

Manual técnico

de instalaciones eléctricas en baja tensión



CONDUMEX
CABLES



Premio
Nacional
de Tecnología
2 0 0 7

Manual técnico

de instalaciones eléctricas en baja tensión

Primera edición, 2003
Segunda edición, agosto 2005
Tercera edición, abril 2006
Cuarta edición, marzo 2007
Quinta edición, junio 2009

© 2009
Servicios Condumex, S.A. de C.V.
Miguel de Cervantes Saavedra 255
Col. Granada
11520 México, D.F.

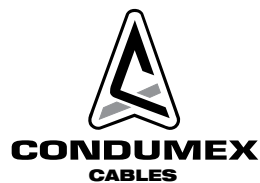
Derechos reservados conforme a la ley
ISBN 968-7987-13-8

Queda prohibida la reproducción total o parcial, directa o indirecta del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los editores, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y, en su caso, de los tratados internacionales aplicables. La persona que infrinja esta disposición se hará acreedora a las sanciones legales correspondientes.

IMPRESO EN MÉXICO / PRINTED IN MEXICO

Manual técnico

de instalaciones eléctricas en baja tensión



Introducción

Grupo Condumex, empresa de Grupo Carso, es uno de los conglomerados industriales más importantes de México. Con la vocación permanente de vanguardia tecnológica, participa de manera relevante en muy diversos ámbitos de la manufactura: desde conductores eléctricos y de telecomunicaciones hasta autopartes, pasando por transformadores de energía, componentes electrónicos y una amplia gama de productos de cobre, aluminio y plástico.

Además, su enfoque de servicio integral le ha permitido realizar con éxito múltiples instalaciones de sistemas de energía y redes para voz, datos y video, así como entregar proyectos llave en mano a satisfacción del cliente.

Desde 1954, año en que inició sus operaciones, se convirtió rápidamente en el principal fabricante de conductores eléctricos del país y se ha distinguido siempre por la alta calidad y el desarrollo tecnológico de sus productos. Asimismo, ha sido reconocido por el servicio a sus clientes, al proporcionarles herramientas para mejorar su desempeño y resultados.

Una clara muestra de ello es el *Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión* que ahora tiene usted en sus manos. Se trata de una recopilación de información práctica para el diseño y realización de instalaciones eléctricas de baja tensión.

Dos características distinguen a este manual: 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 nueva Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas NOM-001 SEDE 2005, por lo que este Manual será una valiosa ayuda para las personas que, sin tener una carreta técnica en electricidad, quieren ejecutar una instalación eléctrica confiable y segura, apegada a la normatividad nacional.



Conceptos básicos de la electricidad

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.

ORIGEN DE LA ELECTRICIDAD

Átomo

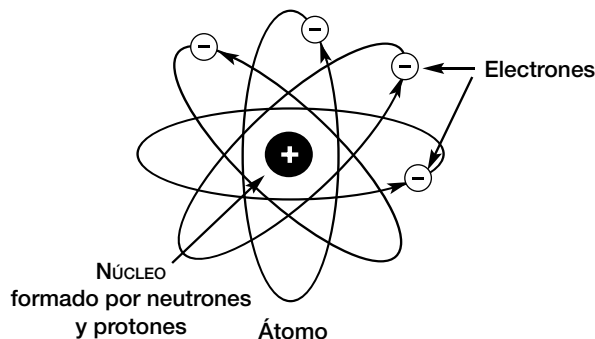
La materia está formada por moléculas, las cuales están compuestas a su vez por átomos.

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.

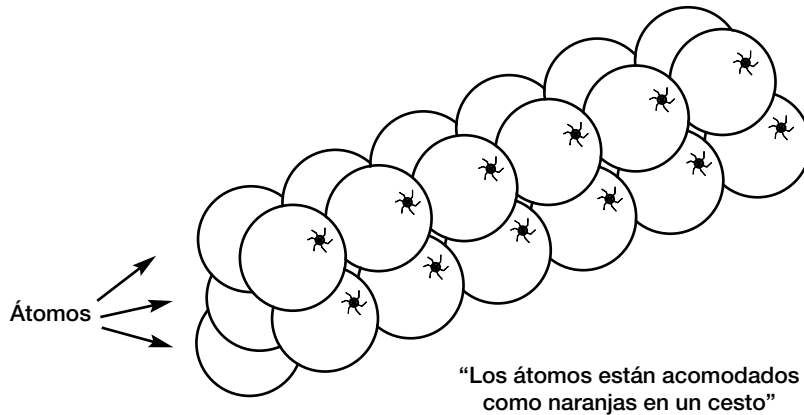
Muchos de estos electrones son de enlace, porque no pueden separarse del núcleo a menos que una gran fuerza los obligue. Si se aumentara el tamaño del átomo varios millones de veces, parecería un cuerpo esférico que no podría comprimirse fácilmente a un tamaño menor. Muchas sustancias puras o elementos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



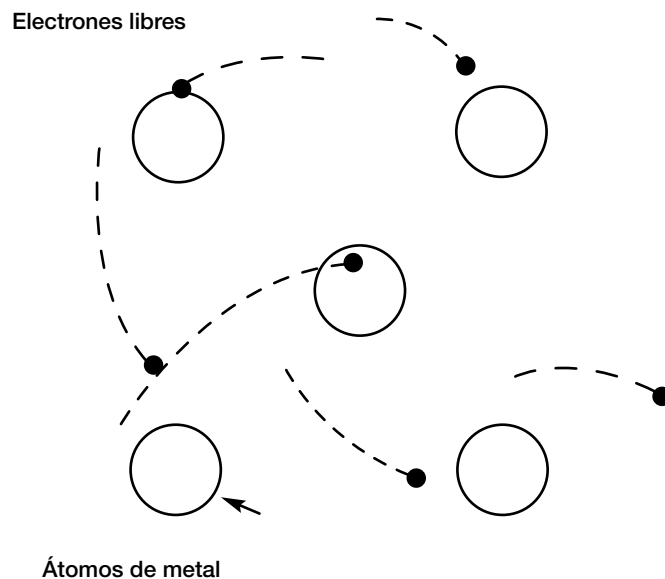
Este tipo de arreglo es llamado *estructura cristalina*; y es típico del estado sólido de muchos materiales. Las sustancias mixtas o *compuestas* están constituidas por varias clases de átomos. Los átomos forman racimos (*moléculas*) que se mantienen unidos por grandes fuerzas de atracción entre los átomos. Estas moléculas a su vez forman el sólido.

Estructura interna de los metales

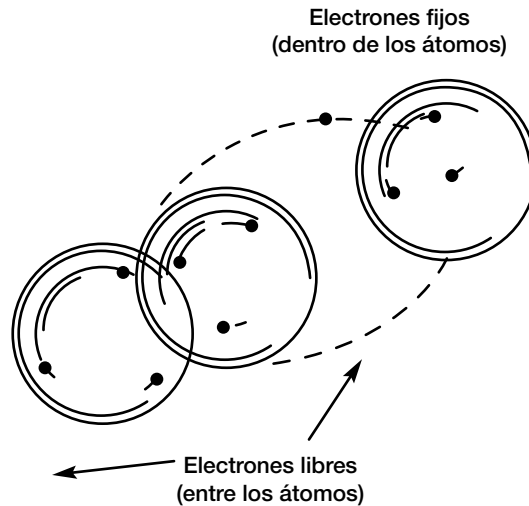
Todos los metales tienen una estructura cristalina semejante. Millones de millones de átomos se agrupan muy juntos, tan juntos como sea posible, como naranjas en un cesto. Este arreglo deja un mínimo de espacio vacío entre los átomos del metal.



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.



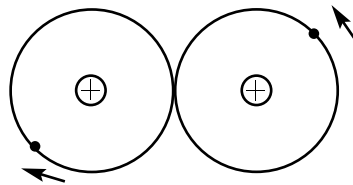
El *movimiento desordenado* e irregular de los electrones libres es causado por la *energía calorífica*, que está presente aun a muy bajas temperaturas. Cada átomo de metal contiene un cierto número de electrones internos o fijos, los cuales no tienen libertad de abandonar el átomo.



Imaginemos que contamos con un microscopio tan potente que nos permitiera ver los átomos y miráramos los que hay en un alambre de cobre. Observaríamos que el electrón gira a una velocidad tan elevada que casi no lo veríamos, y que su giro se realiza en todas direcciones, de forma tal que su trayectoria formaría una especie de esfera.

Veamos el átomo que está junto al que ya se observó y encontramos que el electrón del segundo átomo también gira, pero en sentido contrario con respecto al primero. Además, observamos que las dos esferas que forman con sus órbitas están unidas entre sí en un solo punto.

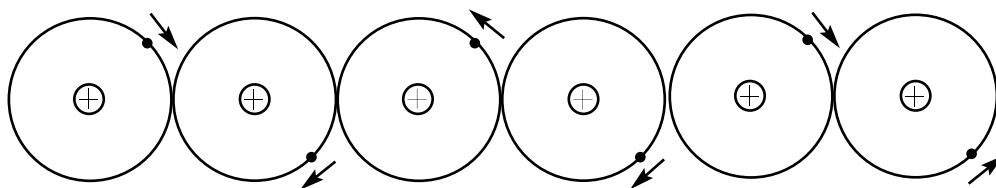
En ese punto de contacto pasa un electrón, miles y cientos de miles por segundo, y el electrón que forma el átomo también pasa por el mismo punto, sin que en ningún momento se encuentren y choquen entre sí, sino que siempre permiten el paso uno del otro.



Átomos unidos en un solo punto, con los electrones girando en sentido contrario

Si seguimos observando los demás átomos que están a continuación, nos daremos cuenta de que van formando una especie de cadena, cuyos eslabones serían las órbitas de los electrones, los cuales se tocarían en un solo punto y además sus trayectorias son contrarias una con respecto a otra, formando una especie de *tren de engranes*.

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



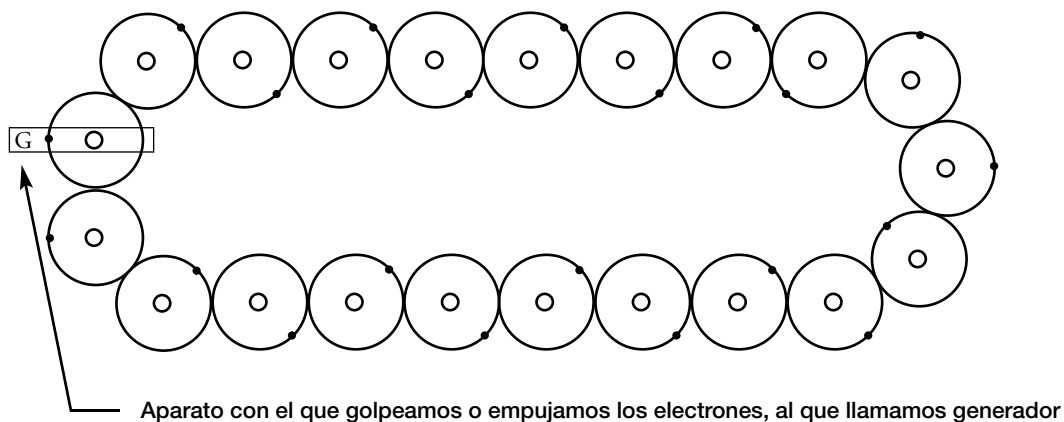
Átomos formando una especie de cadena, similar a un tren de engranes

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 *voltaje* 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 el *voltaje*.

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.

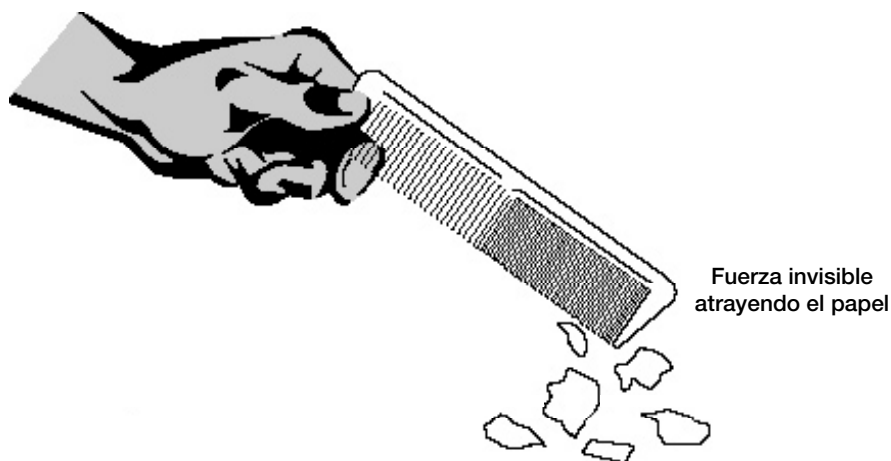
Cargas eléctricas

Electricidad estática

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

Rompa un papel en pedazos, desparrame éstos sobre un área de su mesa. Luego pase su peine entre sus cabellos varias veces y acerque el peine a los pedazos de papel. Observe cuidadosamente lo que pasa cuando el peine se acerca aproximadamente a 1/3 de centímetro de los pedazos de papel. La fricción entre su pelo y el peine ha dado a este último la capacidad de atraer. Este sencillo experimento fue conocido por los griegos hace más de 2 000 años, aunque en lugar de los plásticos modernos ellos usaban entonces la savia petrificada de los pinos, que encontraban en forma de huevecillos o de ramitas dispersas a lo largo de la orilla del mar Adriático. Esta resina petrificada, ahora llamada ámbar, atraía pequeños pedazos de materia cuando era frotada con pieles.

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.

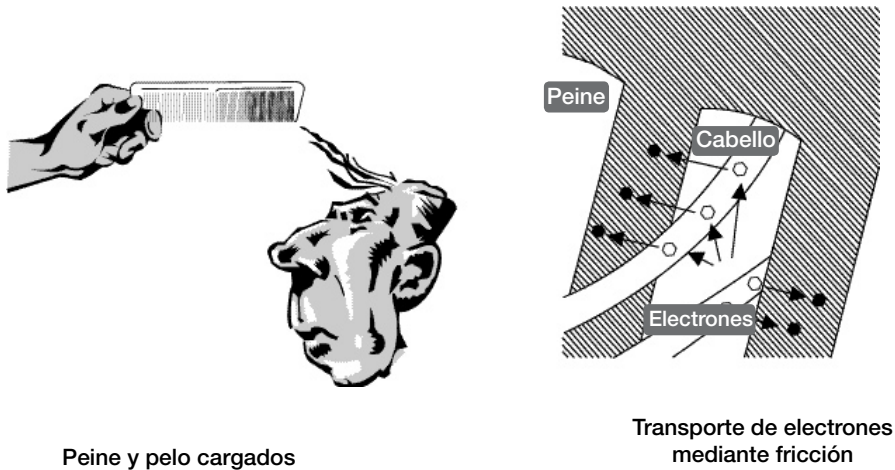


El papel es atraído por un peine cargado

Qué es una descarga eléctrica

Para investigar la naturaleza de una carga eléctrica con más detalle, repitamos el experimento anterior del peine, de manera ligeramente diferente. Pase el peine entre su pelo (un movimiento rápido y brusco le dará mejor resultado), después acerque el peine a su cabello sin que llegue a tocarlo. Cuando la distancia entre su pelo y el peine *cargado* es corta, su pelo se levanta debido a que es atraído por el peine. Nuestro interés realmente está en lo que sucede en el interior del peine y del cabello.

La siguiente es una explicación de este fenómeno basándose en los descubrimientos científicos realizados en el siglo XX: la estructura molecular del cabello y del peine no tiene electrones libres. La fricción entre cabello y peine desprende electrones de las nubes de electrones de los átomos del cabello y los hace pasar al peine. Esta fricción obliga al cabello a quedar con una *deficiencia de electrones* y al peine con un *exceso de electrones*. Ni en el peine ni en el cabello sigue presente el número normal de electrones.



Este experimento muestra que existe una fuerza de atracción entre el peine y el cabello cargados. Como sólo hubo transporte de electrones al cargarse estos objetos, debemos concluir que un cuerpo que ha perdido electrones trata de reponerlos, mientras que el que tiene exceso de electrones trata de deshacerse de ese exceso, y que tanto el peine como el cabello han recibido una *carga eléctrica*. Para distinguir entre las dos clases de cargas se usan símbolos matemáticos.

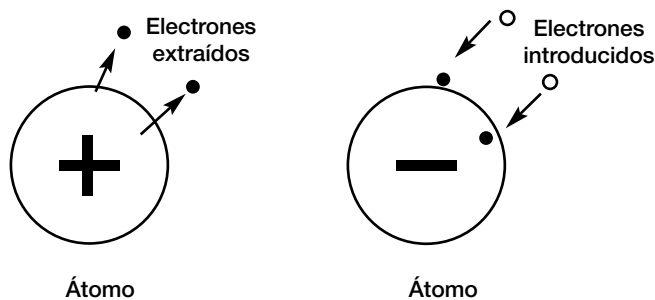
La carga debida a una falta de electrones es llamada *carga positiva*. La carga debida a un exceso de electrones es llamada *carga negativa*.

