierta apropiada).

### 3.7.6 Ductos metálicos con tapa

Este tipo de ductos puede tener la tapa embisagrada o de tipo desmontable y sirve para contener y a la vez proteger a los conductores que se colocan o alojan en el ducto, cuando éste ha sido ya totalmente instalado.

Se usan como canalizaciones visibles en lugares secos y cuando se instalan a la intemperie se deben especificar a prueba de agua. Estos ductos no se deben usar cuando estén sujetos a daños mecánicos, expuestos a vapores y gases corrosivos o en lugares clasificados como peligrosos.



Los conductores alojados en los ductos no deben ocupar más del 20% (Art. 362-19 NOM-001- SEDE-2005) de área interior del ducto ni tampoco alojar a más de 30 conductores que llevan corriente.

Los conductores para circuitos de control y señalización, como los usados en estaciones de botones, lámparas de señalización y los de puesta a tierra, no se consideran como portadores de corriente

### **3.7.7 Charolas para cables**

Las charolas o soportes continuos para cables son conjuntos prefabricados en secciones rectas con herrajes que se pueden unir para formar un sistema total de soporte de cables.

En el mercado existen diferentes tipos de charolas, siendo tres las principales:

- *Charolas de paso*

Tienen un fondo continuo ya sea ventilado o no ventilado y con ancho estándar de: 15, 22, 30 y 60 cm. Este tipo de charola se usa cuando los conductores son pequeños y requieren de un soporte completo.

- *Charolas tipo escalera*

Éstas son de construcción muy sencilla, consisten en dos rieles laterales unidos o conectados con travesaños individuales. Se fabrican en anchos estándar de: 15, 22, 30, 45, 60 y 75 cm. Pueden ser de acero o aluminio.

- *Charolas tipo canal*

Están constituidas de una sección de canal ventilada. Los anchos estándar de esta charola son: 7,5 y 10 cm.

## **3.8 Simbología e interpretación de planos**

### **3.8.1 Símbolos en instalaciones eléctricas**

Hemos comentado anteriormente los componentes de las instalaciones eléctricas. Para una fácil interpretación de los circuitos eléctricos y sus componentes, así como la elaboración e interpretación de planos, se usan los llamados símbolos convencionales.

Pueden utilizarse otros símbolos en los planos eléctricos, siempre y cuando se aclare en el mismo plano lo que significan con el objeto de facilitar su comprensión. Consultar la norma mexicana NMX-J-136- ANCE-2007, la cual establece las abreviaturas y símbolos gráficos, los cuales se utilizan en diagramas, planos y equipos eléctricos.

### **3.8.2 Planos eléctricos**

El primer paso para la realización de una instalación eléctrica para un trabajo en específico es obtener un diagrama de alambrado y conexiones eléctricas.

En los proyectos industriales se deberá disponer de un conjunto de planos arquitectónicos de construcción, entre los cuales se encuentra el correspondiente a la instalación eléctrica en donde se muestran los elementos de la instalación, como son salidas, trayectorias de tubos (conduit) a tableros, elementos particulares, etc., así como las características principales de estos elementos.

Para efectuar la instalación eléctrica en sí, es necesario que estos planos tengan cierta presentación e información, para obtener la aprobación correspondiente de la dependencia oficial.

### **3.8.3 Principios del alambrado eléctrico**

El alambrado de una instalación eléctrica consiste básicamente de tres etapas:

1. Elaboración de planos, en los cuales se indica por medio de símbolos convencionales la localización de los principales elementos de la instalación.
2. Las indicaciones necesarias para el alambrado y diagrama de conexiones para cada uno de los elementos de la instalación. Esto es particularmente importante para la instalación misma y sobre todo para el electricista que aún no tiene experiencia.
3. Los detalles mismos de la ejecución de cada una de partes de la instalación eléctrica, como son: formas de ejecutar las conexiones, número de conductores por elemento, etc.

El conocimiento general de estas tres etapas en el inicio del cálculo o proyecto de una instalación eléctrica, permitirá disponer de la información necesaria para el cálculo propiamente dicho de la instalación eléctrica.

### **3.8.4 Los dibujos o planos para la instalación eléctrica**

Cuando se preparan dibujos o planos arquitectónicos para construir una casa habitación se debe procurar que éstos contengan toda la información y dimensiones necesarias para poder llevar el proyecto hasta su última etapa. De estos planos se hacen reproducciones, llamadas heliográficas.

La correcta lectura e interpretación de estos planos se adquiere a través del tiempo, pero un buen inicio se puede adquirir con la ayuda de una guía sistemática que permita tener una mejor idea práctica del problema.

### 3.8.5 Elaboración de los diagramas de alambrado

Acabamos de ver los elementos que aparecen en el plano de la instalación eléctrica.

Lo siguiente para el proyectista y/o instalador es cómo crear el sistema eléctrico de la instalación a partir de los planos eléctricos.

En esta parte se trata el problema de cómo analizar los circuitos eléctricos para su instalación, es decir cómo se prepara un plano eléctrico para la construcción y el alambrado y cómo se deben alambrear los distintos componentes de la instalación, como es el caso de contactos, apagadores y lámparas, así como elementos adicionales.

El objetivo es aprender a interpretar los planos, ya que a partir de esto es fácilmente comprensible la instalación eléctrica de otro tipo de locales. Para esto resulta conveniente tratar por separado cada uno de los componentes de la casa habitación, es decir cada una de las áreas, tratando siempre de generalizar el procedimiento. Con base en esto es posible tener una idea más clara de cómo hacerlo para cualquier caso particular. Recuérdese que el objetivo final es tener una instalación eléctrica funcionando.

### 3.8.6 Detalles del alambrado y diagrama de conexiones

A fin de simplificar los diagramas y para evitar confusiones en la interpretación de los mismos, se usará la siguiente notación para los conductores:

- L = conductor de línea o fase
- N = conductor neutro
- R = conductor de retorno

La Norma Oficial de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE recomienda para la ejecución práctica de las instalaciones eléctricas y con propósitos de facilitar la identificación de los conductores que forman el alambrado, los siguientes colores:

- Conductores puestos a tierra (neutro) color blanco o gris claro.
- Conductores para la puesta a tierra de equipo color verde.

Cada conductor activo (de línea o fase) debe distinguirse con combinaciones de colores que los haga diferenciarse entre sí (las combinaciones no deben contener blanco, verde o gris, pues éstos se utilizan para las puestas a tierra). Cuando se tiene varios circuitos en un mismo tubo (conduit) o canalización, debe usarse una forma adecuada de identificación a cada circuito.

# **CAPÍTULO 4**

## **Normatividad y diseño**

#### 4.1 Importancia de la Norma de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-2005

La norma que contempla la forma en que se deben realizar las instalaciones eléctricas en México es la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005 “Instalaciones Eléctricas (Utilización)”. Esta norma tiene carácter de obligatoriedad en todo el territorio nacional, y se elaboró con el objetivo de establecer las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a protección contra choques eléctricos, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla, sobretensiones, fenómenos atmosféricos e incendios, entre otros.

La NOM-001-SEDE-2005 cubre a las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica en:

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

La NOM-001-SEDE-2005 no se aplica en:

- a) Instalaciones eléctricas en barcos y embarcaciones.
- b) Instalaciones eléctricas para unidades de transporte público eléctrico, aeronaves o vehículos automotores.
- c) Instalaciones eléctricas del sistema de transporte público eléctrico, en lo relativo a la generación, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica utilizada exclusivamente para la operación del equipo rodante, o de señalización y comunicación.
- d) Instalaciones eléctricas en áreas subterráneas de minas, así como en la maquinaria móvil autopropulsada de minería superficial y el cable de alimentación de dicha maquinaria.
- e) Instalaciones de equipo de comunicaciones que estén bajo el control exclusivo de empresas de servicio público de comunicaciones donde se localice.

Para asegurar que los materiales y equipos empleados en las instalaciones eléctricas son los adecuados, la NOM-001-SEDE-2005 establece, en la parte 110-2. “Aprobación”, del ARTÍCULO 110 – “REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS”, los requisitos que deben cumplir y los cuales se indican a continuación:

110-2. Aprobación. En las instalaciones eléctricas a que se refiere la presente NOM deben utilizarse materiales y equipos (productos) que cumplan con las normas oficiales mexicanas y, a falta de éstas, con las normas mexicanas. Los materiales y equipos (productos) de las instalaciones eléctricas sujetos al cumplimiento señalado en el párrafo anterior, deben contar con un certificado expedido por un organismo de certificación de productos, acreditado y aprobado.

Los materiales y equipos (productos) que cumplan con las disposiciones establecidas en los párrafos anteriores se consideran aprobados para los efectos de esta NOM.

El organismo de certificación de productos del sector eléctrico acreditado y aprobado es la Asociación de Normalización y Certificación (ANCE), que cuenta con la acreditación de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y emite certificados con validez oficial en México.



La ANCE es una sociedad privada que brinda apoyo y servicios en materia de normalización, laboratorio de pruebas, certificación de sistemas de calidad, certificación de productos y verificación en el sector eléctrico.

En el *Apéndice B* se muestra una lista de algunas de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX) que deben cumplir los productos eléctricos.