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

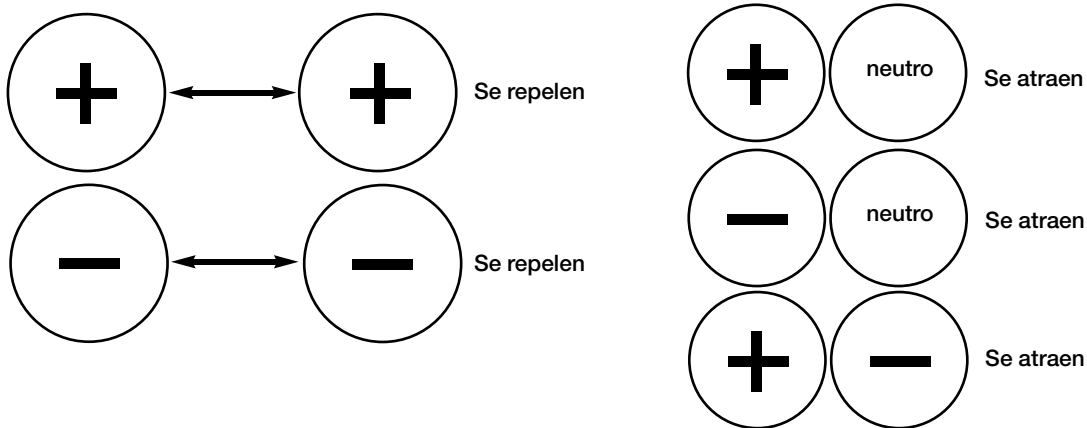


Hay dos combinaciones posibles de cargas iguales:

- Positiva/positiva
- Negativa/negativa

Si los dos cuerpos son eléctricamente neutros, o sea, 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

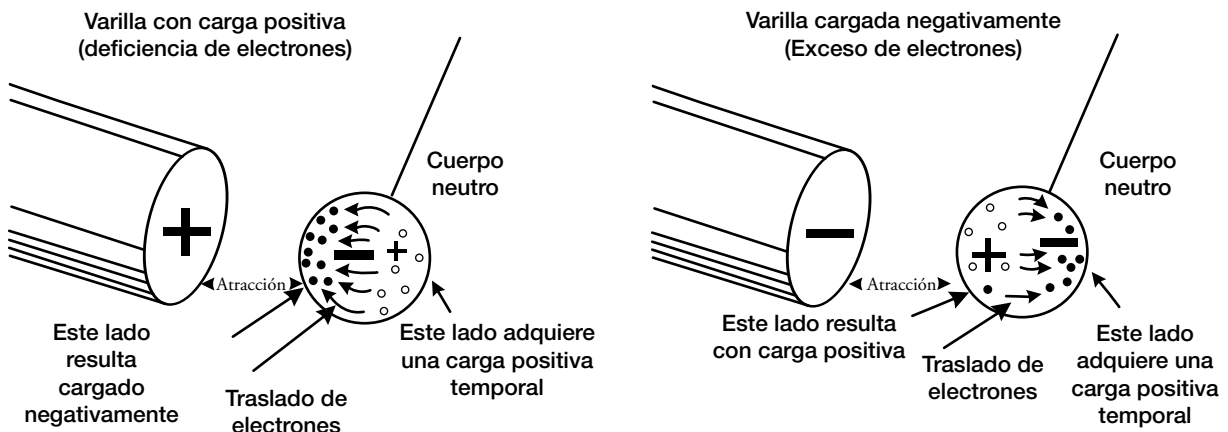


Cargas inducidas en cuerpos neutros

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.



Como la carga eléctrica positiva dentro del cuerpo neutro fue provocada o inducida por la presencia de la varilla cargada, se le llama *carga inducida*. Aunque el cuerpo mismo permanece neutro (no se han forzado electrones en su interior ni se los han quitado), su distribución interna de electrones ha sido perturbada temporalmente.

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*.

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.

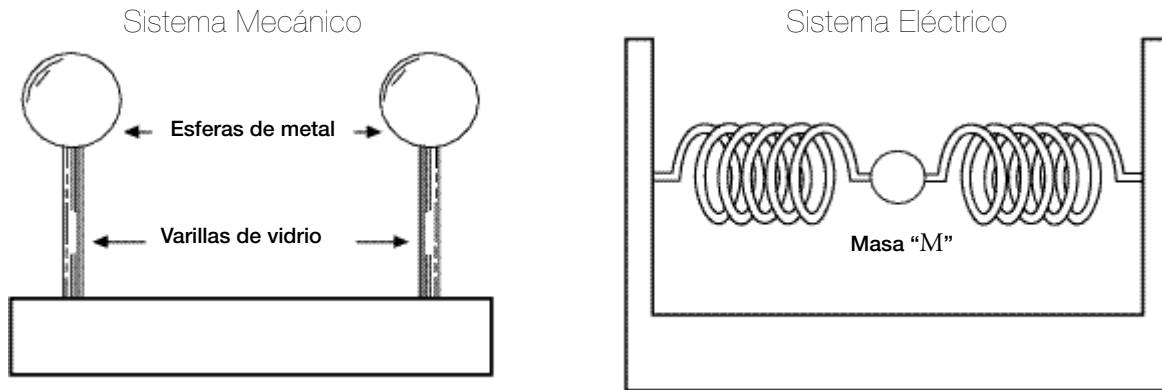
Esta fuerza eléctrica tiene como característica que repele cuerpos con la misma carga y atrae cuerpos con carga diferente. La *Ley de atracción y repulsión electrostática* establece que un cuerpo cargado eléctricamente ejerce una fuerza de atracción y repulsión sobre las cargas de los cuerpos que se 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).

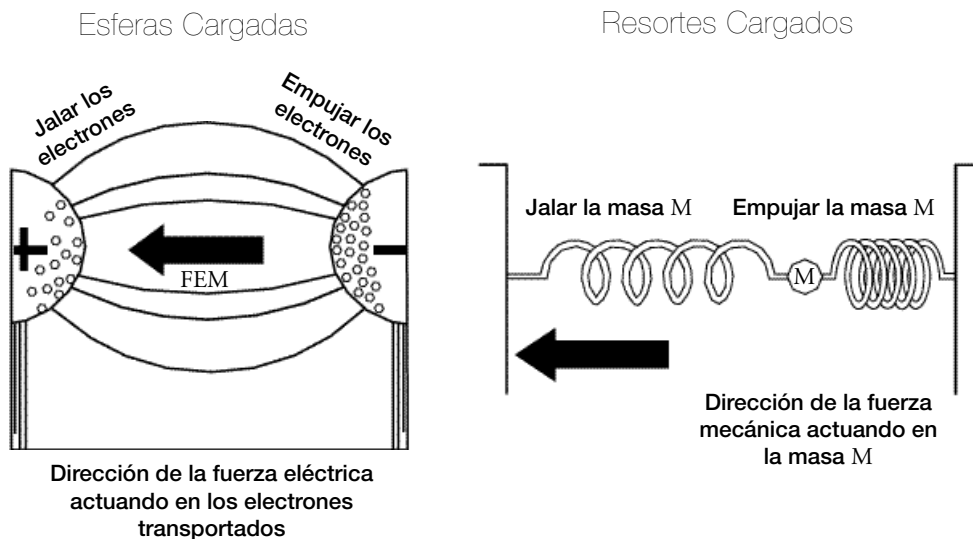
Carga y FEM

Para encontrar la relación que existe entre la cantidad de carga y la *FEM resultante* que actúa en los electrones desplazados, efectuemos un experimento imaginario, en el que comparemos las condiciones de los cuerpos electrificados, con las condiciones de un sistema mecánico.

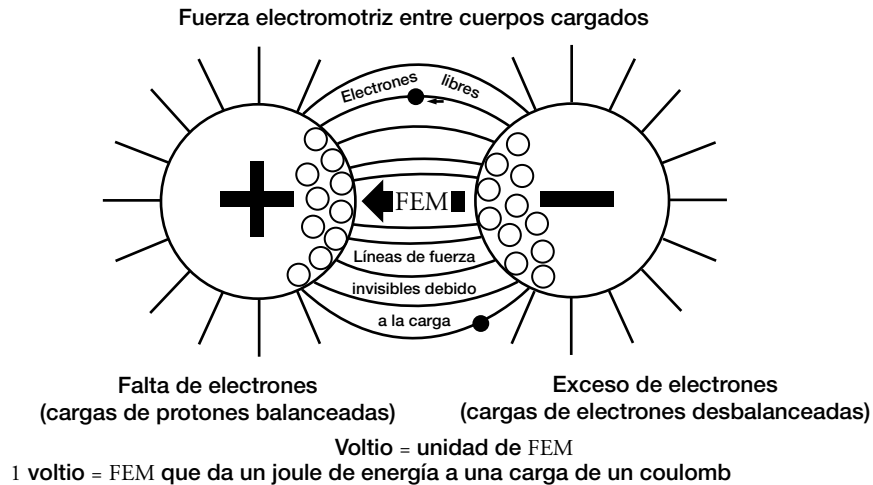


Comencemos el experimento observando las condiciones en los cuerpos sin carga y los resortes libres de tensión. Las esferas no pueden moverse, sólo pueden moverse los electrones de una esfera a la otra. Los resortes están firmemente sujetos al soporte. La masa M puede moverse al estirar un resorte y comprimir el otro. Si queremos transportar electrones de una esfera izquierda a la otra (o mover la masa M), debemos hacer trabajo.

Carguemos las esferas quitando electrones de la esfera izquierda y obligándolos a introducirse en la esfera de la derecha, contra la fuerza atrayente de la esfera y la fuerza repelente de la esfera. El sistema mecánico se carga moviendo la masa M de izquierda a derecha contra la fuerza de atracción del resorte estirado y la fuerza de repulsión del resorte comprimido. Las cargas de la esfera originan esta fuerza electromotriz. Esta FEM tiende a mover electrones de la esfera negativa a la positiva. La tensión en el resorte origina una fuerza mecánica, la cual tiende a mover la masa M de derecha a izquierda.



Campo eléctrico entre cuerpos cargados. Existen líneas invisibles de fuerzas eléctricas entre las dos esferas cargadas. 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 *voltaje*, término derivado del nombre de la unidad.



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.

El experimento de Oersted es muy simple e ilustrativo. Los materiales necesarios son una pila seca, alambre de cobre aislado calibre 20 AWG (90 cm) y una brújula magnética. Ponga la brújula en su mesa y coloque la pila a 30 ó 40 cm de ella. Quite poco más de 1 cm de aislante de ambos extremos del alambre y conecte un extremo a la terminal negativa de la pila. Pase el alambre aislado por encima de la carátula de la brújula, alineada con la aguja (la aguja estará orientada en su posición normal norte-sur). Después, manteniendo el alambre en su lugar con una mano, con la otra conecte el extremo libre a la terminal positiva de la pila durante un instante y observe el comportamiento de la aguja de la brújula durante este tiempo.

La fuerza magnética de los electrones viajeros. Al cerrar el circuito eléctrico en el experimento, la aguja fue bruscamente desviada de su orientación normal de sur a norte. Como la aguja es un imán permanente, la fuerza que lo movió debe ser una *fuerza magnética* (campo magnético). El alambre de cobre (material no magnético) no pudo causar este magnetismo, el cual aparece sólo cuando fluye una corriente de electrones a través del conductor. Entonces la única responsable de la fuerza magnética es la corriente eléctrica (flujo de electrones).

Esto es una prueba fuera de toda duda de que 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*.

Si el conductor de cobre del experimento descrito anteriormente se pasa a través de una hoja de cartón y se esparcen limaduras de hierro en éste, se obtiene un patrón de limaduras de hierro que se formarán de manera concéntrica (centro común) al conductor. 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 izquierda para conductores simples. Si el pulgar de su mano izquierda apunta en la dirección del flujo de electrones, los dedos rodean al alambre en la dirección del campo magnético.

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”.

Conductores, semiconductores y aislamientos

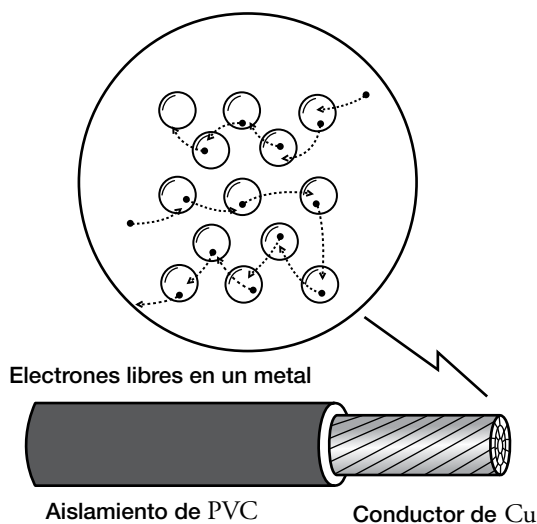
Desde el punto de vista eléctrico, podemos clasificar todas las sustancias conocidas por el hombre de acuerdo con su comportamiento. Aquellas que conducen la electricidad con facilidad son llamadas conductores, es decir, que sus electrones pueden moverse con facilidad puesto que sus uniones con el núcleo 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

El flujo de electrones necesita un material, como el cobre o el aluminio, que permita por su medio un fácil desplazamiento de los electrones. Este material, el cual va a soportar el flujo de electrones, es llamado *conductor*.

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.



El alambre de cobre es fabricado en muchas formas y tamaños. Algunos alambres son de cobre sólido, mientras otros deben ser flexibles y son hechos con alambre de cobre cableado. En muchas aplicaciones industriales, varios alambres de cobre son reunidos y posteriormente aislados para formar *cables*. Estos cables pueden ser aislados con materiales elastoméricos (hules) o termoplásticos. En algunos casos se

reúnen varios cables para formar un cable multiconductor, el cual es encerrado por una cubierta para protegerlo contra la acción de los agentes externos.

En los motores, transformadores, balastos y aparatos electrónicos se usan tipos especiales de alambres.

El alambre puede ser tan delgado como un cabello o tan grueso como una rama. Está cubierto por una delgada capa aislante, la cual no se daña o rompe cuando el alambre se dobla. El nombre técnico para este tipo de conductor es alambre magneto.

Los malos conductores son materiales que conducen la electricidad mejor que los aislantes, pero no con la facilidad de los metales. De este tipo de materiales o sustancias podemos citar la tierra mojada, la madera húmeda, el carbón, el papel mojado, entre otros.

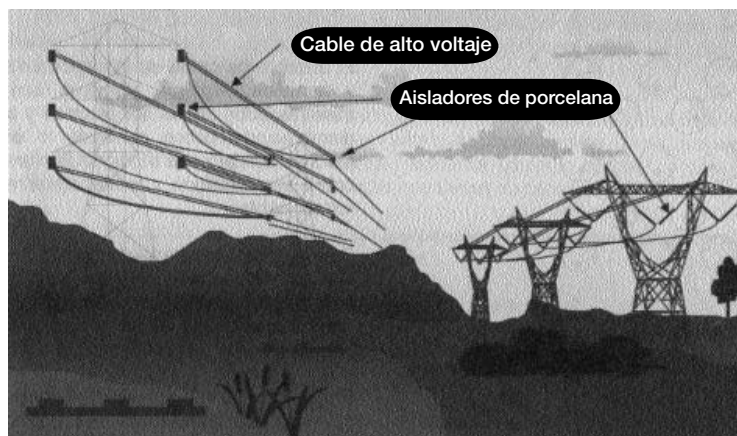
Aisladores

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. La ausencia de electrones libres impide que se genere una corriente de electrones en un material aislante.

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

No todos los aisladores son iguales en sus cualidades aisladoras. 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 alto voltaje y no pierde sus cualidades aislantes a pesar de los altos voltajes 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.



Aisladores de porcelana en las torres de transmisión de potencia

Muchos aislamientos no deben llegar a temperaturas críticas porque comienzan a degradarse (se derri-ten); 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

El término *semiconductores* puede mal interpretarse con facilidad. No son conductores a medias como el nombre lo sugiere.

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 un voltaje. Si el silicio puro se conecta a una fuente de alto voltaje, 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 alto voltaje actúe sobre él. Cuando el alto voltaje 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*.

PARÁMETROS ELÉCTRICOS, DEFINICIÓN, ANALOGÍAS Y UNIDADES

Voltaje

El flujo de electrones requiere mantener una fuerza o presión (voltaje) que empuje los electrones en forma continua. Esta fuerza generalmente se conoce con el término de *fuerza electromotriz* o *FEM*. El voltaje 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.

El voltaje 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.

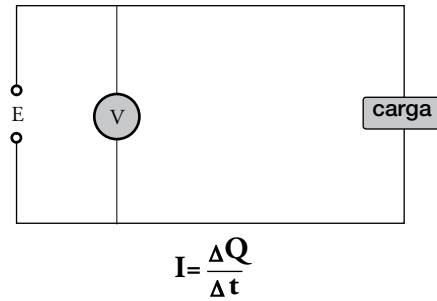
La unidad de medida es el *volt* o *voltio*. El aparato que usamos para medir este parámetro eléctrico es el *voltmetro* o *voltímetro*, el cual se conecta en paralelo a la línea para efectuar la medición.

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

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 voltaje 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*.



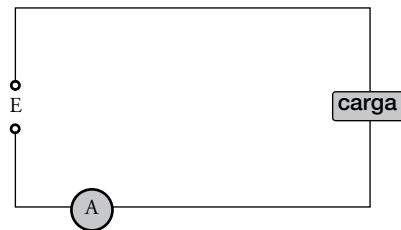
Donde:

ΔQ = Incremento de la carga [c]

Δt = Incremento del tiempo [s]

I = Intensidad de corriente eléctrica [A]

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 del voltaje 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.

La corriente directa nunca cambia de dirección

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

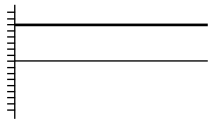
Algunos ejemplos claros de fuentes de corriente continua son: la pila seca, el acumulador de un automóvil, un generador de cc o un rectificador de corriente.

Corriente alterna

Una fuente de corriente alterna produce un voltaje 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.

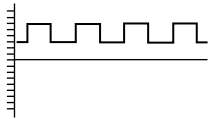
Corriente directa vs. corriente alterna

La corriente directa siempre fluye en una sola dirección. Si observamos en el gráfico de la pantalla de un osciloscopio, la corriente directa siempre aparece de un solo lado del eje de las ordenadas o del cero, pues su polaridad nunca cambia.



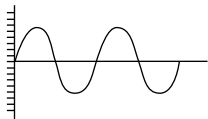
- cc estable

La corriente directa que nunca cambia en magnitud (o nivel de corriente) se denomina cc estable. Las baterías producen cc estable.



- cc pulsante

La cc pulsante (*pulsating*) cambia de magnitud, pero en el osciloscopio siempre aparece sobre el mismo lado del eje del cero o de las ordenadas, ya que su polaridad siempre es constante.



- Corriente alterna

La corriente alterna cambia tanto en magnitud como en su dirección. En el osciloscopio, el voltaje y la corriente aparecen a ambos lados del eje del cero o de las ordenadas, según la polaridad del voltaje se alterne y la corriente cambie de dirección.

Inducción electromagnética

La corriente alterna se genera mediante un efecto eléctrico llamado *inducción electromagnética*.

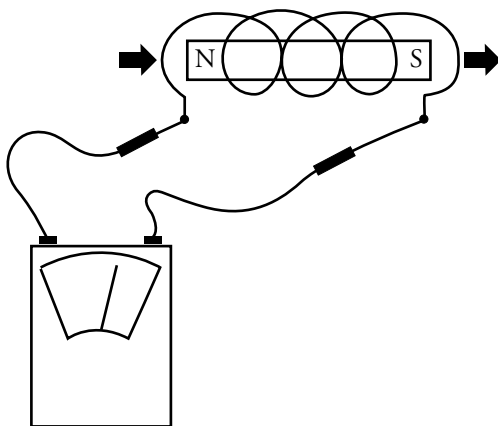
La inducción electromagnética es la capacidad que tiene un campo magnético de generar una FEM que origina una corriente en un conductor, sin necesidad del contacto físico.

Aunque el conductor y el campo magnético no se encuentren físicamente conectados, el voltaje es inducido en el conductor cuando éste se mueve por el campo magnético, o cuando el campo magnético se mueve a lo largo del conductor.

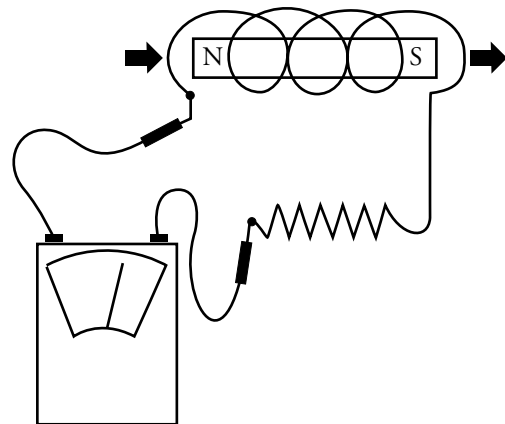
Cuando el conductor se vuelve parte del circuito, la corriente fluye en este último.

Los generadores transforman el movimiento rotatorio en flujo de corriente. El voltaje se genera cuando se rota una bobina dentro de un campo magnético.

Los motores de ca dependen también de la inducción electromagnética; transforman el flujo de la corriente en movimiento.



Voltios
voltaje inducido

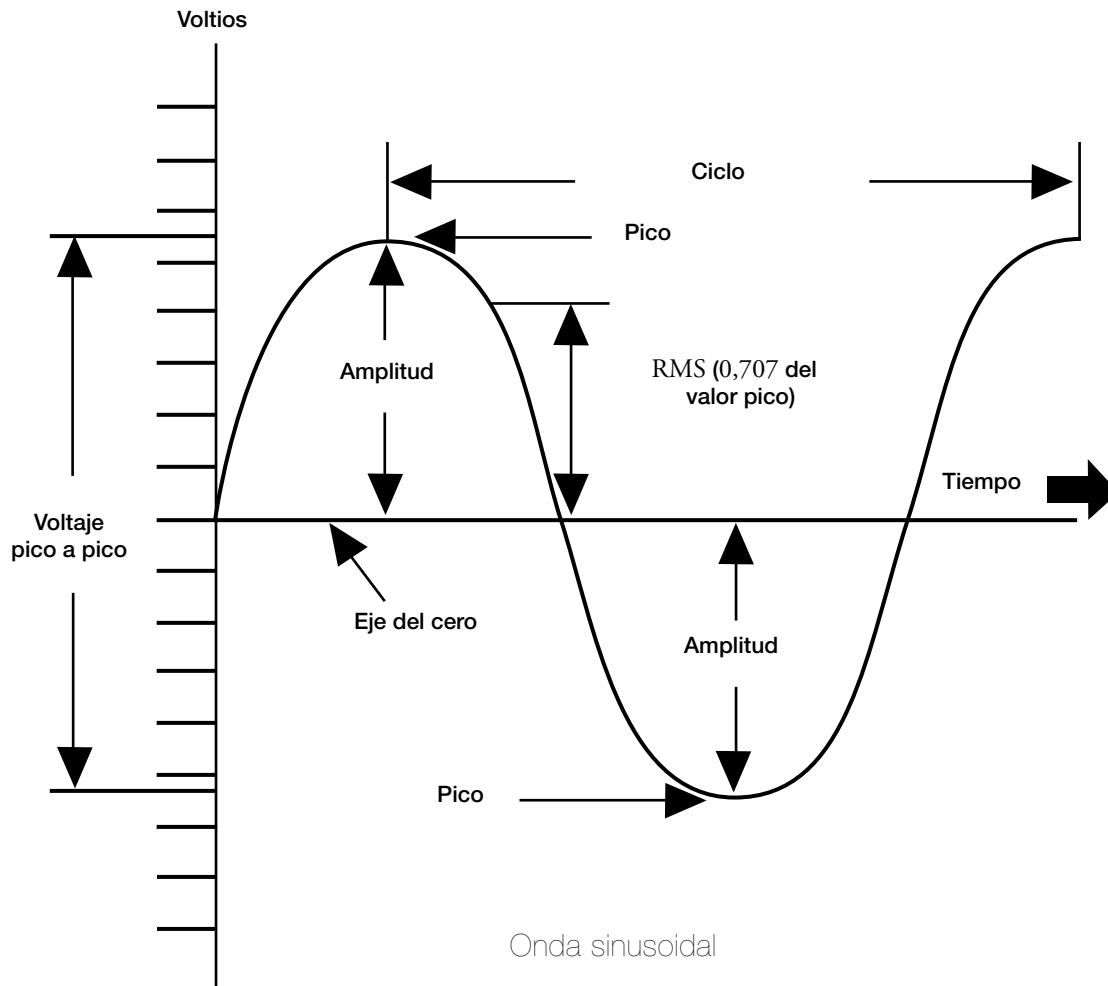


Amperes
Flujo de la corriente

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*.

El voltaje 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 voltaje 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, el voltaje varía según un esquema regular y repetitivo.



Onda sinusoidal

Las ondas sinusoidales son medidas y comparadas de acuerdo con ciertas características.

1. La *amplitud* de la onda sinusoidal nos indica el máximo valor de corriente o de voltaje; éste puede ser positivo o negativo.
2. Un *ciclo* es una repetición completa de la forma de la onda. Esto lo produce una revolución (vuelta) completa (360°) del conductor dentro del campo magnético. En cada ciclo se dan dos inversiones y dos máximos.

La curva sinusoidal logra el máximo en la dirección positiva a los 90°, atraviesa el eje de las ordenadas o del cero a los 180°, alcanza el máximo negativo a los 270°, después alcanza el cero una vez más a los 360°.

3. La *frecuencia* es el número de ciclos por segundo. Entre mayor sea el número de ciclos por segundo, mayor será la frecuencia. Entre mayor sea la frecuencia, menor será la cantidad de tiempo por ciclo.

La mayoría de la corriente alterna se genera a los 60 ó 50 ciclos por segundo.

La amplitud y la frecuencia son valores independientes. Dos curvas pueden tener la misma amplitud y la misma frecuencia, la misma amplitud pero diferente frecuencia, amplitud diferente pero la misma frecuencia, amplitud diferente y frecuencia diferente.

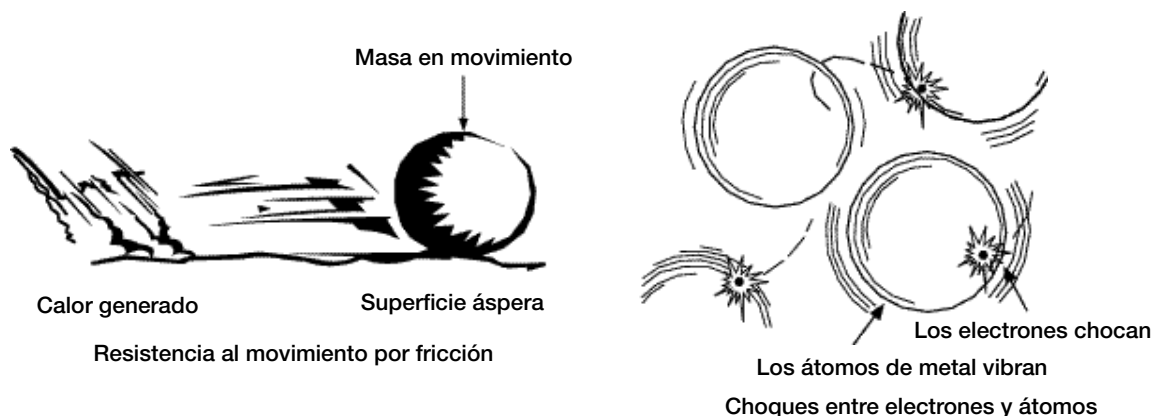
4. *Hertz* es el término empleado para los ciclos por segundo: 60 hertz = 60 ciclos/segundo.
5. *Voltaje pico a pico* es el voltaje medido entre los puntos máximo positivo y máximo negativo de una onda sinusoidal. Es igual al doble de la amplitud de onda.
6. *Voltaje o corriente de RMS* (valores efectivos o cuadrado de la media de valores pico) es una media estándar al medir la corriente o el voltaje alterno. $RMS = 1/\sqrt{2}$ por el valor del pico (la amplitud de la onda sinusoidal).
7. La línea horizontal que atraviesa el centro de la onda sinusoidal se llama *eje del cero*.
 - a) Todos los valores por encima del eje del cero son valores positivos; todos los valores por debajo del eje del cero son valores negativos.
 - b) Tanto el voltaje como la corriente *negativa* realizan el mismo trabajo que la corriente y voltaje positivo. La única diferencia es que la polaridad del voltaje es opuesta y que la corriente fluye en la dirección contraria. Producen la misma cantidad de energía que el voltaje y la corriente positiva.

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*.

En algunos *aisladores*, como la cerámica y los plásticos, los electrones están fuertemente amarrados a sus átomos. Mientras el voltaje no sea muy alto —generalmente miles de voltios—, no se mueve ningún electrón. En todo *conductor*, el más mínimo voltaje mueve electrones, sin embargo, en aquellos materiales con una gran *resistencia*, se moverán muy pocos. En materiales con muy poca resistencia se moverán muchos electrones con muy poco voltaje.

La corriente o flujo de electrones libres en un circuito eléctrico encuentra *oposición a su movimiento* en todas las partes del circuito. Esta oposición es llamada *resistencia*, y puede compararse a la *fricción* entre una bola que rueda y las asperezas de la superficie sobre la cual lo hace. Al vencer esta resistencia la bola pierde velocidad (energía cinética, la cual es convertida en energía calorífica).



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

A una gran cantidad de resistencia amontonada en un volumen relativamente pequeño se le llama *resistencia concentrada*. La resistencia concentrada de cualquier carga (foco, elemento calentador, motor, etcétera). La resistencia de un conductor distribuida a todo lo largo del alambre se llama resistencia distribuida.



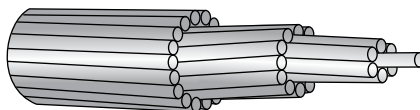
La línea quebrada indica la mayor oposición al flujo de electrones.

Símbolo esquemático para la resistencia

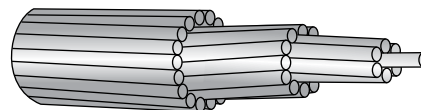
Factores que afectan la resistencia

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

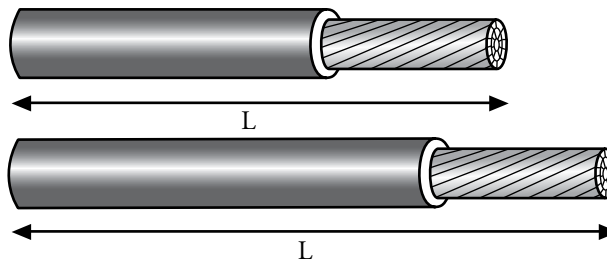
- **El tipo de metal.** Algunos metales tienen una bajísima resistencia interna debido al arreglo de sus átomos (y otros factores). Los cuatro metales con resistencia mínima entre todas las sustancias son plata, cobre, oro y aluminio. De los cuatro, la plata tiene menor resistencia, seguida por el cobre, 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.



Cobre



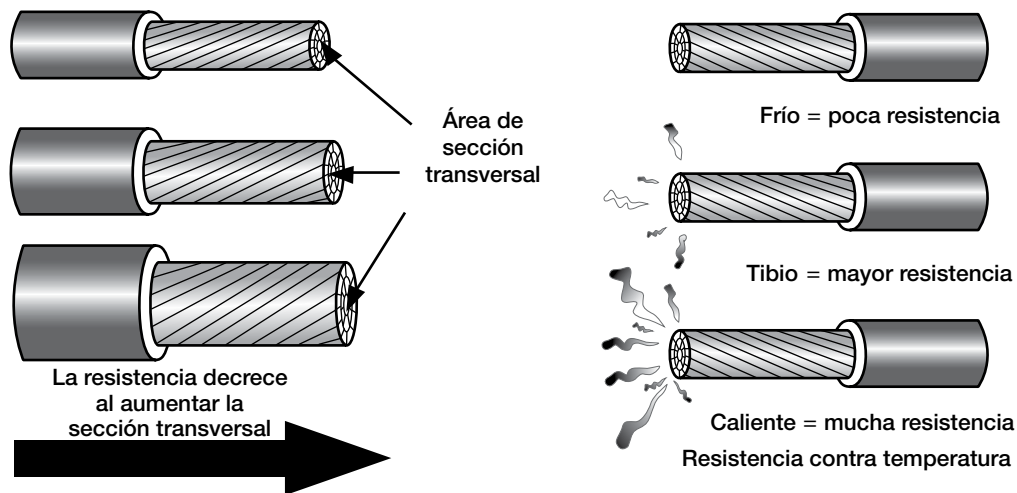
Aluminio



A mayor longitud (L), la resistencia aumenta

- **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.

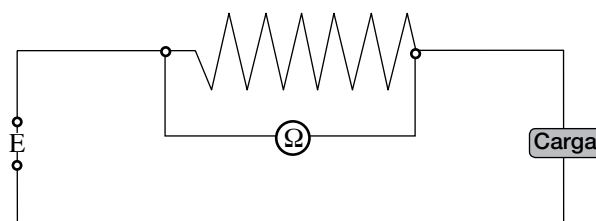
- **La temperatura del metal.** A una temperatura normal, la energía calorífica presente en todas las sustancias origina una suave vibración o agitación de sus átomos, sin que éstos pierdan su posición en el cristal de metal. Si se aumenta la temperatura, los átomos se agitan más y habrá mayor número 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 voltaje 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 voltaje* debido a la resistencia. Los técnicos se refieren a esta pérdida de energía o voltaje como *caída de voltaje a través de una resistencia*. La pequeña pérdida de voltaje a lo largo de cada resistencia se suma para dar la pérdida total de voltaje a través de toda la resistencia.

La energía perdida y la pérdida de voltaje resultante son usadas para definir la unidad de resistencia: una unidad de resistencia es la cantidad de resistencia que causa una caída de voltaje 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 voltaje 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.



Resistencia de un conductor eléctrico

La resistencia a la corriente directa o continua de un conductor eléctrico, formado por un alambre de cualquier metal, está expresada por la fórmula:

$$R_{cc} = \rho \frac{L}{A} \quad [\text{ohms}]$$

En donde:

L = longitud del conductor

A = área de la sección transversal del conductor

ρ = resistividad volumétrica del material del conductor en unidades compatibles con L y A.

Los valores de la resistividad en volumen, para el cobre, que ha normalizado la International Annealed Copper Standards (IACS) a 20 °C y 100% de conductividad son:

10,371 ohm-cmil/pie

17,241 ohm-mm²/km

Los valores para el aluminio en volumen con 61% de conductividad a 20 °C, según la IACS, son:

17,002 ohm-cmil/pie

28,28 ohm-mm²/km

Efecto de cableado. Cuando se trata de conductores cableados, su resistencia es igual a la resistencia de cada uno de los alambres dividida entre el número de ellos.

$$R_{cc} = \frac{R'}{n} = \frac{\rho}{n} \times \frac{L}{A'}$$

En donde:

R' y A' son la resistencia y el área de la sección transversal de cada alambre, respectivamente. Sin embargo, esta fórmula sería válida sólo si todos los alambres tuviesen la misma longitud. Como en realidad esto no es exacto, ya que los alambres de las capas superiores tienen una longitud mayor, el incremento de la resistencia por efecto de cableado, para fines prácticos, se puede suponer:

$$R_{cc} = \rho \frac{L}{A} (1 + k_c)$$

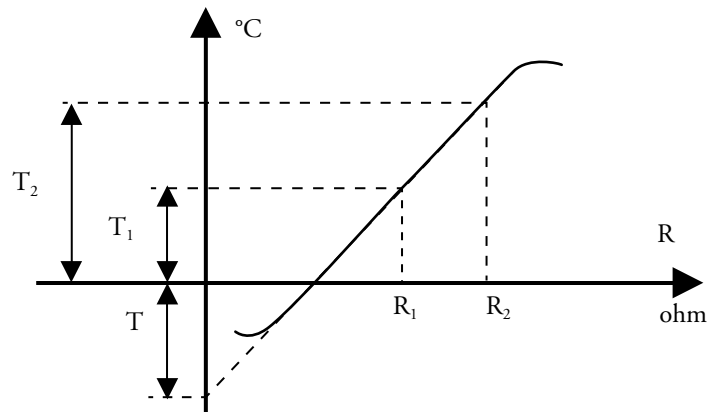
En donde:

k_c es el *factor de cableado*, y los valores correspondientes para diversos tipos de cuerdas se encuentran en la siguiente tabla.