Adicionalmente a las normas indicadas anteriormente, los siguientes documentos son importantes en cuanto a la aplicación correcta de la NOM-001-SEDE-2005:

- Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento.
- NOM-008-SCFI, Sistema General de Unidades de Medida.
- NOM-024-SCFI, Información comercial – aparatos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos – Instructivos y garantías para los productos de fabricación nacional e importada.
- NOM-050-SCFI, Información comercial – información comercial del envase o su etiqueta que deberán ostentar los productos de fabricación nacional y extranjera.

- NMX-J-098, Sistemas eléctricos de potencia – suministro – Tensiones eléctricas normalizadas.

Es importante indicar lo que la NOM-001-SEDE-2005 menciona en la sección 5.1.2 del TÍTULO 5 – “Lineamientos para la aplicación de las especificaciones en las instalaciones eléctricas”:

“Las disposiciones establecidas en las especificaciones de la NOM-001-SEDE-2005 no deben considerarse como guía de diseño de instalaciones ni como un manual de instrucciones para personas no-calificadas.\* Se considera que para hacer un uso apropiado de esta NOM, es necesario recibir entrenamiento y tener experiencia suficiente en el manejo de las instalaciones eléctricas.”

*\*Persona calificada.* Es aquella persona física cuyos conocimientos y facultades especiales para intervenir en el proyecto, cálculo, construcción, operación o mantenimiento de una determinada instalación eléctrica han sido comprobados en términos de la legislación vigente o por medio de un procedimiento de evaluación de la conformidad bajo la responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones.

La autoridad encargada de vigilar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE es la Secretaría de Energía, a través de la Dirección General de Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares.

El mecanismo de vigilancia lo conforman las Unidades de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE’s). Las UVIE’s son personas físicas o morales que realizan actos de verificación para evaluar la conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005 “Instalaciones Eléctricas (utilización)”, que han sido acreditadas por una entidad de acreditación (EMA) y aprobadas por la SENER, conforme a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (Artículos 68 y 70).

Las UVIE’s se constituyen para dar cumplimiento a lo establecido en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en su Reglamento, en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y en el Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, así como en el decreto que reforma dicho Reglamento.

Básicamente una Unidad de Verificación realiza lo siguiente:

- Revisión del proyecto eléctrico (planos y memoria de cálculo).
- Revisión física de las instalaciones (visitas de verificación):
  - Instalación de materiales normalizados y certificados.
  - Continuidad eléctrica de envolventes y canalizaciones metálicas.
  - Continuidad de conductores.
  - Resistencia de aislamiento de conductores.
  - Resistencia de electrodos artificiales y de la red de tierras.
  - Polaridad de las conexiones en los receptáculos.

Las instalaciones eléctricas que deben verificarse son las de A.T., con valores superiores de 1000 V entre conductores o más de 600 V con respecto a tierra, inmuebles que cuenten con una subestación eléctrica y lugares de concentración pública con acometida en B.T. Se incluyen las áreas clasificadas como peligrosas.

Cuando la instalación eléctrica cumple cabalmente lo dispuesto por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), la Unidad de Verificación entrega al usuario la evaluación de la conformidad con dichas normas, misma que el usuario debe mostrar a la CFE para poder hacer su contrato de suministro eléctrico.

La NOM-001-SEDE-2005 no tiene carácter retroactivo y sólo es aplicable a proyectos y construcciones que se inicien en fecha posterior a su entrada en vigor, incluyendo ampliaciones o modificaciones a instalaciones existentes.

La NOM-001-SEDE-2005 se ha apegado al uso de las unidades al Sistema General de Unidades de Medida, único legal y de uso obligatorio en los Estados Unidos Mexicanos. En el *Apéndice A* se indican las magnitudes, unidades y símbolos utilizados en la NOM 001-SEDE-2005.

#### **4.2 Vista general de la Norma de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-2005**

El índice general de la NOM-001-SEDE-2005 es el siguiente:

- Introducción.
- Título 1. Objetivo y campo de aplicación.
- Título 2. Referencias.
- Título 3. Principios fundamentales.
- Título 4. Especificaciones (capítulos 1 al 10 y Apéndice A).
- Título 5. Lineamientos para la aplicación de las especificaciones en las instalaciones eléctricas (utilización).
- Título 6. Cumplimiento.
- Título 7. Vigilancia.
- Título 8. Bibliografía.
- Título 9. Concordancia con normas internacionales.
- Transitorios.

EL Título 4 es el que contiene básicamente todas las especificaciones técnicas para las instalaciones eléctricas y se divide en 10 capítulos. Los capítulos 1, 2, 3 y 4 son de aplicación general; los capítulos 5, 6 y 7 aplican a lugares específicos, a equipos especiales y a otras condiciones particulares. Las disposiciones establecidas por estos últimos capítulos son suplementarias o modifican lo establecido en los primeros.

Lo indicado en los capítulos 1 a 4 aplica en forma general, excepto lo que se indique para condiciones particulares en los capítulos 5, 6 y 7.



El capítulo 8 cubre instalaciones para sistemas de comunicación y es independiente de los demás capítulos, excepto cuando ahí se haga alguna referencia específica.

El capítulo 9 incluye disposiciones para instalaciones destinadas al servicio público.

El capítulo 10 consiste de tablas de datos de conductores y de sus aislamientos, así como de tubo (conduit) y de los factores de ocupación por los conductores. Se han incluido los apéndices A, B, C y D. El apéndice A es de carácter normativo, mientras que los apéndices B, C y D son de carácter informativo.

Para efectos de simplicidad, se ha omitido anteponer el número del Título 4 (especificaciones) en la numeración de capítulos, secciones y subsecciones, es decir, en lugar de 4.3.50.10, se indica 350-10 para identificar la Sección 10 del Artículo 50 del Capítulo 3.

Cada Capítulo está dividido en artículos. Cada artículo trata un tema específico; por ejemplo: alimentadores, puesta a tierra, circuitos derivados, circuitos de motores, etcétera.

Cuando un artículo es muy extenso, se subdivide en partes, las cuales desglosan el tema principal en grupos de información; así se tendrá, por ejemplo, parte A, B, C, etcétera.

A la disposición básica de la NOM se le denomina sección y se identifica con números y letras. Una sección se desglosa en ocasiones en subsecciones (con letras entre paréntesis), y cada subsección puede estar desglosada, aún más, en números entre paréntesis; por ejemplo 218-8(a)(1). Es importante que cuando se haga una referencia a esta NOM, sea proporcionada en forma completa.

Las excepciones proporcionan alternativas a una disposición específica. Se presentan dos tipos de excepciones: una excepción indica obligatoriedad y la otra indica algo permisible. Cuando una disposición tiene varias excepciones, primeramente se presentan las de carácter obligatorio y posteriormente las permisibles.

Una excepción obligatoria generalmente incluye términos como “debe” o “no debe” en su texto. La excepción de tipo permisible generalmente incluye la expresión “se permite”.

### **4.3 Diseño de las instalaciones eléctricas**

A continuación presentamos la forma de realizar instalaciones eléctricas, apegados en términos generales en la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-2005.

Este tema se presenta a travs de un ejemplo mediante una metodologa general, por lo que es aplicable a otro tipo de instalaciones, siempre y cuando se observe para cada una de ellas lo que indica la NOM-001-SEDE-2005.

#### **4.3.1 Planos de obra civil**

Existen diferentes tipos de planos en la construccin de edificaciones, como son: planos de cimentacin, planos estructurales, planos de distribucin, planos de ocupacin, plano arquitectnico, planos hidrulicos, etc. Para empezar a ejecutar una instalacin elctrica basta el plano de distribucin.

El plano de distribucin nos permite identificar las reas que el arquitecto ha definido para los diferentes usos. A partir de este momento empieza nuestra labor en el diseo de la instalacin elctrica.

#### **4.3.2 Determinacin de las cargas**

El primer paso para el diseo de una instalacin es la determinacin de las cargas elctricas que se requiere alimentar. Para llevar a cabo esto es necesario conocer los requerimientos del cliente y los requisitos mnimos que indica la NOM-001-SEDE-2005, en la seccin 220.

Considerando el plano de distribucin, tomaremos cada una de las reas de ocupacin y definiremos las cargas que se requieren, tanto en alumbrado como en contactos (receptculos).

En el plano de distribucin, el cual se conoce como de Planta, empezaremos a ubicar contactos y alumbrado. Para ubicar la posicin horizontal y vertical de los componentes elctricos, es recomendable conocer fsicamente la construccin y/o los planos de corte y elevacin del inmueble. Como no se cuenta con esta informacin en todos los casos, ya que depende mucho de la etapa en la cual nos contratemos para realizar el trabajo, ya sea que exista la obra negra o los cimientos o slo el plano, usaremos para nuestro caso la distribucin de reas y haremos un pequeo diagrama isomtrico en el que se indiquen las dimensiones horizontales y verticales. Esto nos permitir cuantificar los accesorios, tuberas y cables requeridos en la instalacin.