Tipo de cableado	k_c
Redondo normal	0,020
Redondo compacto	0,020
Sectorial	0,015

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:

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

α = Coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura.

En donde:

α se denomina *coeficiente de corrección por temperatura* y sus dimensiones son el recíproco de grados centígrados.

$\alpha = 1/234,5 = 0,00427$, a 0 °C para el cobre recocido

$\alpha = 1/228 = 0,00439$, a 0 °C para el aluminio

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

Relación entre voltaje, corriente y resistencia. Ley de Ohm

Al aplicar un voltaje a un circuito eléctrico cerrado, se produce una corriente de electrones a través de todas las partes del circuito. El voltaje aplicado 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 el voltaje, 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 voltaje, corriente y resistencia. Esta ecuación, conocida como la *Ley de Ohm*, se ha convertido en una poderosa herramienta para los técnicos electricistas. Permite predecir lo que sucederá en un circuito eléctrico antes de construirlo.

Usando la Ley de Ohm, los técnicos conocen exactamente cuánta corriente de electrones fluirá a través de una resistencia, cuando se conoce el voltaje aplicado. De hecho, las tres cantidades eléctricas—corriente, voltaje y resistencia— pueden determinarse usando la Ley de Ohm.

Relación entre corriente y voltaje aplicado. Para un valor fijo de resistencia, cuando se duplica el voltaje aplicado a un circuito, la corriente de electrones se duplica también (los electrones se mueven dos veces más aprisa).

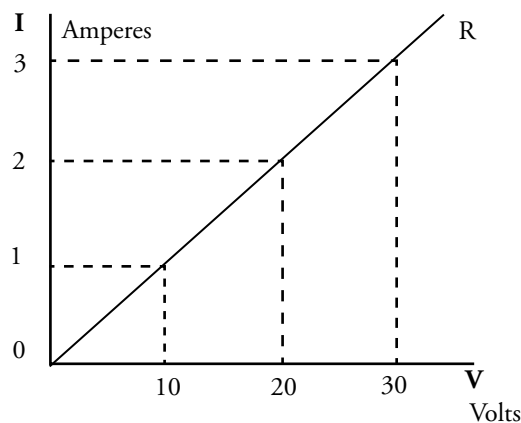
Cualquier aumento en el voltaje o la FEM da por resultado un aumento proporcional en la corriente a través del circuito.

Cualquier disminución en el voltaje o la FEM da por resultado una disminución proporcional en el flujo de electrones a través del circuito.

Nota: *Cuando dos cantidades están íntimamente relacionadas, de tal manera que un aumento en una tiene por resultado un aumento proporcional en la otra, se dice que son directamente proporcionales.*

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

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. Para un valor fijo de voltaje, cuando se dobla la resistencia de un circuito, haciendo dos veces más difícil el paso de los electrones a través del circuito, la cantidad de corriente de electrones es reducida a la mitad de su valor (el voltaje aplicado no cambia).

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.

Nota: *Cuando dos cantidades están relacionadas de modo que un aumento en el valor de una de ellas produce una disminución proporcional en la otra, se dice que son inversamente proporcionales una a la otra.*

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

Ley de Ohm

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

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

$$I = \frac{V}{R}$$

En donde:

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

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

R = Es la resistencia del circuito, medida en Ohms [Ω].

Formas derivadas de la Ley de Ohm. La expresión básica de la Ley de Ohm permite determinar la corriente que fluye en un circuito eléctrico, cuando conocemos el voltaje aplicado y la resistencia. Sin embargo, hay ocasiones en que conocemos el voltaje aplicado y la corriente resultante, y tenemos la necesidad de calcular la resistencia del circuito, o bien, puede conocerse la corriente y la resistencia del circuito, y debe encontrarse el voltaje aplicado. En estos casos se debe operar algebraicamente con la ecuación original de la Ley de Ohm para obtener ecuaciones derivadas para el voltaje y la corriente.

Pasemos ahora de la forma básica de la Ley de Ohm a la fórmula para el voltaje:

$$I = \frac{V}{R} \quad (\text{ecuación básica})$$

Se multiplican ambos miembros de la igualdad por R

$$I \times R = \frac{V \times R}{R}$$

Se eliminan factores iguales

$$I \times R = \frac{V \times R}{R}$$

Forma derivada de la Ley de Ohm

$$\therefore V = I \times R$$

Esta nueva ecuación nos permite calcular el voltaje aplicado, cuando conocemos la resistencia y la corriente que fluye a través de ella.

Pasemos ahora de la forma básica de la Ley de Ohm a la fórmula para la resistencia:

Forma derivada de la Ley de Ohm

$$V = I \times R$$

Dividimos ambos lados entre I

$$\frac{V}{I} = \frac{I \times R}{I}$$

Se eliminan factores iguales

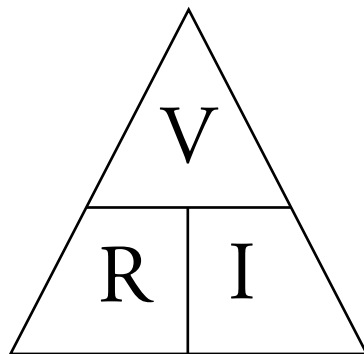
$$\frac{V}{I} = R$$

Segunda forma derivada de la Ley de Ohm

$$\therefore R = \frac{V}{I}$$

Esta segunda ecuación derivada de la Ley de Ohm nos permite calcular la resistencia de un circuito, cuando conocemos el voltaje aplicado y la corriente resultante.

Para facilitar el trabajo con las tres ecuaciones, hacemos uso del *Triángulo de memoria*. Esta figura no es la Ley de Ohm, solamente sirve para recordar qué operación se hace para calcular voltajes, corrientes o resistencias. Para usarlo, se cubre la cantidad que se busca, y las partes visibles del triángulo dicen qué forma de la Ley de Ohm debe usarse.



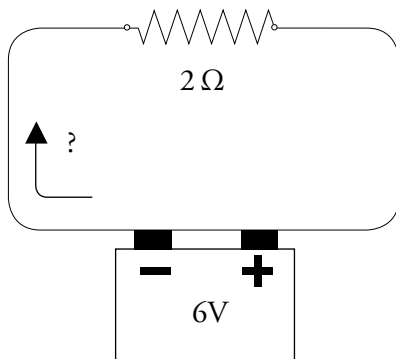
$$I = \frac{V}{R}$$

$$V = I \times R$$

$$R = \frac{V}{I}$$

Ejercicios prácticos:

1) ¿Cuál será la corriente que circula a través del circuito de la figura, si el voltaje es de 6 volts y la resistencia de 2 ohms?



Solución: Tapamos la letra I en el triángulo y nos queda.

$$I = \frac{V}{R}$$

En donde:

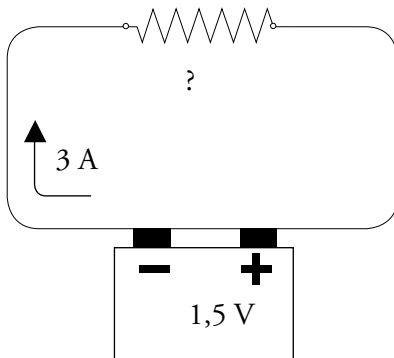
$$R = 2 \text{ ohms}$$

$$V = 6 \text{ volts}$$

$$I = ?$$

$$\therefore I = \frac{6 \text{ volts}}{2 \text{ ohms}} \quad I = 3 \text{ amperes}$$

2) ¿Qué resistencia tiene el circuito de la figura, el cual tiene aplicado un voltaje de 1,5 volts y por él circula una corriente de 3 amperes?



Solución: Tapamos la letra R en el triángulo y nos queda:

$$R = \frac{V}{I}$$

En donde:

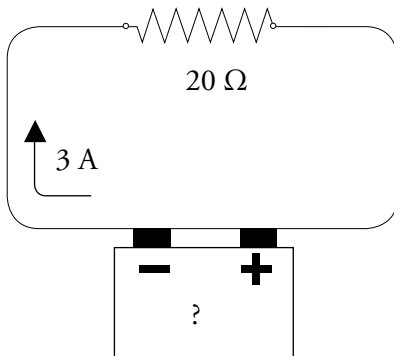
$$R = ?$$

$$V = 1,5 \text{ volts}$$

$$I = 3 \text{ amperes}$$

$$\therefore R = \frac{1,5 \text{ volts}}{3 \text{ amperes}} \quad R = 0,5 \text{ ohms}$$

3) Calcular el voltaje necesario para que en el circuito de la figura circulen 3 amperes, si la resistencia del circuito es de 20 ohms.



Solución: Tapamos la letra V en el triángulo y nos queda:

$$V = I \times R$$

En donde:

$$R = 20 \text{ ohms}$$

$$V = ?$$

$$I = 3 \text{ amperes}$$

$$\therefore V = 3 \text{ amperes} \times 20 \text{ ohms} \quad V = 60 \text{ volts}$$

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:

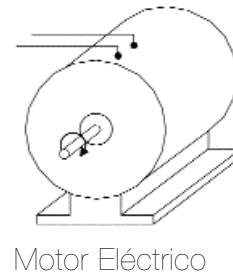
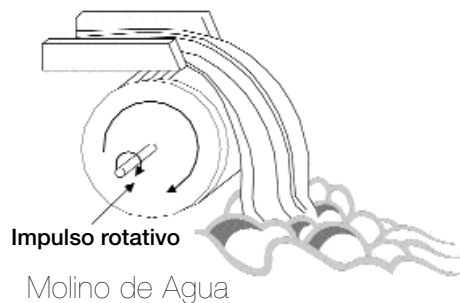
Fuerza x distancia = trabajo

El trabajo en un sistema eléctrico lo estaremos realizando cuando se aplica un voltaje 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.

Potencia: 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.

En un molino de agua, entre más agua fluye, mayor será la velocidad de las vueltas del molino; o entre mayor sea el impulso rotativo ejercitado por su eje (energía cinética), mayor será el trabajo que realiza en un tiempo determinado. Igualmente, 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*, o sea, el porcentaje en el cual la energía eléctrica se convierte en otra forma de energía, simplemente es la corriente multiplicada por el voltaje.

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

Un voltaje de 1 volt, al empujar una corriente de 1 ampere, produce 1 watt de potencia.

Potencia = corriente x voltaje

$$P = I \times V$$

En donde:

P = Potencia en watts [W]

I = Corriente eléctrica en amperes [A]

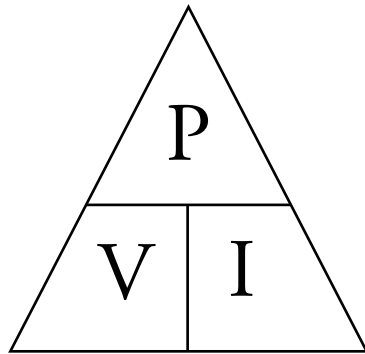
V = Voltaje o tensión en volts [V]

Formas derivadas de la fórmula de potencia (Ley de Watt). La expresión básica de la Ley de Watt permite determinar la rapidez con la que se realiza el trabajo eléctrico cuando conocemos el voltaje aplicado y la corriente eléctrica. Sin embargo, hay ocasiones en que conocemos la potencia y la corriente eléctrica y tenemos la necesidad de calcular el voltaje aplicado, o bien, puede conocerse la potencia y el voltaje aplicado y debe encontrarse la corriente eléctrica. Nuevamente se debe operar algebraicamente con la ecuación original de la Ley de Watt para obtener ecuaciones derivadas para el voltaje y la corriente.

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{o} \quad V = \frac{P}{I}$$

Estas fórmulas no son correctas para toda clase de circuitos.

Hacemos nuevamente referencia al uso del *Triángulo de memoria*, el cual nos sirve para recordar qué operación debemos realizar para calcular potencias, voltajes o corrientes. Para usarlo, se cubre la cantidad que se busca y las partes visibles del triángulo dicen qué forma de la Ley de Watt debe usarse.



$$P = I \times V$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$V = \frac{P}{I}$$

Ejercicios prácticos:

1) ¿Cuál es la corriente que circula por el filamento de una lámpara de 100 watts, conectada a una alimentación de 120 volts?

Solución: Tapamos la letra *I* en el triángulo y nos queda la fórmula:

$$I = \frac{P}{V}$$

En donde:

$P = 100$ watts

$V = 120$ volts

$I = ?$

$$\therefore = \frac{100 \text{ watts}}{120 \text{ volts}} \quad I = 0,83 \text{ amperes}$$

2) Una plancha demanda 4 amperes de un contacto de alimentación de 127 volts, calcular la potencia consumida.

Solución: Tapamos la letra *P* en el triángulo y nos queda la fórmula:

$$P = I \times V$$

En donde:

$P = ?$

$V = 127$ volts

$I = 4$ amperes

$$\therefore P = 4 \text{ amperes} \times 127 \text{ voltios} \quad P = 508 \text{ watts}$$

3) ¿Qué voltaje deberá aplicarse a un tostador de 1270 watts, si en su placa indica que toma una corriente de 10 amperes?

Solución: Tapamos la letra V en el triángulo y nos queda la fórmula:

$$V = \frac{P}{I}$$

En donde:

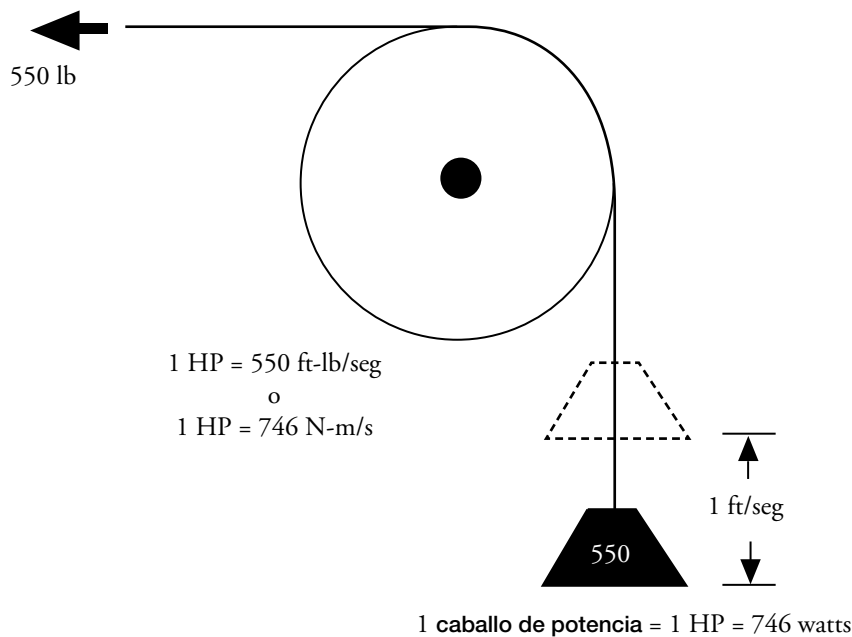
$P = 1\,270$ watts

$V = ?$

$I = 10$ amperes

$$\therefore I = \frac{1\,270 \text{ watts}}{10 \text{ amperes}} \quad V = 127 \text{ volts}$$

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 fórmula 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 [Ω]

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

De la Ley de Ohm, conocemos que:

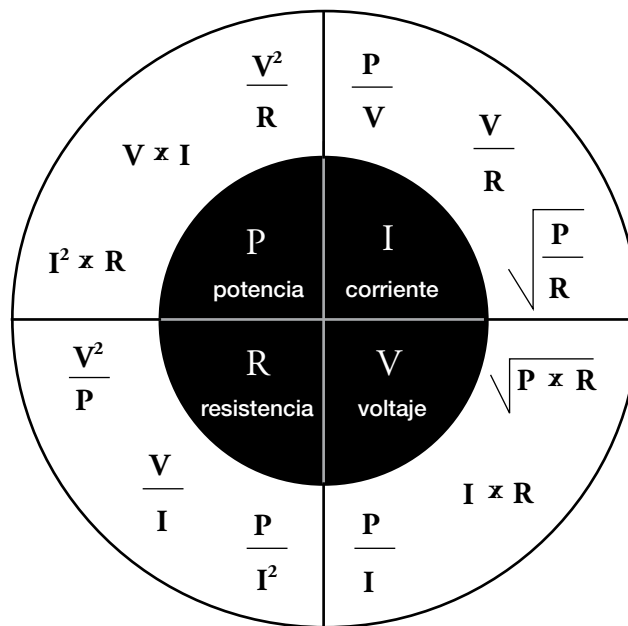
$$I = \frac{V}{R}$$

Esta expresión la podemos sustituir en la fórmula anterior, de modo que:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Relación entre voltaje, corriente, resistencia y potencia

Si se conocen dos de los parámetros eléctricos básicos –voltaje, corriente, resistencia y potencia– es posible calcular los otros dos. El siguiente diagrama resume las relaciones.



En donde:

R = resistencia en ohms

I = corriente en amperes

V = voltaje o tensión en volts

P = potencia en watts

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:

$$\mathbf{W = P \times t}$$

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 *watthorímetro*.



Conceptos básicos de circuitos eléctricos

EL CIRCUITO ELÉCTRICO

Podemos comparar la corriente eléctrica con la corriente de agua. Basándonos en un concepto tan familiar para todos, como es la corriente de agua y sus efectos, podemos comprender la corriente eléctrica. Tomando en cuenta esto, a continuación se describen algunas similitudes entre las corrientes de agua y eléctricas:

- El agua usualmente se transmite de un lugar a otro a través de tubos o mangueras. Los tubos o las mangueras tienen un orificio por donde se transporta el agua. La cantidad de agua transmitida está relacionada con el área transversal del orificio: a mayor área, mayor flujo de agua. La pared del tubo o de la manguera tiene la función de evitar que el agua se salga del orificio del tubo. El espesor de la pared está relacionado con la presión que soporta el tubo: a mayor espesor de la pared, el tubo soporta mayor presión. Las unidades que se emplean para medir la corriente de agua son volumen entre tiempo [litros por segundo (l/s)].

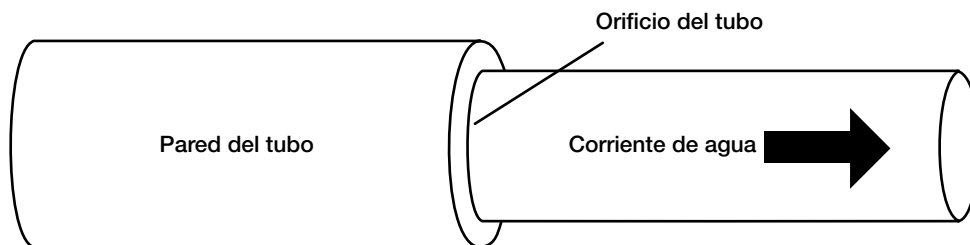


Figura 2.1. Tubo de agua.

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*].

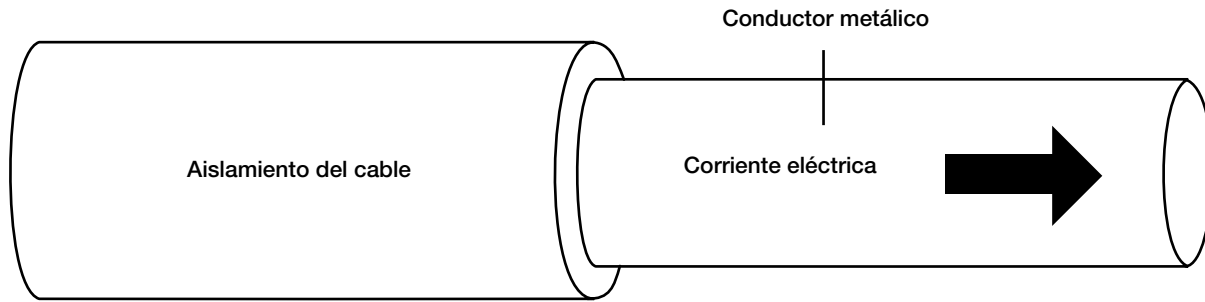


Figura 2.2. Cable eléctrico.

Para que el agua se transmita de un lugar a otro, se requiere que exista una diferencia de presión entre los dos lugares y que estén unidos mediante un tubo o manguera. Las unidades que se emplean para medir la presión son *fuerza entre área* [newtons por metro cuadrado (N/m^2), a lo que se le llama *pascal*].

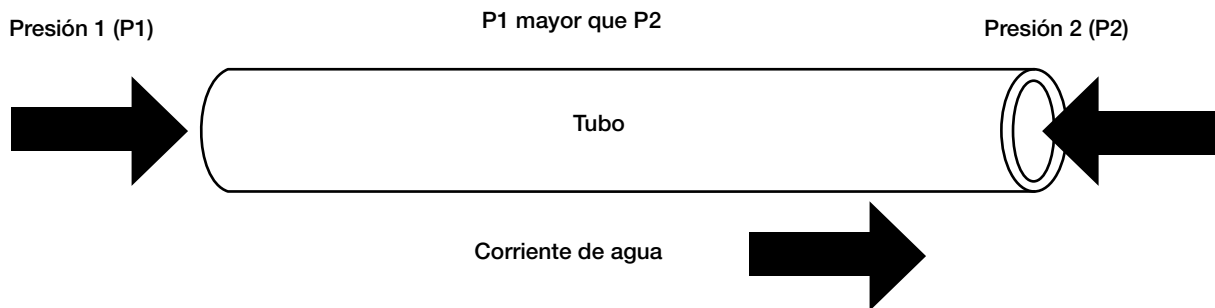


Figura 2.3. Diferencia de presión en un tubo de agua.

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

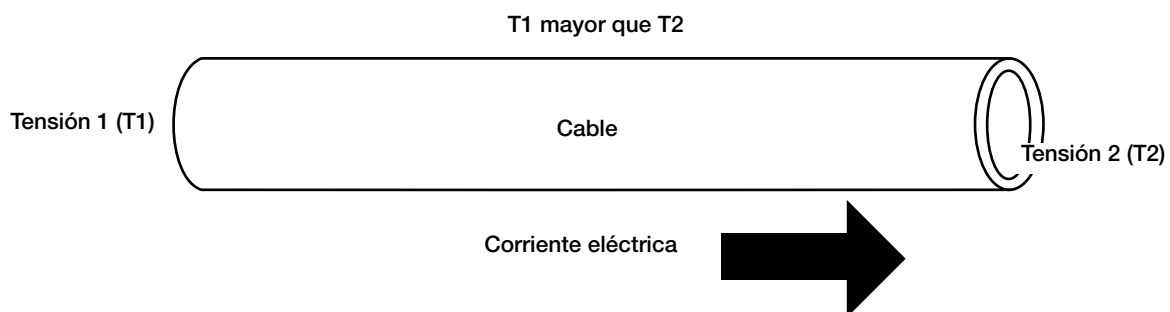


Figura 2.4. Diferencia de tensión en un cable eléctrico.

Tomando en cuenta lo anterior, podemos hacer una comparación entre un circuito cerrado de agua y un circuito eléctrico.

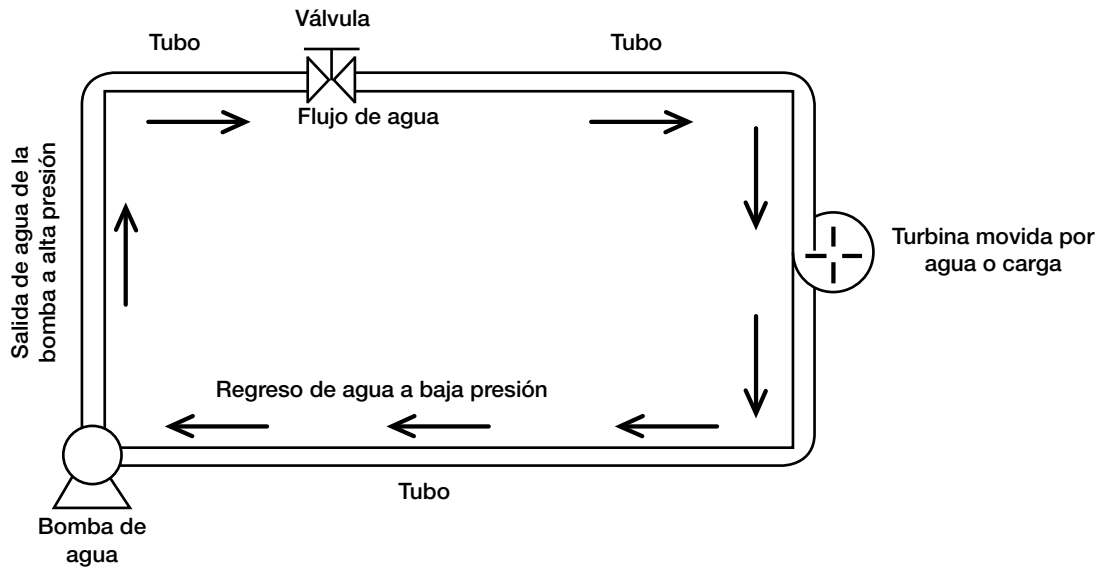


Figura 2.5. Circuito cerrado de agua.

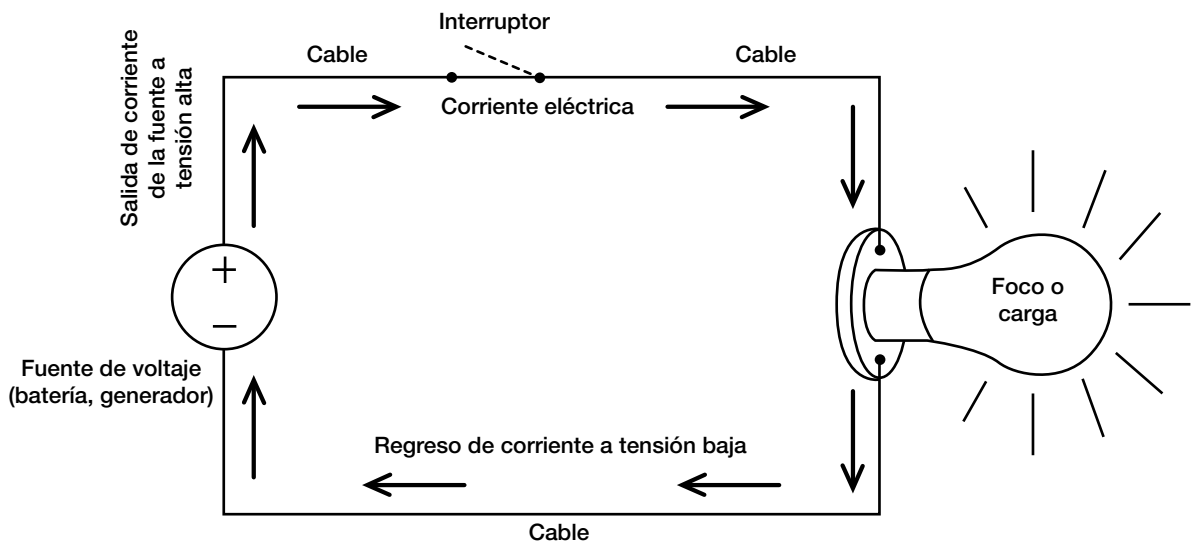


Figura 2.6. Circuito eléctrico.

En las figuras 2.5 y 2.6, pueden apreciarse las siguientes semejanzas:

- En el circuito de agua, la presión del agua es elevada por medio de una bomba.
- En el circuito eléctrico, el voltaje es elevado por la fuente.
- En el circuito de agua, ésta es transmitida por medio de tubos.
- En el circuito eléctrico, la corriente es transmitida por medio de cables.
- En el circuito de agua, la presión es usada para mover una turbina.
- En el circuito eléctrico, el voltaje es usado para alimentar una carga, por ejemplo para encender un foco o para mover un motor.
- En el circuito de agua, ésta pierde presión después de pasar por la carga.
- En el circuito eléctrico, la corriente pierde tensión después de pasar por la carga.
- En el circuito de agua, ésta también pierde presión al pasar por los tubos. La pérdida de presión en el tubo depende del área transversal del orificio y de la longitud del tubo: a menor área transversal del orificio del tubo, mayor pérdida o caída de presión; a mayor longitud del tubo, mayor pérdida o caída de presión.

- En el circuito eléctrico, la corriente también pierde tensión al pasar por los cables. La pérdida de tensión en el cable depende del área transversal del conductor metálico y de la longitud del cable: a menor área transversal del conductor metálico, mayor pérdida o caída de tensión; a mayor longitud del cable, mayor pérdida o caída de tensión.
- Para interrumpir el flujo, en el circuito de agua se emplea una válvula.
- Para interrumpir la corriente, en el circuito eléctrico se emplea un interruptor.

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.

LEYES DE KIRCHHOFF, 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 2.7 se muestra el significado de esta ley:

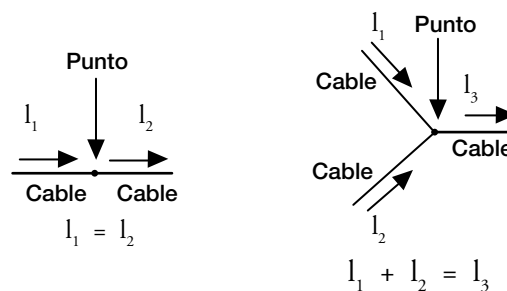
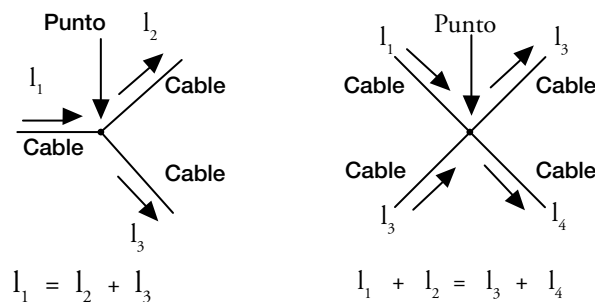


Figura 2.7. Ejemplos de la Ley de Conservación de la Corriente.



I_1, I_2, I_3, I_4 = Corrientes eléctricas que entran o salen de un punto en un circuito

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.

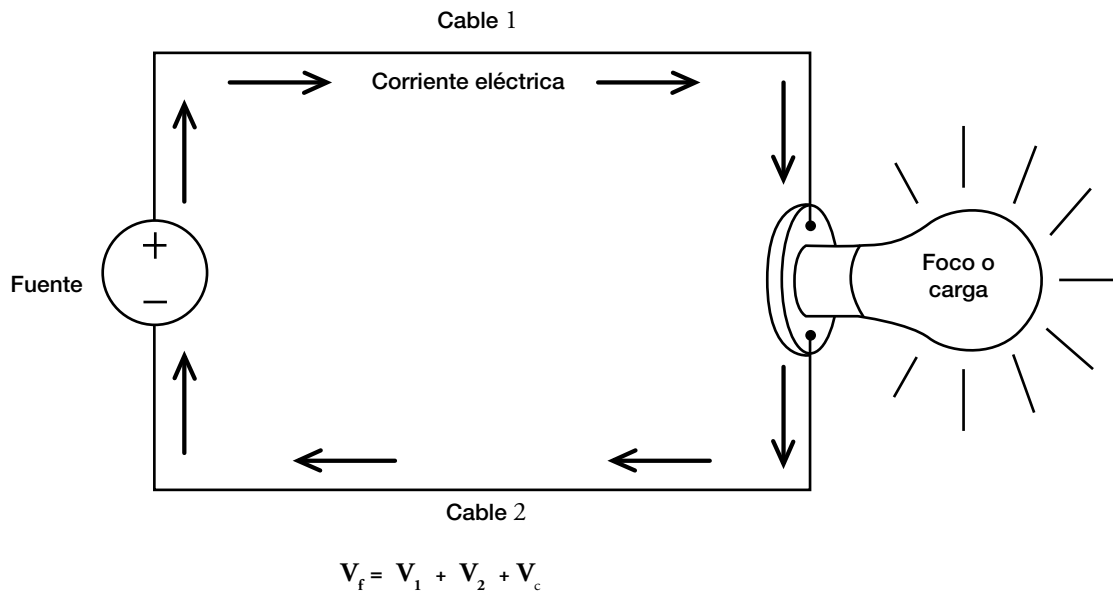


Figura 2.8. Ley de Conservación de la Tensión.

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

En corriente directa, la tensión de un cable o una carga está dada por la Ley de Ohm, que se explicó con anterioridad y la cual se expresa en la siguiente fórmula:

$$V = RI \quad (2.1)$$

Donde:

V = Tensión del cable o carga en volts [V]

R = Resistencia eléctrica del cable o carga en ohms [Ω]

I = Corriente eléctrica que pasa por el cable o carga en amperes [A]

En corriente alterna se emplea una fórmula muy parecida a la anterior para la tensión de un cable o carga, reemplazando la resistencia R por la impedancia Z :

$$V = ZI \quad (2.2)$$

Donde:

V = Tensión del cable o carga en volts

Z = Impedancia eléctrica del cable o carga en ohms

Para el caso de los cables, está dada por la siguiente fórmula:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (2.3)$$

Donde:

R = Resistencia eléctrica del cable a la corriente alterna en ohms

X_L = Reactancia inductiva del cable en ohms

Un análisis profundo de la impedancia se sale de los alcances de este documento. Por el momento sólo vamos a analizar circuitos para los cuales la impedancia es igual a la resistencia, es decir, que cumplen con la Ley de Ohm y pueden ser tratados como circuitos de corriente directa. Vamos a dejar el aspecto de la impedancia para un capítulo posterior únicamente para calcular las caídas de tensión en cables de circuitos de corriente alterna.

CÁLCULO DE TENSIONES Y CORRIENTES EN CIRCUITOS

En esta sección vamos a calcular las corrientes y tensiones de algunos circuitos empleando la Ley de Ohm y las leyes de Kirchoff.