El artculo 210-52, inciso a), de la NOM-001-SEDE-2005, indica que con objeto de reducir el uso de cordones a travs de puertas, chimeneas y aberturas similares, en cada cocina, sala de estar, comedor, recibidor, vestbulo, biblioteca, terraza, recmara, cuarto de recreo o cualquier habitacin similar, se deben instalar salidas para receptculos de modo que cubran las necesidades particulares de cada local, independientemente de satisfacer lo que para el efecto sealen otras disposiciones normativas o reglamentarias expedidas por las autoridades rectoras en materia de construcciones.

El artículo 210-70, de la NOM-001-SEDE-2005, indica que en cada cuarto habitable, baño, vestíbulo, escalera, cochera independiente y entrada o salida exteriores, se deben instalar salidas para alumbrado en cantidad suficiente para cubrir las necesidades particulares de cada local. Las salidas para alumbrado deben estar controladas por medio de interruptores de pared (apagadores) instalados dentro del mismo lugar que controlan. Sin embargo, se indica la siguiente excepción: en los cuartos habitables distintos de las cocinas y cuartos de baño, en los cuales es frecuente instalar uno o más interruptores de pared para controlar las salidas de alumbrado, se pueden sustituir éstas con cualquier otro dispositivo que permita un control automático de las condiciones de iluminación de la habitación. En vestíbulos, escaleras, y accesos al exterior, se permite el control remoto, central o automático del alumbrado.

El artículo 210-8, inciso a), subinciso 2), indica que los receptáculos o contactos de las cocheras y partes de las construcciones sin terminal situadas a nivel del piso, que se utilicen como zonas de almacén o de trabajo, deben contar con interruptor con protección de falla a tierra. La finalidad de estos interruptores es la de proteger a las personas contra fallas a tierra, para evitar que pase una corriente peligrosa a través del cuerpo humano (véase sección 2.5 Sobrecorrientes, inciso c)- Fallas a tierra).

El artículo 210-8, inciso a), subinciso 1), indica que los receptáculos o contactos de los cuartos de baño deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor con protección de falla a tierra.

El artículo 210-8, inciso a), subinciso 6) indica que cuando los receptáculos o contactos estén instalados en la superficie del mueble de cocina, deben ofrecer protección a personas mediante interruptor con protección de falla a tierra.

El artículo 210-8, inciso a), subinciso 7) indica que cuando los receptáculos o contactos estén instalados para servir aparatos eléctricos ubicados en las barras y situados a menos de 1,83 m del borde exterior del fregadero o superficie metálica que esté en contacto con el mismo deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor con protección de falla a tierra.

#### **4.3.3 Cálculo de corrientes por carga o salida**

Para determinar la corriente que consume cada salida o carga, se necesita conocer su potencia aparente en VA (volt-amperes). Con la potencia aparente podemos calcular la corriente.

Algunos equipos indican en su información técnica, o en placa de datos, la corriente que consumen los que no pueden ahorrar el cálculo. Y en el caso de los motores, la NOM-001- SEDE-2005 proporciona las tablas 430-148, 430-149 y 430-150, en el artículo 430, para determinar la corriente. En el Apéndice C se encuentra una copia de estas tablas.

La sección 220-3, inciso c), subinciso 7), de la NOM-001-SEDE-2005 indica que para salidas en receptáculos de uso general, cada receptáculo sencillo o múltiple instalado en el mismo puente se debe considerar a no menos de 180 VA. Esta disposición no aplica para los receptáculos de los dos o más circuitos derivados independientes de 20 A, para pequeños aparatos eléctricos, requeridos por la sección 220-4, inciso b), de la NOM-001-SEDE-2005, ubicados en la cocina, desayunador, comedor, sala o áreas similares en las unidades de vivienda (incluyendo el cuarto de lavado de ropa y el equipo de refrigeración en cocinas), a los cuales probablemente se conecten aparatos eléctricos mayores a 3 A. Tampoco aplica para los receptáculos de uno o más circuitos derivados independientes de 20 A, empleados para conectar las salidas de lavadoras, requeridos por la sección 220-4, inciso c) de la NOM- 001-SEDE-2005.

#### 4.3.4 Determinación de las cargas totales

Con base en las secciones 220-3 y 220-4, de la NOM-001-SEDE-2005, los circuitos derivados se pueden dividir en los siguientes tipos, de acuerdo con el tipo de carga que alimentan:

- Circuitos de alumbrado general.
- Circuitos para otras cargas como: aparatos específicos, motores, elementos de alumbrado empotrados, elementos de alumbrado para trabajo pesado, rieles de alumbrado, alumbrado para anuncios y de realce y otras salidas.
  - Circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda.
  - Circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda.

Para conocer las cargas totales por tipo de circuito derivado, vamos a elaborar unas tablas, especificando por área de ocupación las cargas o salidas y la corriente que consumen

##### Circuitos de alumbrado general

En las notas de la tabla 220-3(b), de la NOM-001-SEDE-2005, se indica que todas las salidas para receptáculos de uso general de 20 A nominales o menos, en unidades de vivienda unifamiliares (una sola casa), bifamiliares (una casa dúplex) y multifamiliares (conjunto de varias casas) y en los cuartos de hoteles y moteles, se deben considerar tomas (salidas) para alumbrado general.

Una excepción a la regla anterior son los receptáculos de los circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos, en unidades de vivienda; y los receptáculos de los circuitos de 20 A para lavadoras, en unidades de vivienda.

En el inciso b), de la sección 220-3, de la NOM-001-SEDE-2005, se establece que la carga mínima de alumbrado por cada metro cuadrado de superficie del piso no debe ser inferior a la especificada en la tabla. La superficie del piso de cada planta se debe calcular a partir de las dimensiones exteriores del edificio, unidad de vivienda u otras

zonas afectadas. Para las unidades de vivienda, la superficie calculada del piso no debe incluir los patios abiertos, las cocheras ni los espacios utilizados o sin terminar, que no sean adaptables para su uso futuro.

#### 4.3.5 Diseño de los circuitos derivados de la instalación y sus protecciones

La sección 210-3 de la NOM-001-SEDE-2005 indica que la clasificación o capacidad nominal de los circuitos derivados está dada por su capacidad de conducción de corriente máxima, o por el valor nominal o de ajuste del dispositivo de sobrecorriente que protege a dicho circuito. La capacidad nominal de los circuitos derivados que no sean individuales (que alimentan más de una carga o salida) debe ser de 15, 20, 30, 40 y 50 A.

La sección 220-3, inciso a), de la NOM-001-SEDE-2005 indica que la capacidad nominal del circuito derivado, en amperes, no debe ser inferior a la carga no continua (una carga no continua es la que opera ocasionalmente), más el 125% de la carga continua (una carga continua es aquella en la que se espera que la corriente eléctrica máxima continúe circulando durante tres horas o más).

En una unidad de vivienda se consideran como cargas continuas:

- El alumbrado general.
- Los motores de trabajo constante, como la bomba de agua.
- Cualquier otra carga que vaya a operar con su corriente máxima por periodos mayores o iguales a tres horas.

Los circuitos deben estar protegidos contra sobrecorriente por medio de un dispositivo cuya capacidad nominal no exceda a la capacidad de conducción de corriente del circuito, en amperes (véase sección 240-3, de la NOM-001-SEDE-2005).

La tabla 210-24, de la NOM-001-SEDE-2005, indica las características para los circuitos derivados de 15 A a 50 A.

La sección 430-22, inciso a), de la NOM-001-SEDE-2005, indica que los conductores del circuito derivado para suministrar energía eléctrica a un solo motor deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor a 125% de la corriente eléctrica nominal (de plena carga del motor).

La sección 430-24 menciona que los conductores que suministren energía eléctrica a varios motores –o a motores y otras cargas– deben tener una capacidad de conducción de corriente al menos de la suma de las corrientes a plena carga nominales de todos los motores, más un 25% de la corriente nominal del motor mayor del grupo, más la corriente nominal de las otras cargas. El significado de esto se representa en la siguiente fórmula:

$$CCC \geq \sum I_{MOTOR} + 0,25 I_{MOTORMAYOR} + I_{OTRAS CARGAS}$$

Donde:

CCC = Capacidad de conducción de corriente del conductor que alimenta a los motores y otras cargas, en amperes

$I_{MOTOR}$  = Corriente eléctrica a plena carga de cada motor, en amperes

$I_{MOTORMAYOR}$  = Corriente eléctrica a plena carga del motor mayor, en amperes

$I_{OTRAS CARGAS}$  = Suma de las corrientes eléctricas de todas las otras cargas, en amperes

Para la selección de la protección contra sobrecorriente, los circuitos de motores representan un caso particular, ya que requieren de protección contra cortocircuito o falla a tierra; y también contra sobrecarga.

De acuerdo con la sección 430-52, de la NOM-001-SEDE-2005, la capacidad nominal o ajuste del dispositivo de protección contra cortocircuito o falla a tierra, para circuitos de un solo motor, no debe exceder los valores de la tabla 430-152 de dicha norma, la cual se muestra a continuación.

**Tabla 430-152.-**

**Valor nominal máximo o ajuste para el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado del motor**

Por ciento de la corriente eléctrica a plena carga				
Tipo de motor	Fusible sin retardo de tiempo**	Fusible de dos elementos** (con retardo de tiempo)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso*
Motores monofásicos	300	175	800	250
Motores de ca, polifásicos, que no sean de rotor devanado.				
Jaula de ardilla				
Otros que no sean diseño E	300	175	800	250
Diseño E	300	175	1 100	250
Motores síncronos +	300	175	800	250
Rotor devanado	150	150	800	250
cc (tensión eléctrica constante)	150	150	250	150

Para ciertas excepciones a los valores especificados, véase 430-52 hasta 430-54.  
 \* Los valores dados en la última columna comprenden también las capacidades de los tipos no ajustables de tiempo inverso, los cuales pueden modificarse como se indica en 430-52.  
 \*\* Los valores en la columna para fusible sin retardo de tiempo aplican para fusibles Clase CC con retardo de tiempo.  
 + Los motores síncronos de bajo par de arranque y baja velocidad (comúnmente 450 RPM o menos), como son los empleados para accionar compresores recíprocos, bombas, etc., que arrancan en vacío, no requieren una capacidad de fusible o un ajuste mayor que 200% de la corriente eléctrica a plena carga.

Sin embargo, cuando los valores determinados por la tabla 430-152 no correspondan a los tamaños o capacidades nominales comerciales de: fusibles, interruptores automáticos no ajustables, interruptores automáticos ajustables o dispositivos térmicos

de protección, se permite que el tamaño, capacidad o ajuste sea el inmediato superior. También, cuando los valores especificados por la tabla 430-152 no son suficientes para la corriente eléctrica de arranque del motor, se debe usar un dispositivo de protección de mayor capacidad disponible en el mercado.

Para motores de 746 W (1 HP) o menores, con arranque automático, la sección 430-32, inciso c), de la NOM-001-SEDE-2005, indica que este dispositivo debe seleccionarse para que desconecte o tenga como máximo su capacidad nominal de acuerdo con los siguientes porcentajes de la corriente eléctrica de placa a plena carga del motor.

Tipo de motor	Porcentaje para la selección de la protección del dispositivo contra sobrecarga
Motores con factor de servicio indicado no menor a 1,15	125
Motores con indicación de elevación de temperatura no mayor a 40 °C	125
Todos los demás motores	115

La sección 430-34, de la NOM-001-SEDE-2005, indica que cuando el relé de sobrecarga se selecciona de acuerdo con lo anterior, y no es suficiente para soportar la carga aplicada, se permite utilizar el inmediato superior disponible en el mercado, siempre que su corriente eléctrica de disparo no exceda los porcentajes de la corriente del motor operando a plena carga, indicados en la siguiente tabla:

Tipo de motor	Porcentaje para la selección de la protección del dispositivo contra sobrecarga
Motores con factor de servicio indicado no menor a 1,15	140
Motores con indicación de elevación de temperatura no mayor a 40 °C	140
Todos los demás motores	130

#### 4.3.6 Diseño del circuito alimentador de la instalación y su protección

De acuerdo con el artículo 100 de la NOM-001-SEDE-2005, el factor de demanda de un sistema o parte de un sistema, en porcentaje, es igual a su demanda máxima dividida entre su carga total conectada, todo esto multiplicado por cien. Esto se representa con la siguiente fórmula:

$$FD = (DM / CTC) \times 100$$

Donde:

FD = Factor de demanda del sistema o parte del sistema, en porcentaje.

DM = Demanda máxima del sistema o parte del sistema, en volt-amperes o en amperes.

CTC = Carga total conectada del sistema o parte del sistema, en volt-amperes o en amperes.

Despejando de esta fórmula, la demanda máxima del sistema o parte del sistema es igual a:

$$DM = (FD \cdot CTC) / 100$$

La sección 220-10, inciso a), de la NOM-001-SEDE-2005, indica que cuando un alimentador suministre energía a cargas continuas o una combinación de cargas continuas y no continuas, la capacidad de conducción de corriente del alimentador (que es su capacidad nominal), en amperes, no debe ser inferior a la carga no continua (una carga no continua es la que opera ocasionalmente), más el 125% de la carga continua (una carga continua es aquella en la que se espera que la corriente eléctrica máxima continúe circulando durante tres horas o más). En pocas palabras, la capacidad de conducción de corriente del circuito alimentador debe ser mayor o igual a la suma de las demandas máximas de cada parte del sistema que alimenta, multiplicando antes por 1,25 las demandas máximas que sean continuas. Los circuitos deben estar protegidos contra sobrecorriente por medio de un dispositivo cuya capacidad nominal no exceda a la capacidad de conducción de corriente del circuito, en amperes (véase sección 240-3 de la NOM-001-SEDE-2005).

En la sección 220-11 de la NOM-001-SEDE-2005, se presenta una tabla con los factores de demanda permitidos para alumbrado general.

En la sección 220-16 de la NOM-001-SEDE-2005 se indica que se debe considerar una carga de 1 500 VA por cada circuito derivado de dos conductores para pequeños aparatos eléctricos y lavadoras en unidades de vivienda. Se permite que estas cargas se incluyan en la carga de alumbrado general y se apliquen los factores de demanda indicados en la tabla.

Para alimentaciones trifásicas o bifásicas con neutro, las compañías suministradoras proporcionan tres medidores de consumo, uno por fase, para el cobro de la energía eléctrica. Si el desbalanceo entre dos de las fases es menor o igual a 5%, se considera un consumo de energía eléctrica igual a la suma de las lecturas de cada uno de los medidores. Si el desbalanceo entre dos de las fases es mayor a 5%, se considera un consumo de energía eléctrica igual a tres veces la lectura del medidor de la fase más cargada. Se muestra la expresión para calcular el desbalanceo:

$$\%D = \frac{(carga\ mayor) - (carga\ menor)}{(carga\ mayor)} \times 100$$

La sección 430-63 de la NOM-001-SEDE-2005 indica que cuando un circuito alimentador suministre energía eléctrica a la carga combinada de dos o más motores y otras cargas, el valor nominal máximo del dispositivo de protección del circuito alimentador debe ser igual a la suma del valor nominal del mayor dispositivo de protección contra cortocircuito de los circuitos derivados de los motores, más la



corriente a plena carga de los demás motores, más la carga de los circuitos de los aparatos.

#### 4.3.7 Selección de cables de circuitos derivados y alimentador

Para seleccionar los cables, primero hay que definir el tipo de cable más apropiado para la instalación. En el capítulo 3 presentamos varios tipos de cables empleados en instalaciones en baja tensión. Por su costo y desempeño, el cable más empleado en México para las unidades de vivienda es el tipo THW-LS

Ya que sabemos el tipo de cable a emplear, necesitamos determinar el calibre de los conductores de cobre en los circuitos derivados y en el alimentador, tanto para los conductores que transportan corriente (el vivo y el neutro), como para el conductor de tierra o de puesta a tierra, y también para el conductor del electrodo de puesta a tierra.

##### Selección del calibre de los conductores que transportan corriente

Para seleccionar el calibre de los conductores que transportan corriente, se deben cumplir las siguientes dos condiciones:

**1.** La capacidad de conducción de corriente de los conductores debe ser mayor o igual al valor nominal o de ajuste del dispositivo de protección de sobrecorriente del circuito. Existen las siguientes excepciones a esto:

- Cables que alimentan un solo motor:
  - Como se dijo anteriormente, de acuerdo con la sección 430-22, inciso a) de la NOM-001-SEDE-2005, los conductores del circuito derivado que suministren energía eléctrica a un solo motor deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor a 125% de la corriente eléctrica nominal (de plena carga de motor).

• Cables que suministran energía eléctrica a varios motores, o a motores y otras cargas:

- Como se dijo anteriormente, de acuerdo con la sección 430-24 de la NOM-001-SEDE-2005, los conductores que suministren energía eléctrica a varios motores, o a motores y otras cargas, deben tener una capacidad de conducción de corriente, al menos de la suma de las corrientes a plena carga nominales de todos los motores, más un 25% de la corriente nominal del motor mayor del grupo, más la corriente nominal de las otras cargas.

**2.** La caída de tensión en los conductores de los circuitos debe ser menor a lo siguiente para que proporcionen una eficacia de funcionamiento razonable a los equipos de utilización que están conectados a la salida de los circuitos derivados:

- Para alimentadores: Los conductores de alimentadores deben tener un tamaño nominal que evite una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la salida más lejana

que alimente a cargas de fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas.

- Para circuitos derivados: Los conductores de circuitos derivados deben tener un tamaño nominal que evite una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la toma de corriente eléctrica más lejana para fuerza, calefacción y alumbrado o cualquier combinación de ellas.
- Total de alimentadores más circuitos derivados: La caída máxima de tensión eléctrica sumada de los circuitos alimentadores y derivados hasta la salida más lejana no debe superar 5%.

Una regla sencilla es tomar 2% como caída de tensión máxima, tanto en alimentadores como en circuitos derivados, para evitar que la suma de caídas exceda el 5%.