Circuitos en serie

Se le llama *circuito en serie* a un circuito como el de la figura 2.9, en el cual la corriente que pasa por todas las resistencias es la misma, debido a la Primera Ley de Kirchoff. En esta figura las resistencias R_1 y R_3 pueden representar a los cables que conectan una carga –por ejemplo un foco– y la carga sería la resistencia R_2 . A continuación, vamos a calcular la corriente y las tensiones de cada una de las resistencias de la figura 2.9:

- Por la Segunda Ley de Kirchoff, tenemos que la suma de las tensiones de cada resistencia debe ser igual a la tensión de la fuente; y por la Ley de Ohm, la tensión de cada resistencia es igual a la corriente que pasa por ella, multiplicada por su resistencia:

$$V_f = V_1 + V_2 + V_3$$

Donde:

V_1 = Tensión de la resistencia $R_1 = I R_1$

V_2 = Tensión de la resistencia $R_2 = I R_2$

V_3 = Tensión de la resistencia $R_3 = I R_3$

$$V_f = I R_1 + I R_2 + I R_3$$

$$V_f = I (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$35 \text{ V} = I (2 \, \Omega + 10 \, \Omega + 2 \, \Omega)$$

$$35 \text{ V} = I (14 \, \Omega)$$

Despejando tenemos:

$$I = 35 \text{ V} / 14 \Omega = 2,5 \text{ A}$$

Y la tensión que se cae en cada resistencia queda:

$$V_1 = I R_1 = 2,5 \text{ A} (2 \Omega) = 5 \text{ V}$$

$$V_2 = I R_2 = 2,5 \text{ A} (10 \Omega) = 25 \text{ V}$$

$$V_3 = I R_3 = 2,5 \text{ A} (2 \Omega) = 5 \text{ V}$$

Como era de esperarse, por la Segunda Ley de Kirchoff, la suma de las tensiones de las resistencias da como resultado la tensión de la fuente:

$$V_1 + V_2 + V_3 = 5 \text{ V} + 25 \text{ V} + 5 \text{ V} = 35 \text{ V} = V_f$$

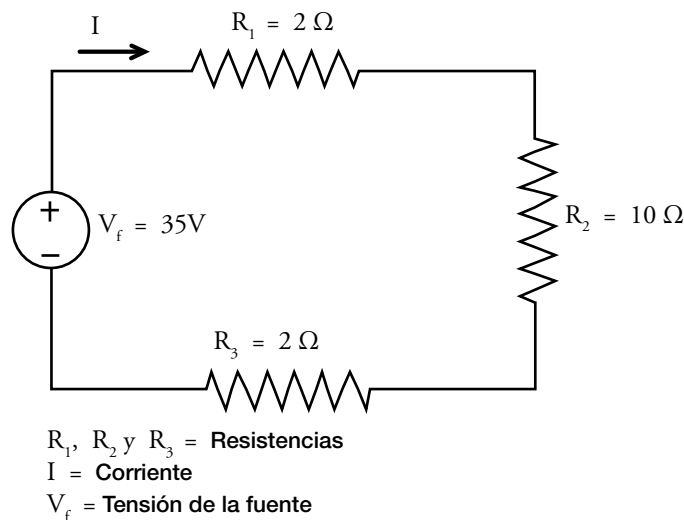


Figura 2.9. Circuito con resistencias en serie.

Circuitos en paralelo

Se le llama circuito en paralelo a un circuito como el de la figura 2.10, en el cual la tensión de cada resistencia es la misma, debido a la Segunda Ley de Kirchoff. En esta figura las resistencias \$R_1\$, \$R_2\$ y \$R_3\$ pueden representar cargas si se desprecia la resistencia de los cables de conexión, por ejemplo unos aparatos eléctricos conectados a contactos o receptáculos, los cuales se conectan en paralelo. A continuación, vamos a determinar la tensión y la corriente en cada una de las resistencias de la figura 2.10:

- Por la Segunda Ley de Kirchoff, tenemos que la tensión de cada resistencia debe ser igual a la tensión de la fuente; y por la Ley de Ohm, la corriente que pasa por cada resistencia es igual a su tensión dividida entre su resistencia:

$$V_f = V_1 = V_2 = V_3$$

Donde:

$$V_1 = \text{Tensión de la resistencia } R_1 = I_1 R_1$$

$$V_2 = \text{Tensión de la resistencia } R_2 = I_2 R_2$$

$$V_3 = \text{Tensión de la resistencia } R_3 = I_3 R_3$$

$$I_1 R_1 = V_1$$

$$I_2 R_2 = V_2$$

$$I_3 R_3 = V_3$$

Despejando tenemos:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3}$$

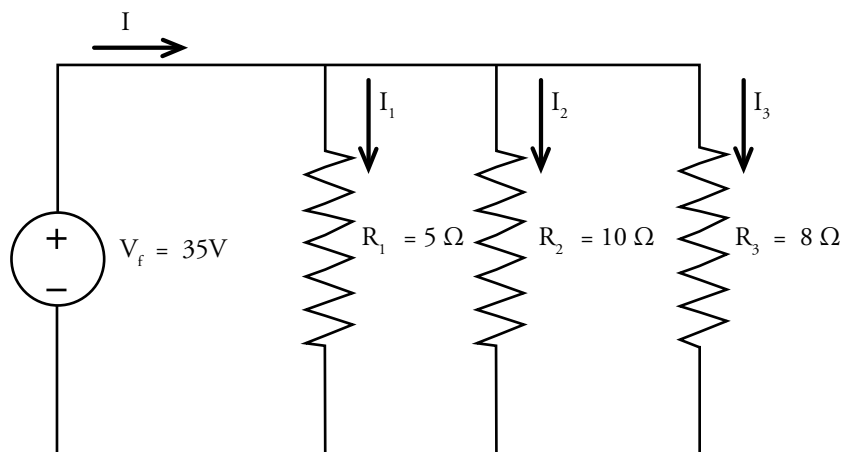
$$I_1 = 35 \text{ V} / 5 \Omega = 7 \text{ A}$$

$$I_2 = 35 \text{ V} / 10 \Omega = 3,5 \text{ A}$$

$$I_3 = 35 \text{ V} / 8 \Omega = 4,38 \text{ A}$$

Sumando todas las corrientes que pasan por las resistencias, obtenemos la corriente total I que proporciona la fuente:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 7 \text{ A} + 3,5 \text{ A} + 4,38 \text{ A} = 14,88 \text{ A}$$



R_1 , R_2 y R_3 = Resistencias

V_f = Tensión de la fuente

I = Corriente total

I_1 , I_2 , I_3 = Corrientes de las resistencias 1, 2 y 3

Figura 2.10. Circuito con resistencias en paralelo

Equivalentes de resistencias en serie y en paralelo

Cuando existen varias resistencias en serie o en paralelo es posible sustituirlas por una sola resistencia equivalente, para simplificar el circuito y facilitar los cálculos. Por ejemplo, en los dos cálculos anteriores pueden sustituirse las resistencias por la equivalente, lo que da como resultado un circuito, que se muestra en la figura 2.11. El valor de la resistencia equivalente se obtiene en las dos fórmulas siguientes, dependiendo de si las resistencias están en serie o en paralelo.

- Fórmula para la resistencia equivalente de resistencias en serie:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (2.4)$$

Donde:

R_1, R_2, R_3, R_n = Resistencias que están en serie en ohm.

R_{eq} = Resistencia equivalente a las resistencias en serie en ohm.

- Fórmula para la resistencia equivalente de resistencia en paralelo:

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad (2.5)$$

Donde:

R_1, R_2, R_3, R_n = Resistencias que están en paralelo en ohm.

R_{eq} = Resistencia equivalente a las resistencias en paralelo en ohm.

A modo de ejemplo vamos a volver a calcular la corriente que proporciona la fuente en los circuitos de las figuras 2.9 y 2.10 empleando las resistencias equivalentes:

a) Circuito de la figura 2.9:

$$R_{eq} = 2 \, \Omega + 10 \, \Omega + 2 \, \Omega = 14 \, \Omega$$

Observando el circuito de la figura 2.1, por la Segunda Ley de Kirchhoff y la Ley de Ohm, tenemos:

$$V_f = I R_{eq}$$

Despejando I :

$$I = \frac{V_f}{R_{eq}}$$

$$I = \frac{35 \, V}{14 \, \Omega} = 2,5 \, A$$

Como se puede observar, se obtiene el mismo resultado que el calculado anteriormente.

b) Circuito de la figura 2.10:

$$R_{eq} = \frac{1}{1/(5 \Omega) + 1/(10 \Omega) + 1/(8 \Omega)} = 2,352 \Omega$$

Observando el circuito de la figura 2.11, por la Segunda Ley de Kirchhoff y la Ley de Ohm, tenemos:

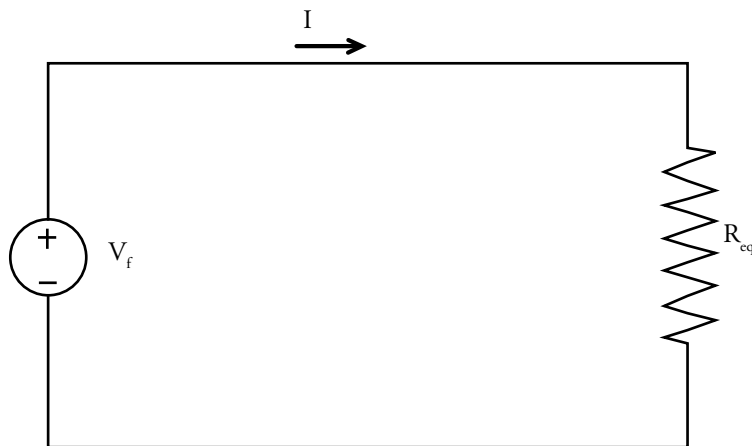
$$V_f = I R_{eq}$$

Despejando I:

$$I = \frac{V_f}{R_{eq}}$$

$$I = \frac{35 V}{2,352 \Omega} = 14,88 A$$

Como se puede observar, se obtiene el mismo resultado que el calculado anteriormente.



R_{eq} = Resistencia equivalente

V_f = Tensión de la fuente

I = Corriente proporcionada por la fuente

Figura 2.11. Circuito equivalente de resistencias en serie o en paralelo.

Usando las resistencias equivalentes, pueden simplificarse circuitos más complicados, como el que se muestra en la figura 2.12. A modo de ejemplo, vamos a obtener la corriente que proporciona la fuente en este circuito, empleando resistencias equivalentes.

- Primero calculamos la resistencia equivalente del paralelo de las resistencias R_3 , R_4 y R_5 y la llamamos R_{eq1} :

$$R_{eq1} = \frac{1}{1/(4 \Omega) + 1/(2 \Omega) + 1/(8 \Omega)} = 1,143 \Omega$$

- El circuito equivalente se muestra en la figura 2.13. En este circuito las resistencias R_1 , R_2 y R_{eq1} se encuentran en serie. Calculamos la resistencia equivalente de este circuito, a la cual llamamos R_{eq2} , y da como resultado:

$$R_{eq2} = 2 \, \Omega + 5 \, \Omega + 1,143 \, \Omega = 8,143 \, \Omega$$

- El circuito equivalente se muestra en la figura 2.14. Para calcular la corriente que proporciona la fuente, empleamos la Segunda Ley de Kirchoff y la Ley de Ohm:

$$V_f = I R_{eq2}$$

Despejando I:

$$I = \frac{V_f}{R_{eq2}}$$

$$I = \frac{50 \, V}{8,143 \, \Omega} = 6,14 \, A$$

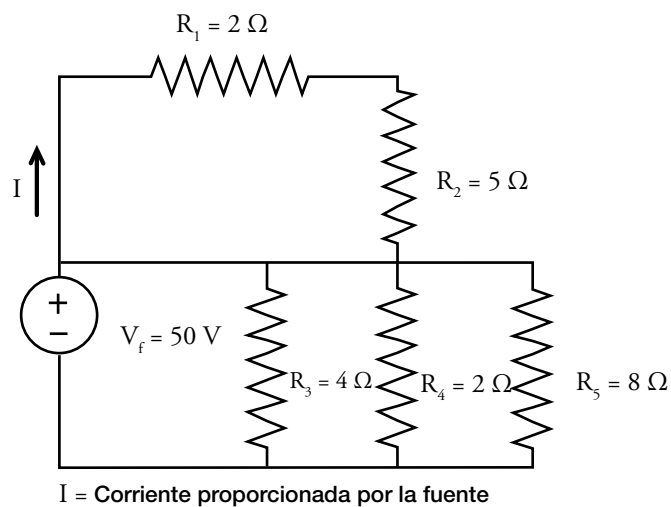


Figura 2.12. Circuito con cinco resistencias.

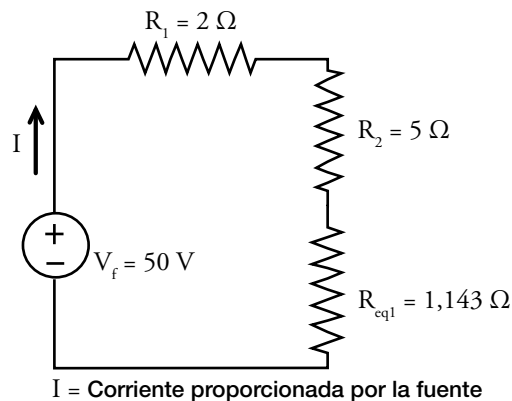


Figura 2.13. Circuito con la resistencia equivalente del paralelo de la figura 2.12.

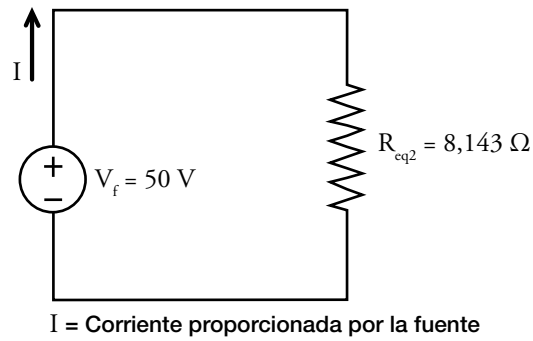


Figura 2.14. Resistencia equivalente del circuito de la figura 2.12.

CIRCUITOS MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS

En corriente alterna los circuitos pueden ser de una o más fases. Cuando son de una fase se les llama *monofásicos* y cuando son de tres fases se les llama *trifásicos*. En la figura 2.15 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 2.16 se muestra cómo varía con el tiempo el voltaje o la corriente senoidal en el circuito monofásico.

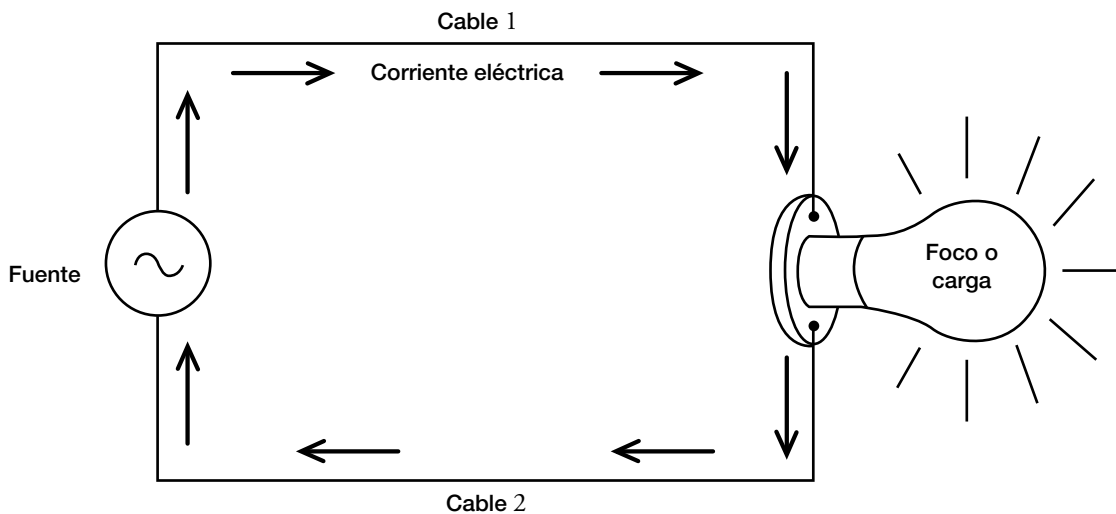


Figura 2.15. Circuito monofásico de corriente alterna.

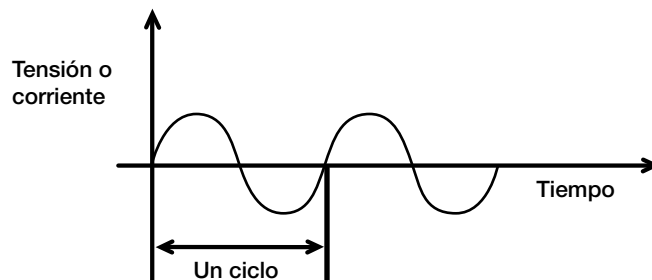


Figura 2.16. Voltaje o corriente en un circuito monofásico.

Existen dos tipos de circuitos trifásicos: con conexión en estrella, como el de la figura 2.17, y con conexión en delta, como el de la figura 2.18. Como se puede apreciar en las figuras, un circuito trifásico es como tener tres circuitos, cada uno con una fuente de voltaje y una carga, y conectados entre sí. Para diferenciar a los cables de los circuitos trifásicos, se les da el nombre de fase A, fase B y fase C. Los voltajes de cada fuente son de la misma magnitud y están desfasados como se muestra en la figura 2.19. El significado de las curvas en la figura 2.19 es el siguiente:

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

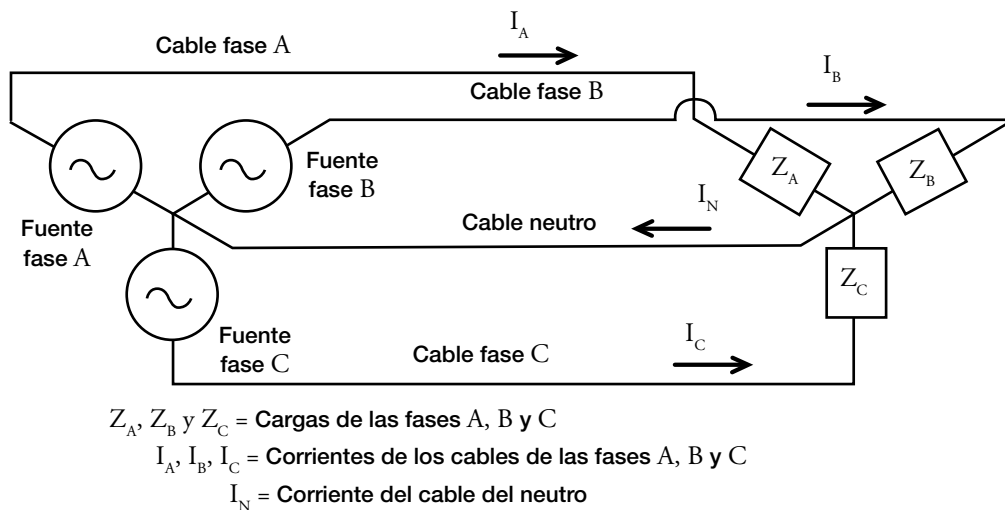


Figura 2.17. Circuito trifásico de corriente alterna con conexión en estrella.