*Determinación del tamaño del conductor con base en la capacidad de conducción de corriente requerida.*

De acuerdo con la sección 110-14, inciso c) de la NOM-001-SEDE-2005, la temperatura nominal de operación del conductor, asociada con su capacidad de conducción de corriente, debe seleccionarse y coordinarse de forma que no exceda la temperatura de operación de cualquier elemento del sistema que tenga la menor temperatura de operación, como conectadores, otros conductores o dispositivos, cumpliendo la conexión a terminales de equipo como sigue:

a) Las terminales de equipos para circuitos de 100 A nominales o menos o marcadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2) para conductores con designación de 2,08 mm<sup>2</sup> a 42,4 mm<sup>2</sup> (14 AWG a 1 AWG), deben utilizarse solamente para los casos siguientes:

1. Conductores con temperatura de operación del aislamiento máxima de 60 °C.
2. Conductores con temperatura de operación del aislamiento, mayor, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores se determine basándose en la capacidad de conducción de corriente de conductores para 60 °C.
3. Conductores con temperatura de operación del aislamiento, mayor, si el equipo está identificado para tales conductores.
4. Para motores marcados con las letras de diseño B, C, D o E, se permite el uso de conductores que tienen un aislamiento con temperatura de operación de 75 °C o mayor, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores no exceda de la capacidad de conducción de corriente para 75 °C.

b) Las terminales de equipo para circuitos de más de 100 A nominales o identificadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2) para conductores mayores de 42,4 mm<sup>2</sup> (1 AWG), deben utilizarse solamente para los siguientes casos:

1. Conductores con temperatura nominal de operación del aislamiento de 75 °C.
2. Conductores con temperatura de operación nominal de 75 °C, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores no exceda de la correspondiente a 75 °C o con temperatura de operación mayor que 75 °C, si el equipo está identificado para utilizarse con tales conductores.

La capacidad de conducción de corriente de uno a tres conductores aislados activos (es decir, que llevan corriente en condiciones normales), menores a 2000 V, en un cable, o canalización (que es el caso general de unidades de vivienda), debe ser tomado de acuerdo con la tabla 310-16, de la NOM-001- SEDE-2005.

El artículo 100 proporciona las siguientes definiciones:

- Canalización: Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita esta norma.
- Tubo (conduit): Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular, sección circular.

De acuerdo con lo anterior, para determinar la capacidad de conducción de corriente se puede la tabla 310-16 "Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2,000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C."

**Tabla 310-16  
(continuación)**

Factores de corrección						
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes					
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76
56-60	---	0,58	0,71	---	0,58	0,71
61-70	---	0,33	0,58	---	0,33	0,58
71-80	---	---	0,41	---	---	0,41

Cuando el número de conductores activos en un cable o canalización sea mayor a tres, la capacidad de conducción de corriente indicada en la tabla 310-16 se debe reducir

como se indica en la siguiente tabla. No se debe tomar en cuenta el conductor de tierra como activo para aplicar estos factores:

Número de conductores activos	Porcentaje de valor de la tabla 310-16
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Determinación del tamaño del conductor con base en la caída de tensión máxima recomendada.

La caída de tensión en cables, en porcentaje, puede calcularse con las siguientes fórmulas que proporcionan un valor bastante aproximado al real; y siempre mayor o igual a este último:

Para circuitos monofásicos:

$$\Delta V = \frac{2ZLI}{V_o} 100$$

Para circuitos trifásicos:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}ZLI}{V_{ff}} 100$$

Donde:

$\Delta V$  = Caída de tensión en el cable, en porcentaje

$I$  = Corriente eléctrica que pasa por el cable, en amperes

$L$  = Longitud del circuito, en km

$V_o$  = Tensión de fase a tierra, en volts

$V_{ff}$  = Tensión entre fases, en volts

$Z$  = Impedancia eléctrica del cable, en ohms/km. La cual está dada por la siguiente fórmula:

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

Donde:

$R$  = Resistencia eléctrica del conductor a la corriente alterna a la temperatura de operación, en ohms/km

$XL$  = Reactancia inductiva del cable en ohms/km

Selección de calibre de los conductores de puesta a tierra de equipos o de tierra

En la sección 2.4.3 "Fallas a tierra" de este documento se explica la finalidad de la conexión a tierra de las partes metálicas de equipos y objetos, por medio del conductor de puesta a tierra de equipos o de tierra, el conductor del electrodo de puesta a tierra y el electrodo de puesta a tierra. También se menciona la finalidad del puente de unión que debe existir entre el conductor de tierra y el neutro, que se encuentra en el equipo de acometida.

La puesta a tierra comprende la interconexión de todas las envolventes metálicas del circuito y su conexión a tierra. Estas envolventes son: carcazas metálicas de equipos, canalizaciones metálicas, cajas de conexión metálicas, partes metálicas de tableros, contactos, interruptores, etc.

De acuerdo con la sección 250-95, de la NOM-001-SEDE-2005, el tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a lo especificado en la siguiente tabla 250-95, que se muestra a continuación. Cuando el tamaño nominal de los conductores se ajuste para compensar caídas de tensión eléctrica, los conductores de puesta a tierra de equipo se deberán ajustar proporcionalmente según el área en  $\text{mm}^2$  de su sección transversal.

**Tabla 250-95**

**Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos**

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc.	Tamaño nominal mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,082 (14)	
20	3,307 (12)	
30	5,26 (10)	
40	5,26 (10)	
60	5,26 (10)	
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15 (4)
300	21,15 (4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	42,41 (1)	67,43 (2/0)
800	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
1 000	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
1 200	85,01 (3/0)	126,7 (250)
1 600	107,2 (4/0)	177,3 (350)
2 000	126,7 (250)	202,7 (400)
2 500	177,3 (350)	304 (600)
3 000	202,7 (400)	304 (600)
4 000	253,4 (500)	405,37 (800)
5 000	354,7 (700)	608 (1 200)
6 000	405,37 (800)	608 (1 200)

Selección del calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra

El tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra de una instalación de ca no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-94, de la NOM-001-SEDE-2005, la cual se muestra a continuación:

**Tabla 250-94**  
**Conductor del electrodo de tierra de instalaciones de ca**

Tamaño nominal del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)		Tamaño nominal del conductor al electrodo de tierra mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
33,62 (2) o menor	53,48 (1/0) o menor	8,367 (8)	13,3 (6)
42,41 ó 53,48 (1 ó 1/0)	67,43 ó 85,01 (2/0 ó 3/0)	13,3 (6)	21,15 (4)
67,43 ó 85,01 (2/0 ó 3/0)	4/0 ó 250 kcmil	21,15 (4)	33,62 (2)
Más de 85,01 a 177,3 (3/0 a 350)	Más de 126,7 a 253,4 (250 a 500)	33,62 (2)	53,48 (1/0)
Más de 177,3 a 304,0 (350 a 600)	Más de 253,4 a 456,04 (500 a 900)	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
Más de 304 a 557,38 (600 a 1 100)	Más de 456,04 a 886,74 (900 a 1 750)	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
Más de 557,38 (1 100)	Más de 886,74 (1 750)	85,01 (3/0)	126,7 (250)

De acuerdo con la sección 250-92 de la NOM-001-SEDE-2005, un conductor del electrodo de puesta a tierra o su envolvente debe sujetarse firmemente a la superficie sobre la que va instalado. Un conductor de cobre o aluminio de 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG) o superior se debe proteger si está expuesto a daño físico severo. Se puede llevar un conductor de puesta a tierra de 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) que no esté expuesto a daño físico, a lo largo de la superficie del edificio sin tubería o protección metálica, cuando esté sujeto firmemente al edificio; si no, debe ir en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo (conduit) no metálico tipo pesado o en cable armado. Los conductores de puesta a tierra de tamaño nominal inferior a 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) deben alojarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo (conduit) no metálico tipo pesado o en cable armado. Esta sección también indica que las envolventes metálicas del conductor del electrodo de puesta a tierra deben ser eléctricamente continuas desde el punto de conexión a los envolventes o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, y deben estar sujetas firmemente a las abrazaderas o herrajes de tierra. Las envolventes metálicas que no sean continuas físicamente desde el envolvente o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, se deben hacer eléctricamente continuas mediante un puente de unión de sus dos extremos al conductor de puesta a tierra. Para nuestro ejemplo, suponemos un conductor de entrada a la acometida de 53,48 mm<sup>2</sup> (1/0 AWG), ya que el alimentador tiene este calibre y la acometida no puede tener un conductor menor. De acuerdo con esto, el conductor de cobre del electrodo de puesta a tierra debe tener un tamaño mínimo de 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG). Por protección lo vamos a alojar dentro de una tubería metálica, y los extremos de esta tubería van a estar en contacto eléctrico con el conductor del electrodo de puesta a tierra.

#### 4.3.8 Electrodo de puesta a tierra

De acuerdo con las secciones 250-81 y 250-83 de la NOM-001-SEDE-2005, uno o varios de los siguientes sistemas interconectados entre sí, se consideran como electrodos de puesta a tierra.

Los electrodos permitidos para puesta a tierra son los que se indican de (a) a (d). En ningún caso se permite que el valor de resistencia a tierra del sistema de electrodos de puesta a tierra sea superior a  $25 \Omega$ .