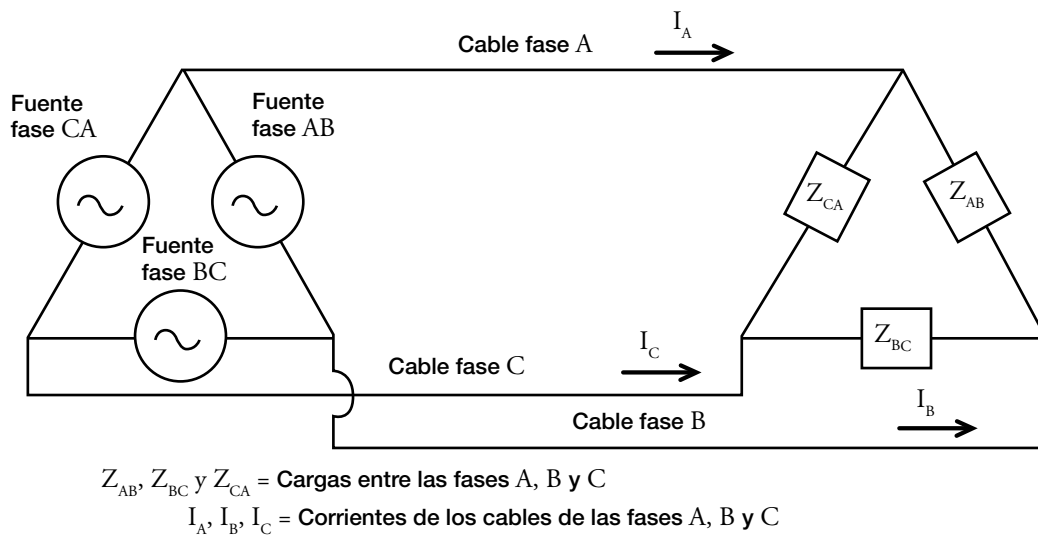


Figura 2.18. Circuito trifásico de corriente alterna con conexión en delta.

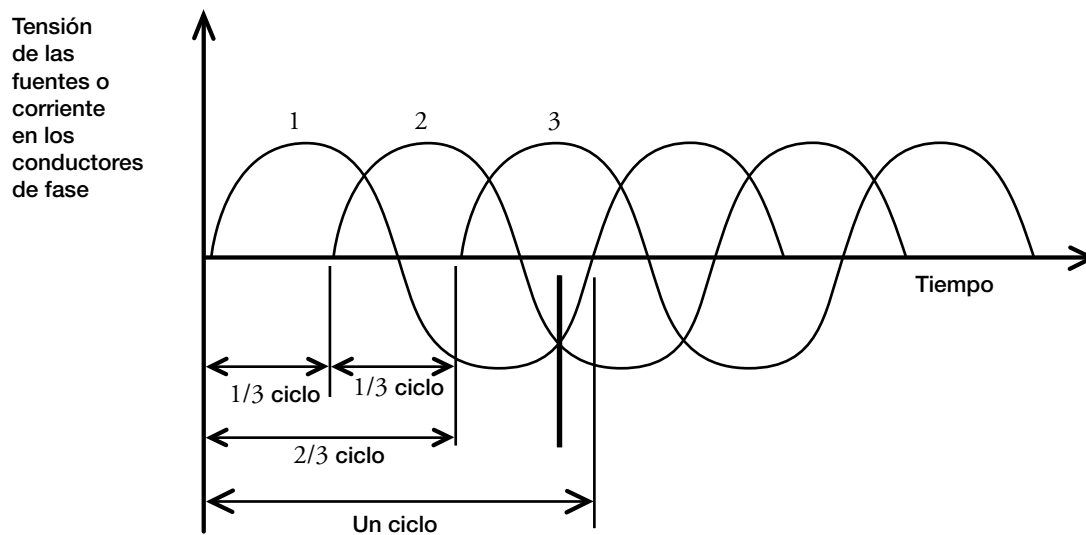


Figura 2.19. Voltajes o corrientes en un sistema trifásico balanceado.

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 desbalanceo, es decir, de la diferencia que exista en las cargas de las fases A, B y C.

En la figura 2.20 se muestra la relación que existe entre la magnitud de los voltajes entre los conductores de fase o voltaje de fase a fase, y la magnitud de los voltajes entre los conductores de fase y el neutro, llamado *voltaje de fase a neutro*, para los circuitos con conexión en estrella. Por ejemplo, a las casas llegan dos conductores de la compañía suministradora: uno es una fase y el otro es el neutro de un sistema con conexión en estrella. El voltaje en las casas es de 127 V y es un voltaje de fase a neutro. El circuito trifásico que origina los circuitos que alimentan las casas tiene un voltaje de fase a fase de $1,73 \times 127 \text{ V} = 220 \text{ V}$.

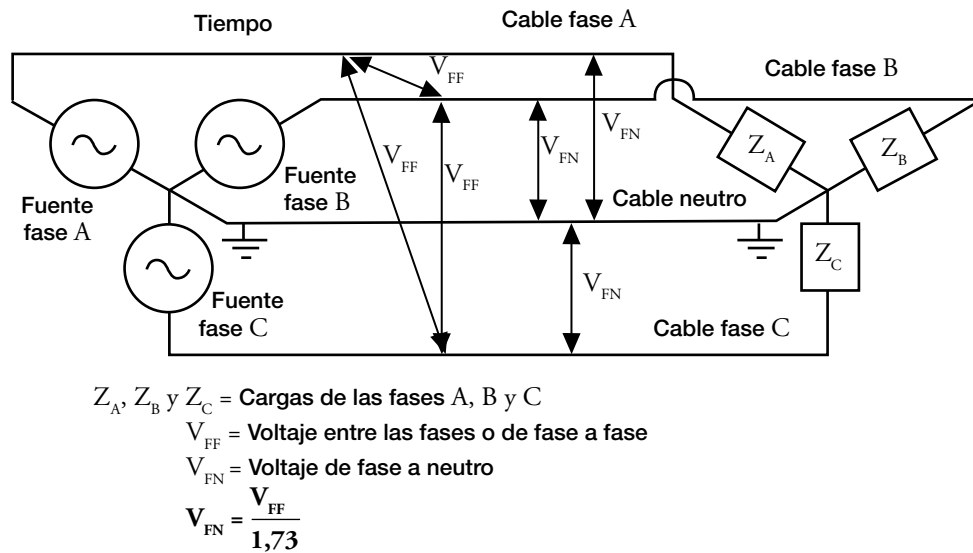


Figura 2.20. Relación entre voltajes en un circuito trifásico con conexión en estrella.

En un circuito trifásico se considera que las tres fuentes son una sola y ésta puede ser, por ejemplo, un generador trifásico o un transformador trifásico. En estos circuitos puede haber cargas trifásicas –por ejemplo motores que estén conectados a los tres cables de fase– en lugar de cargas independientes conectadas entre cada conductor de fase y el neutro, en sistemas en estrella; o entre las fases, en sistemas en delta.

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 y que está descrito por la siguiente fórmula:

$$Q = I^2 R \quad (2.6)$$

Donde:

Q = Pérdida de energía en forma de calor en el equipo o cable en watts

I = Corriente que pasa por el equipo o cable en amperes

R = Resistencia eléctrica del equipo o del cable en ohms

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.

Sobrecargas

Son corrientes generalmente continuas, producidas por operar equipos o circuitos a valores más altos que su capacidad máxima de corriente. Un ejemplo de esto es conectar muchos equipos, como planchas, lámparas, televisiones, etcétera, a una toma de corriente o receptáculo, excediendo la capacidad de conducción de corriente del circuito. En la figura 2.21 se muestra un ejemplo de una sobrecarga en un circuito:

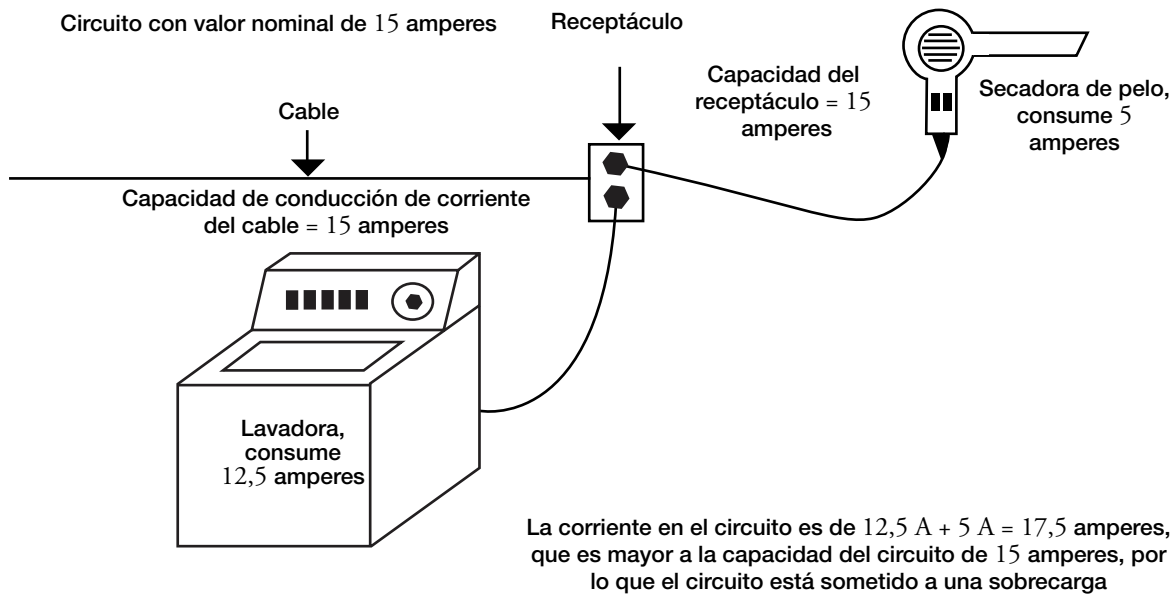


Figura 2.21. Ejemplo de una sobrecarga en un circuito.

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:

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.7)$$

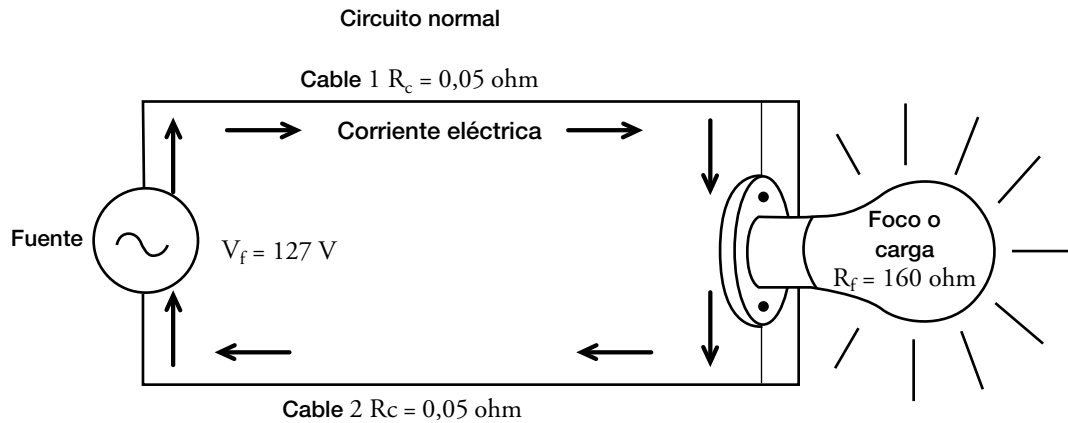
Donde:

I = Corriente que circula por el circuito en amperes

V = Tensión que proporciona la fuente al circuito en volts

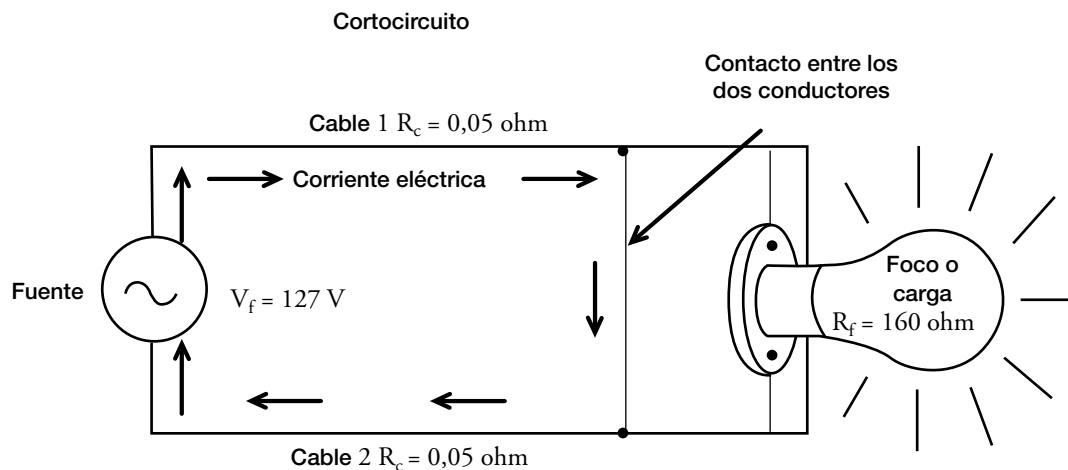
R = Resistencia del circuito corto en ohms

En la figura 2.22 se muestra un ejemplo de un cortocircuito.



$$\text{Resistencia total del circuito} = R_t = 160 \text{ ohm} + 0,05 \text{ ohm} \times 2 = 160,1 \text{ ohm}$$

$$\text{Corriente total en el circuito} = \frac{V_f}{R_t} = \frac{127 \text{ V}}{160,1 \text{ ohm}} = \boxed{0,79 \text{ amperes}}$$



$$\text{Resistencia total del circuito} = R_t = 160 \text{ ohm} + 0,05 \text{ ohm} \times 2 = 0,1 \text{ ohm}$$

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

Figura 2.22. Ejemplo de un cortocircuito.

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 2.23.

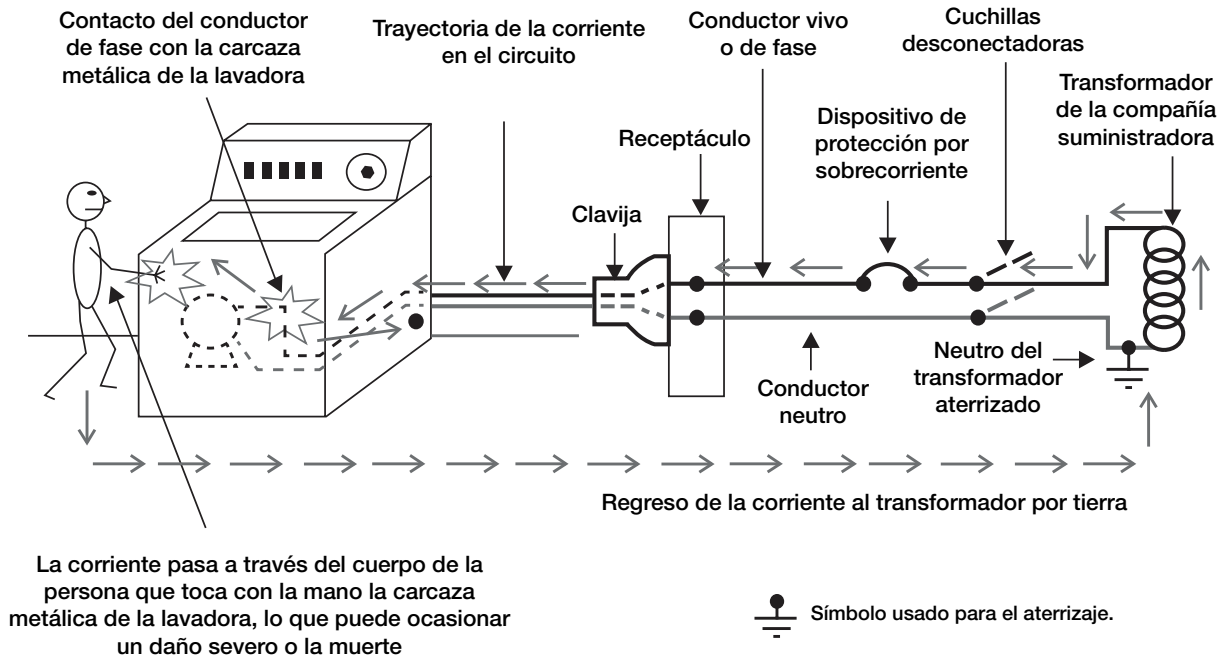


Figura 2.23. Peligro de una falla a tierra en un sistema no aterrizado correctamente.

Para evitar que la corriente pase a través del cuerpo de una persona cuando se produce una falla a tierra, se aterrizan 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 (véase la figura 2.24).

Aterrizar significa conectar eléctricamente, por medio del conductor de tierra, a la tierra física. Esta conexión a la tierra física se lleva a cabo a través de un electrodo enterrado en ella, el cual es llamado *electrodo de puesta a tierra*.

El aterrizaje o 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.

Es importante mencionar que hay equipos que no requieren aterrizaje sus partes metálicas o conductoras, ya que tienen doble aislamiento, por ejemplo televisiones, videocaseteras, etc. Estos equipos no cuentan con el conductor de tierra en su cordón de conexión, y sus clavijas sólo tienen dos puntas metálicas para conexión al receptáculo: una para el conductor vivo (punta más pequeña) y otra para el conductor neutro (punta grande).