*Tubería metálica subterránea para agua.* Una tubería metálica subterránea para agua en contacto directo con la tierra a lo largo de 3 m o más (incluidos los ademes metálicos de pozos efectivamente unidos a la tubería) y con continuidad eléctrica (o continua eléctricamente mediante la unión de las conexiones alrededor de juntas aislantes, o secciones aislantes de tubos) hasta los puntos de conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra y de los conductores de unión. La continuidad de la trayectoria de puesta a tierra o de la conexión de unión de la tubería interior no se debe hacer a través de medidores de consumo de agua, filtros o equipos similares. Una tubería metálica subterránea para agua se debe complementar mediante un electrodo adicional del tipo especificado en 250-81 ó 250-83.

Se permite que este electrodo de puesta a tierra suplementario esté unido al conductor del electrodo de puesta a tierra, al conductor de la acometida puesta a tierra, la canalización de la acometida puesta a tierra o cualquier envolvente de la acometida puesta a tierra.

Cuando este electrodo suplementario sea prefabricado como se establece en 250-83 (c) ó 250-83 (d), se permite que la parte del puente de unión que constituya la única conexión con dicho electrodo suplementario no sea mayor que un cable de cobre de  $13,3 \text{ mm}^2$  (6 AWG) o un cable de aluminio de  $21,2 \text{ mm}^2$  (4 AWG).

Excepción: Se permite que el electrodo de puesta a tierra suplementario vaya conectado a la tubería metálica interior para agua en cualquier punto que resulte conveniente, como se explica en la Excepción 2 de 250-81.

*Estructura metálica del edificio.* La estructura metálica del edificio, cuando esté puesta a tierra eficazmente.

*Electrodo empotrado en concreto.* Un electrodo empotrado como mínimo 50 mm en concreto, localizado en y cerca del fondo de un cimiento o zapata que esté en contacto directo con la tierra y que conste como mínimo de 6 m de una o más varillas de acero desnudo o galvanizado o revestido de cualquier otro recubrimiento eléctricamente conductor, de no menos de 13 mm de diámetro o como mínimo 6,1 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no inferior a  $21,2 \text{ mm}^2$  (4 AWG).



*Anillo de tierra.* Un anillo de tierra que rodee el edificio o estructura, en contacto directo con la tierra y a una profundidad bajo la superficie no inferior a 800 mm que conste como mínimo de 6 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no inferior a 33,6 mm<sup>2</sup> (2 AWG).

*Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos.* Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos, como tubería y tanques subterráneos.

*Electrodos de varilla o tubería.* Los electrodos de varilla y tubo no deben tener menos de 2,4 m de longitud, deben ser del material especificado a continuación y estar instalados del siguiente modo:

1) Los electrodos de puesta a tierra consistentes en tubería o tubo (conduit) no deben tener un tamaño nominal inferior a 19 mm (diámetro) y, si son de hierro o acero, deben tener su superficie exterior galvanizada o revestida de cualquier otro metal que los proteja contra la corrosión.

2) Los electrodos de puesta a tierra de varilla de hierro o de acero deben tener como mínimo un diámetro de 16 mm. Las varillas de acero inoxidable inferiores a 16 mm de diámetro, las de metales no ferrosos o sus equivalentes, deben estar aprobadas y tener un diámetro no inferior a 13 mm.

3) El electrodo de puesta a tierra se debe instalar de modo que tenga en contacto con el suelo un mínimo de 2,4 m. Se debe clavar a una profundidad no inferior a 2,4 m excepto si se encuentra roca, en cuyo caso el electrodo de puesta a tierra se debe clavar a un ángulo oblicuo que no forme más de 45° con la vertical, o enterrar en una zanja que tenga como mínimo 800 mm de profundidad. El extremo superior del electrodo de puesta a tierra debe quedar a nivel del piso, excepto si el extremo superior del electrodo de puesta a tierra y la conexión con el conductor del electrodo de puesta a tierra están protegidos contra daño físico, como se especifica en 250-117.

*Electrodos de placas.* Los electrodos de puesta a tierra de placas deben tener en contacto con el suelo un mínimo de 0,2 m<sup>2</sup> de superficie. Los electrodos de puesta a tierra de placas de hierro o de acero deben tener un espesor mínimo de 6,4 mm. Los electrodos de puesta a tierra de metales no ferrosos deben tener un espesor mínimo de 1,52 mm.

No se deben usar como electrodos de puesta a tierra de sistemas eléctricos y de equipo los siguientes:

- a) Un sistema de tubería metálica subterránea de gas.
- b) Electrodos de aluminio.
- c) Conductores de puesta a tierra de pararrayos ni tubos, varillas u otros electrodos fabricados utilizados para poner a tierra las bajadas de los pararrayos. Esto no impide cumplir con los requisitos de conexión de los electrodos de puesta a tierra de diversos sistemas, ya que si se interconectan todos los electrodos de puesta a tierra de distintos sistemas, limitan la diferencia de potencial entre ellos y

entre sus correspondientes sistemas de alambrado. De acuerdo con la sección 250-46 de la NOM-001-SEDE-2005, las canalizaciones, envolventes, estructuras y otras partes metálicas de equipo eléctrico que no transporten normalmente corriente eléctrica, se deben mantener alejadas 1,8 m como mínimo de los conductores de bajada de las varillas pararrayos o deberán interconectarse cuando la distancia a los conductores sea inferior a 1,8 m.

De acuerdo con la sección 250-84, de la NOM-001-SEDE-2005, un electrodo único especialmente construido que consista en una varilla, tubería o placa y que no tenga una resistencia a tierra de 25  $\Omega$  o menos, se debe complementar con un electrodo adicional de cualquiera de los tipos indicados. Cuando se instalen varios electrodos de barras, tubos o placas, se deben colocar a una distancia mínima de 1,83 m entre sí y deben estar efectivamente conectados entre sí. La instalación en paralelo de varillas de más de 2,4 m aumenta la eficiencia si se separan más de 1,8 m.

#### 4.3.9 Selección de la tubería conduit

El artículo 100 de la NOM-001-SEDE-2005, proporciona las siguientes definiciones:

- Canalización: Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras.
- Tubo (conduit): Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular, sección circular.

Para instalaciones de unidades de vivienda en México se usa por lo general tubo (conduit). El tamaño mínimo del tubo (conduit) se selecciona en función del tamaño y número de conductores que va a alojar. El número de conductores en un tubo (conduit) no debe exceder el porcentaje de ocupación indicado en la tabla 10-1 de la NOM-001-SEDE-2005, la cual se muestra a continuación:

**Tabla 10-1**  
**Factores de relleno en tubo (conduit)**

Número de conductores	Uno	Dos	Más de dos
<i>Todos los tipos de conductores</i>	53	31	40

NOTA: Esta tabla 10-1 se basa en las condiciones más comunes de cableado y alineación de los conductores, cuando la longitud de los tramos y el número de curvas de los cables están dentro de límites razonables. Sin embargo, en determinadas condiciones se podrá ocupar una parte mayor o menor de los conductos.

Para calcular el porcentaje de ocupación de los cables en tubo (conduit), se deben tener en cuenta los conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando se utilicen. En los cálculos se debe utilizar la dimensión real y total de los conductores, tanto si están aislados como desnudos.

Cuando se instalen tres conductores o cables en la misma canalización, si la relación entre el diámetro interior de la canalización y el diámetro exterior del cable o conductor está entre 2.8 y 3,2 se podrían atascar los cables dentro de la canalización, por lo que se debe instalar una canalización de tamaño inmediato superior. Aunque también se pueden atascar los cables dentro de una canalización cuando se utilizan cuatro o más, la probabilidad de que esto suceda es muy baja.

Las dimensiones internas del tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero están dadas por la tabla 10-4, de la NOM-001-SEDE-2005, la cual se reproduce a continuación:

**Tabla 10-4**  
**Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero**  
**y área disponible para los conductores**

Tamaño nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Área interior total (mm <sup>2</sup> )	Área disponible para conductores (mm <sup>2</sup> )		
			Un conductor (fr=53%)	Dos conductores (fr=31%)	Más de dos conductores (fr=40%)
16 (1/2)	15,8	196	103	60	78
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1 313	697	407	526
53 (2)	52,5	2 165	1 149	671	867
63 (2-1/2)	62,7	3 089	1 638	956	1 236
78 (3)	77,9	4 761	2 523	1 476	1 904
91 (3-1/2)	90,1	6 379	3 385	1 977	2 555
103 (4)	102,3	8 213	4 349	2 456	3 282
129 (5)	128,2	12 907	6 440	4 001	5 163
155 (6)	154,1	18 639	9 879	5 778	7 456

Para tubo (conduit) flexible metálico o no-metálico y para tubo (conduit) de PVC y de polietileno, los cálculos deberán basarse en las dimensiones interiores reales proporcionadas por el fabricante o indicadas en la norma de producto.

Las dimensiones de los cables se proporcionan en la tabla 10-5, de la NOM-001-SEDE-2005.

#### 4.3.10 Selección de las salidas, cajas de jalado y de empalmes y cajas de paso

De acuerdo con la sección 300-15 de la NOM-001-SEDE-2005, se debe instalar una caja o caja de paso para cada punto de conexión de empalme de conductores, salida, punto de cambio o unión, punto de jalado para la conexión de tubo (conduit) metálico,

canalizaciones de superficie u otras canalizaciones. Existe la siguiente excepción: no se requiere una caja o caja de paso para empalme de conductores en canalizaciones de superficie que tengan una cubierta desmontable que sea accesible después de la instalación, tales como: canales metálicos con tapa, ductos colectores, conjunto de salidas múltiples, canales auxiliares, soportes tipo charola para cables y cabezales de ductos.

Deben instalarse cajas de registro en cada punto de empalme de conductores, salida, punto de cambio o de unión, punto de jalado para la conexión de los cables tipo AC, cables MC, cables con cubierta metálica, cables con cubierta no metálica u otros cables. Debe instalarse una caja de registro en el punto de conexión entre tal sistema de cables y un sistema de canalización, y entre cada salida y el punto de cambio para instalaciones ocultas sobre aisladores.

De acuerdo con la sección 300-14, de la NOM-001-SEDE-2005, en cada caja de salida, empalme y punto de cambio debe dejarse al menos 15 cm de longitud en los conductores disponibles para hacer las uniones o la conexión de dispositivos o equipos, a excepción de los conductores que no son empalmados o que terminan en cajas de salida o puntos de conexión.

De acuerdo con la sección 370-4, de la NOM-001-SEDE-2005, todas las cajas metálicas deben estar puestas a tierra.

La sección 370-16 de la NOM-001-SEDE-2005 indica que las cajas y cajas de paso deben ser de tamaño suficiente para que quede espacio libre para todos los conductores instalados. El volumen ocupado calculado debe ser mayor o igual a la capacidad mínima o volumen de la caja. En la tabla 370-16(a) de la NOM-001-SEDE-2005, se muestran las capacidades mínimas de las cajas metálicas de tamaño comercial y el máximo número de conductores del mismo tamaño que pueden contener. La forma de contar el número de conductores que se pueden instalar en una caja, de acuerdo con la tabla 370-16(a), es la siguiente:

- a) Cada conductor que proceda de fuera de la caja y termine o esté empalmado dentro de la caja se debe contar una vez.
- b) Cada conductor que pasa a través de la caja sin empalmes ni terminaciones, se debe contar una vez.

Cuando en una caja se tengan cables de diferente tamaño, abrazaderas, accesorios de soporte, equipos o dispositivos y conductores de puesta a tierra de equipo, el volumen ocupado se debe calcular como la suma del volumen ocupado por cada uno de ellos. El volumen ocupado por cada elemento dentro de la caja se toma de acuerdo con lo siguiente; no se toma en cuenta el volumen de accesorios pequeños, como tuercas y boquillas:

1. *Volumen ocupado por los conductores.* El volumen ocupado por cada conductor en cm<sup>3</sup> se debe calcular a partir de la tabla 370-16(b) de la NOM-001-SEDE-2005, que reproducimos a continuación. No se deben contar los conductores que no salgan de la caja.

2. *Volumen ocupado por las abrazaderas.* Donde hay una o más abrazaderas internas para cables, suministradas de fábrica o instaladas en obra, se debe dejar un volumen tal como el que se indica en la Tabla 370-16(b) para el conductor de mayor tamaño nominal que haya en la caja. No se deben dejar tolerancias de volumen para conectadores cuyo mecanismo de sujeción quede fuera de la caja.

3. *Volumen ocupado por los accesorios de soporte.* Cuando hay en la caja uno o más accesorios o casquillos para aparatos, se debe dejar un volumen tal como el que se indica en la Tabla 370-16(b) para el conductor de mayor tamaño nominal que haya en la caja por cada accesorio. Ejemplo de accesorios de soporte son los que sostienen a las lámparas.

4. *Volumen ocupado por equipos o dispositivos.* Para cada abrazadera que contenga uno o más equipos o dispositivos, se debe dejar un volumen doble del que se indica en la Tabla 370-16(b) para el conductor de mayor tamaño nominal que haya en la caja por cada equipo o dispositivo soportado por esa abrazadera. Ejemplos de dispositivos incluidos aquí son los receptáculos o contactos y los apagadores.

5. *Volumen ocupado por los conductores de puesta a tierra de equipo.* Cuando entre en una caja uno o más conductores de puesta a tierra de equipo, se debe dejar un volumen tal como el que se indica en la Tabla 370-16(b) para el conductor de tierra de mayor tamaño nominal que haya en la caja. Cuando en la caja se encuentren otros conductores de puesta a tierra de equipo, se debe calcular un volumen adicional equivalente al del conductor adicional de tierra de mayor tamaño nominal.

De acuerdo con la sección 370-28, inciso a), de la NOM-001-SEDE-2005, en canalizaciones que contengan conductores de 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG) o mayores y para los cables que contengan conductores de 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG) o mayores, las dimensiones mínimas de las cajas de empalmes o de paso instaladas en la canalización o en el tramo del cable, deben cumplir lo siguiente:

1. *Tramos rectos.* En los tramos rectos, la longitud de la caja no debe ser menor a ocho veces el diámetro nominal de la canalización más grande.

2. *Dobles en ángulo o en U.* Cuando se hagan dobles en ángulo o en U, la distancia entre la entrada de cada canalización a la caja y la pared opuesta de la misma no debe ser menor a seis veces el mayor diámetro nominal de la canalización más grande de una fila. Si se añaden nuevas entradas, esta distancia se debe aumentar en una cantidad que sea la suma de los diámetros de todas las demás canalizaciones que entran en la misma

fila o por la misma pared de la caja. Cada fila debe calcularse por separado y tomar la máxima distancia.

La distancia entre las entradas de la canalización que contenga el mismo cable no debe ser menor a seis veces el diámetro de la canalización más grande. Si en lugar del tamaño de la canalización en los anteriores apartados, 1. y 2., se toma el tamaño nominal del cable, se debe utilizar el tamaño nominal mínimo a la canalización para el número y tamaño de los conductores del cable.

3. Se permite utilizar cajas o cajas de paso de dimensiones menores a las establecidas en los anteriores apartados, 1. y 2., en instalaciones con varios conductores que ocupen menos del máximo permitido en cada tubo (conduit) –de los que se utilicen en la instalación–, siempre que la caja o caja de paso hayan sido aprobados para ese uso y estén permanentemente marcados con el número y tamaño nominal máximo permitidos en los conductores.

## **Conclusiones**

Este trabajo se realizó con un enfoque práctico pudiendo corroborar la importancia de conocer el fenómeno eléctrico para crear conciencia de la selección de materiales y la importancia de la seguridad de las personas y de los bienes realizando una correcta instalación.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005 sirvió como base para seleccionar los criterios básicos de diseño, pero fue de la literatura especializada de donde se extrajeron los conocimientos provenientes de la experiencia de los ingenieros del ramo.

Esta tesina arroja lineamientos que mejor aplican para el caso de estudio, pero no toma en cuenta las posibles exigencias del cliente ni el presupuesto asignado para el proyecto.

Recomiendo incluir siempre el análisis económico del proyecto tomando en cuenta la rentabilidad del mismo, para seleccionar los criterios y materiales que garanticen el buen diseño del sistema eléctrico.

## Apéndice

### Apéndice A

#### Magnitudes, unidades y símbolos

Magnitud	Unidad	Símbolo
Ángulo	Grado	°
Capacidad eléctrica	Farad	F
Carga eléctrica, cantidad de electricidad	Coulomb	C
Corriente eléctrica	Ampere	A
Corriente eléctrica alterna	—	ca
Corriente eléctrica continua	—	cc
Densidad de corriente	Ampere por metro cuadrado	A/m <sup>2</sup>
Eficacia luminosa	Lumen por watt	lm/W
Flujo luminoso	Lumen	lm
Frecuencia	Hertz	Hz
Fuerza	Newton	N
Impedancia	Ohm	Ω
Intensidad luminosa	Candela	cd
Longitud	Metro	m
Luminancia	Candela por metro cuadrado	cd/m <sup>2</sup>
Luminosidad, iluminancia	Lux	Lx
Masa	Kilogramo	kg
Potencia, flujo energético	Watt	W
Presión, tensión mecánica	Pascal	Pa
Resistencia eléctrica	Ohm	Ω
Resistividad	Ohmetro	Ωm
Superficie	Metro cuadrado	m <sup>2</sup>
Temperatura celsius	Grado celsius	°C
Tensión eléctrica, diferencia de potencial	Volt	V
Tiempo	Segundo	s
Trabajo, energía, calor	Joule	J
Volumen	Metro cúbico	m <sup>3</sup>
	Litro	l, L



Apndice B

**Tabla B1.2**  
**Listado de normas de productos elctricos**

Norma	Ttulo
NOM-003-SCFI-2000	Productos elctricos especificaciones de seguridad.
NOM-058-SCFI-1999	Productos elctricos-balastos para lmparas de descarga elctrica en gas-especificaciones de seguridad.
NOM-063-SCFI-2001	Productos elctricos-conductores-requisitos de seguridad.
NOM-064-SCFI-2000	Productos elctricos-luminarios para uso en interiores y exteriores-especificaciones de seguridad y mtodos de prueba.
NOM-021-ENER/SCFI/ECOL/SCFI-2000	Eficiencia energtica, requisitos de seguridad al usuario y eliminacin de clorofluorocarbonos (CFC's) en acondicionadores de aire tipo cuarto. Lmites, mtodos de prueba y etiquetado.
NOM-011-ENER-2002	Eficiencia energtica en acondicionadores de aire tipo central paquete o dividido. Lmite, mtodos de prueba y etiquetado.
NOM-014-ENER-2004	Eficiencia energtica de motores elctricos de corriente alterna, monofasicos, de induccin, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal de 0,180 kW a 1 500 kW. Lmites, mtodo de prueba y marcado.
NOM-016-ENER-2002	Eficiencia energtica de motores de corriente alterna, trifasicos, de induccin, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Lmites, mtodo de prueba y marcado.
NMX-J-002-ANCE-2001	Conductores-alambres de cobre duro para usos elctricos-especificaciones.
NMX-J-008-ANCE-2001	Conductores-alambres de cobre estaado suave o recocido para usos elctricos-especificaciones.
NMX-J-009/248/1-ANCE-2000	Productos elctricos-fusibles-fusibles para baja tensin, parte 1: requisitos generales.
NMX-J-009/248/7-ANCE-2000	Productos elctricos-fusibles-fusibles para baja tensin, parte 7: fusibles renovables letra h-especificaciones y mtodos de prueba.
NMX-J-009/248/11-ANCE-2000	Productos elctricos-fusibles-fusibles para baja tensin, parte 11: fusibles tipo tapn-especificaciones y mtodos de prueba.
NMX-J-010-ANCE-2005	Conductores-conductores con aislamiento termoplstico para instalaciones hasta 600 V-especificaciones.
NMX-J-012-ANCE-2002	Conductores-cable de cobre con cableado concntrico para usos elctricos-especificaciones.
NMX-J-024-1995-ANCE	Artefactos elctricos-portalmparas rosados tipo Edison-especificaciones y mtodos de prueba.
NMX-J-028-ANCE-2001	Conductores-cables concntricos tipo espiral para acometida aera a baja tensin, hasta 600 V-especificaciones.
NMX-J-036-ANCE-2001	Conductores-alambre de cobre suave para usos elctricos-especificaciones
NMX-J-058-ANCE-2001	Conductores-cable de aluminio con cableado concntrico y alma de acero (ACSR)- especificaciones.
NMX-J-059-ANCE-2004	Conductores-cable de cobre con cableado concntrico compacto, para usos elctricos-especificaciones.
NMX-J-116-ANCE-2005	Transformadores de distribucin tipo poste y tipo subestacin-especificaciones.
NMX-J-285-1996-ANCE	Transformadores de distribucin tipo pedestal monofsico y trifsico para distribucin subterrnea.
NMX-J-429-ANCE-2002	Conductores-alambres, cables y cordones con aislamiento de PVC 80 °C, 90 °C y 105 °C, para usos electrnicos-especificaciones.
NMX-J-436-ANCE-2003	Conductores-cordones flexibles para uso rudo y extra rudo, hasta 600 V-especificaciones.
NMX-J-508-ANCE-2003	Artefactos elctricos-requisitos de seguridad-especificaciones y mtodos de prueba.
NMX-J-511-ANCE-1999	Productos elctricos-sistemas de soportes metlicos tipo charola para cables-especificaciones y mtodos de prueba.
NMX-J-554-ANCE-2004	Roscas para tubo (conduit) y sus accesorios-especificaciones y mtodo de prueba.
NMX-J-005-ANCE-2005	Productos elctricos-interruptores de uso general para instalaciones elctricas fijas, domsticas y similares-requerimientos generales.
NMX-J-023-ANCE-2000	Productos elctricos-cajas registro metlicas de salida-parte 1: especificaciones y mtodos de prueba.
NMX-J-266-ANCE-1999	Productos elctricos-interruptores-interruptores automticos en caja moldeada-especificaciones y mtodos de prueba.
NMX-J-412/1-ANCE-2004	Clavijas y receptculos para uso domstico y similar, parte 1: requisitos generales.
NMX-J-569-ANCE-2005	Accesorios elctricos-interruptores automticos para la proteccin contra sobrecorriente en instalaciones domsticas y similares-interruptores automticos para operacin con ca
NMX-J-538/2-ANCE-2005	Productos de distribucin y de control de baja tensin parte 2: interruptores automticos.
NMX-J-520-ANCE-2002	Interruptor de circuito por falla a tierra-especificaciones y mtodos de prueba.
NMX-J-515-ANCE-2003	Equipos de control y distribucin-requisitos generales de seguridad-especificaciones y mtodos de prueba.

Apéndice C

**Tabla 430-148**

**Corriente eléctrica a plena carga, en amperes (A) de motores monofásicos de corriente alterna (ca)**

kW	CP	115 V	127 V	208 V	230 V
0,12	1/6	4,4	4,0	2,4	2,2
0,19	¼	5,8	5,3	3,2	2,9
0,25	⅓	7,2	6,5	4	3,6

**Tabla 430-149**

**Corriente a plena carga, en amperes (A), de motores a dos fases de corriente alterna (ca) (cuatro hilos)**

kW	CP	Motores de inducción de jaula de ardilla y rotor devanado, en amperes (A)				
		115 V	230 V	460 V	575 V	2 300 V
0,37	¼	4	2	1	0,8	—
		4,8	2,4	1,2	1,0	—
		6,4	3,2	1,6	1,3	—
1,12	1 ⅓	9	4,5	2,3	1,8	—
		11,8	5,9	3	2,4	—
		—	8,3	4,2	3,3	—
3,75	5	—	13,2	6,6	5,3	—
		—	19	9	8	—
		—	24	12	10	—
11,2	15	—	36	18	14	—
		—	47	23	19	—
		—	59	29	24	—
22,4	30	—	69	35	28	—
		—	90	45	36	—
		—	113	56	45	—
44,8	60	—	133	67	53	14
		—	166	83	66	18
		—	218	109	87	23
93,0	125	—	270	135	108	28
		—	312	156	125	32
		—	416	208	167	43

**Tabla 430-150**  
**Corriente eléctrica a plena carga de motores trifásicos de ca**

kW	CP	Motor de inducción jaula de ardilla y rotor devanado, en amperes (A)						Motor síncrono, con factor de potencia unitario, en amperes (A)				
		V										
		115	200	208	230	460	575	2 300	230	460	575	2 300
0,37 0,56 0,75	½ ¾ 1	4,4 6,4 8,4	2,5 3,7 4,8	2,4 3,5 4,6	2,2 3,2 4,2	1,1 1,6 2,1	0,9 1,3 1,7					
1,12 1,50 2,25	1-½ 2 3	12,0 13,6	6,9 7,8 11,0	6,6 7,5 10,6	6,0 6,8 9,6	3,0 3,4 4,8	2,4 2,7 3,9					
3,75 5,60 7,46	5 7-½ 10		17,5 25,3 32,2	16,7 24,2 30,8	15,2 22 28	7,6 11 14	6,1 9 11					
11,2 14,9 18,7	15 20 25		48,3 62,1 78,2	46,2 59,4 74,8	42 54 68	21 27 34	17 22 27		53	26	21	
22,4 29,8 37,3	30 40 50		92 120 150	88 114 143	80 104 130	40 52 65	32 41 52		63 83 104	32 41 52	26 33 42	
44,8 56,0 75,0	60 75 100		177 221 285	169 211 273	154 192 248	77 96 124	62 77 99	16 20 26	123 155 202	61 78 101	49 62 81	12 15 20
93,0 111,9 149	125 150 200		359 414 552	343 396 528	312 360 480	156 180 240	125 144 192	31 37 49	253 302 400	126 151 201	101 121 161	25 30 40
187 224 261	250 300 350					302 361 414	242 289 336	60 72 83				
298 336 373	400 450 500					477 515 590	382 412 472	95 103 118				

Para factor de potencia de 90% y 80%, las cantidades anteriores deben multiplicarse por 1,1 y 1,25, respectivamente.

## Bibliografía

- BECERRIL L., Diego Onésimo, Instalaciones eléctricas prácticas, 12a edición., México, D.F.
- ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto, Guía para el diseño de instalaciones eléctricas residenciales, industriales y comerciales basada en las normas técnicas para instalaciones eléctricas NOM-001-SE-1994 incluye NEC-1996, 1a reimpresión, Editorial Limusa, Noriega Editores, México, D.F., 1999.
- ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto, El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión, 2a edición, Editorial Limusa, Noriega Editores, México, D.F., 1999.
- FERNÁNDEZ RODAS, Eusebio, Curso de electricidad e instalaciones eléctricas, 5a edición, Editorial Grafiese, México, D.F., 1999.
- Instalaciones eléctricas básicas. Mantenimiento y reparación, Colección Black & Decker para el arreglode la casa, 1a edición, Black & Decker, Editorial Limusa, Noriega Editores, México, D.F., 1994.
- MCPARTLAND, Joseph F. y Brian J. McPartland, Mc Graw Hill National Electrical Code Handbook Based on the 1996 National Electrical Code, 22a edición, U.S.A., 1996.
- NATIONAL ELECTRICAL CODE 2005 (NEC), National Fire Protection Association, Inc., One Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts 02169-7471.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización), Secretaría de Energía, México.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización), Secretaría de Energía, México.