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 (véase la figura 2.25). Esto se lleva a cabo con la finalidad de que, cuando se presente una falla a tierra, se produzca un cortocircuito que haga operar el dispositivo de protección contra sobrecorriente que se encuentra en el conductor vivo o de fase del circuito. El puente de unión debe colocarse 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 de la tierra física –que existe entre el electrodo de puesta a tierra y el electrodo donde se encuentra aterrizado 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 (véase la figura 2.24).

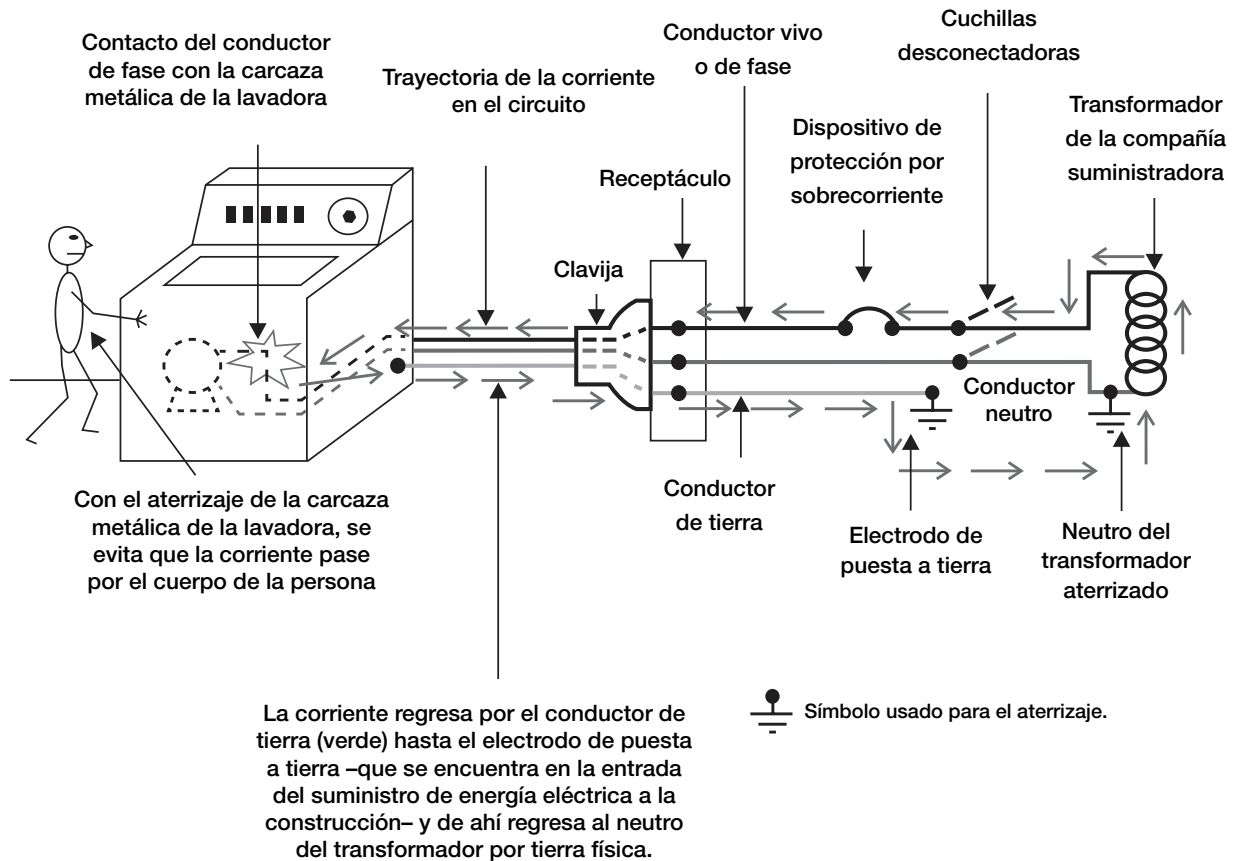


Figura 2.24. Aterrizaje de partes metálicas para proteger a las personas.

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.

En la figura 2.26 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 aterrizados, 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 (véase la figura 2.27). 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.

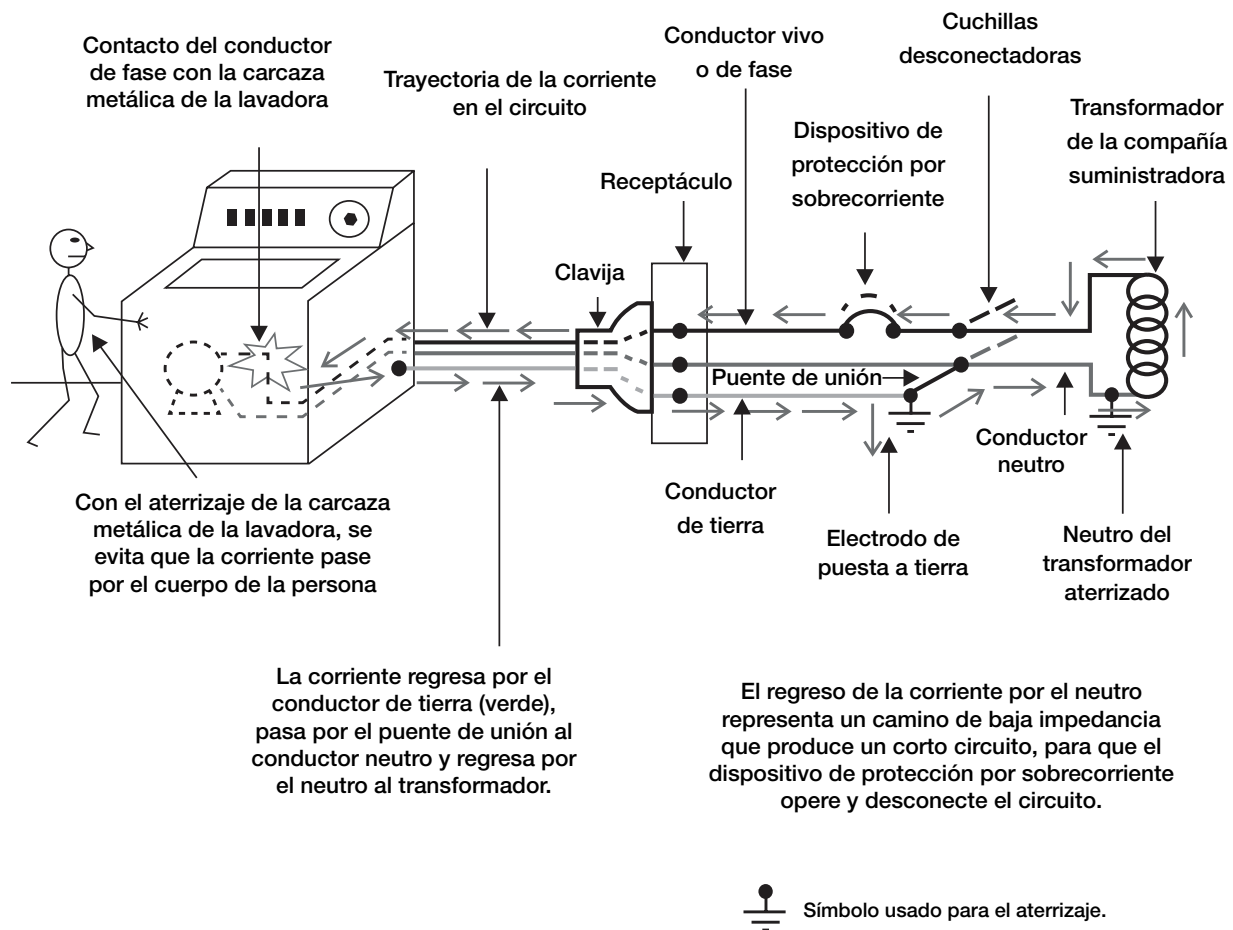


Figura 2.25.

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 aterrizado o neutro, y el conductor de tierra, la NOM-001-SEDE-2005 establece el siguiente código de colores para el aislamiento:

- Conductor aterrizado 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.

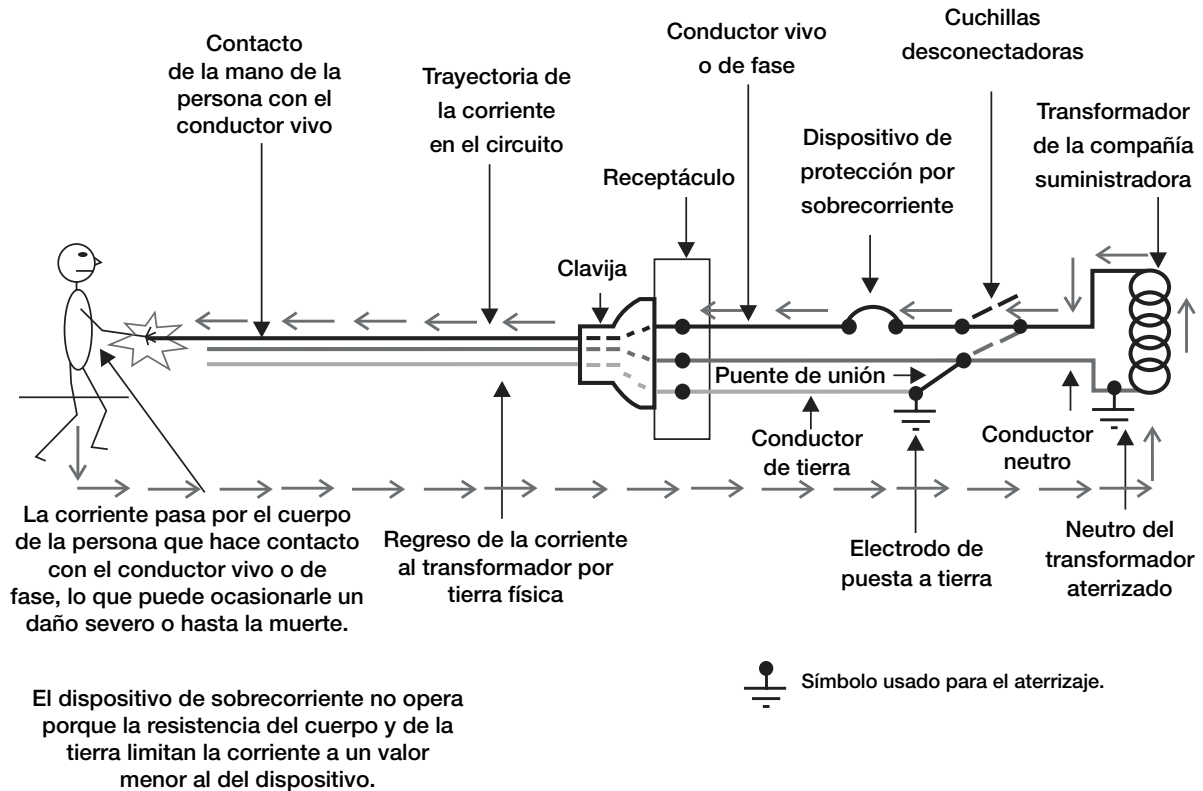


Figura 2.26. Peligro del contacto de una persona con un conductor vivo o de fase.

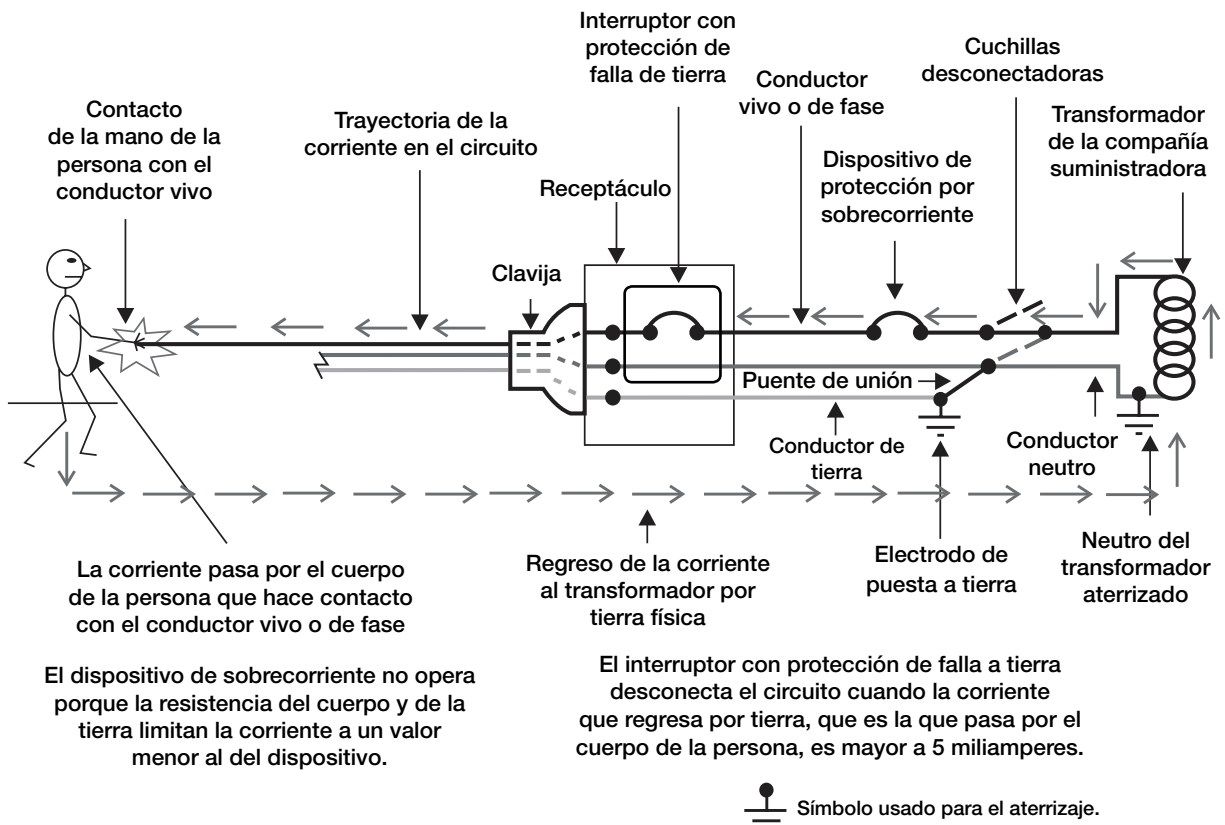


Figura 2.27. Operación del interruptor con protección de falla a tierra.

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.

Para entender mejor el significado de las definiciones anteriores, en la figura 2.28 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.
 - o **Acometida:** Conductores de acometida que conectan la red del suministrador (Comisión Federal de Electricidad o Luz y Fuerza del Centro) al alambrado del inmueble a servir.
 - o **Conductores de acometida:** Conductores comprendidos desde el punto de acometida hasta el medio de desconexión de la acometida.
 - o **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.
 - o **Equipo de utilización:** Equipo que transforma, con cierta eficiencia, la energía eléctrica en energía mecánica, química, calorífica, luminosa u otras.

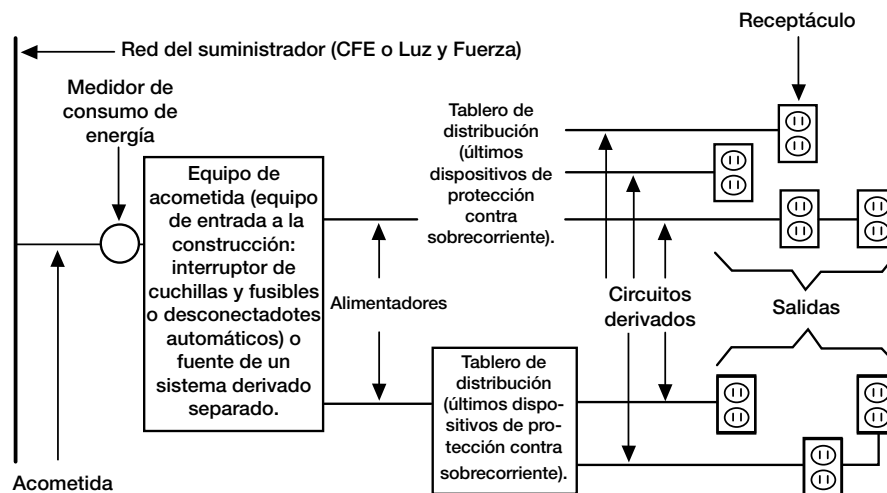


Figura 2.28. Circuitos alimentadores y derivados.

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 2.29 se presenta un diagrama con las partes principales de este sistema, las cuales vamos a describir a continuación:

- 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.

El voltaje 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.

$$P = VI \quad (2.8)$$

Donde:

P = Potencia eléctrica transmitida en watts.

V = Voltaje de transmisión en volts.

I = Corriente transmitida en amperes.

Como puede apreciarse en la fórmula 2.8, para una potencia transmitida constante: a mayor voltaje 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 (véase la fórmula 2.6: $Q = I^2 R$). Esta es la razón por la cual el voltaje 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 el voltaje para transmitirlo se llaman subestaciones, y básicamente están compuestas de equipos llamados transformadores que incrementan el voltaje. Los voltajes 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, el voltaje es reducido en subestaciones para poder distribuirlo de manera más segura. En México los voltajes 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 el voltaje de transmisión.
- d) **Sistema de distribución secundaria:** Para poder utilizar la energía eléctrica, el voltaje de distribución primaria es reducido a valores seguros para su uso. La reducción del voltaje se lleva a cabo mediante transformadores. El voltaje más común en México para distribución secundaria es de 220 V de fase

a fase. Como son sistemas en estrella, el voltaje de fase a neutro es de $220\text{ V}/1,73 = 127\text{ V}$ (véase la figura 2.20), 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.

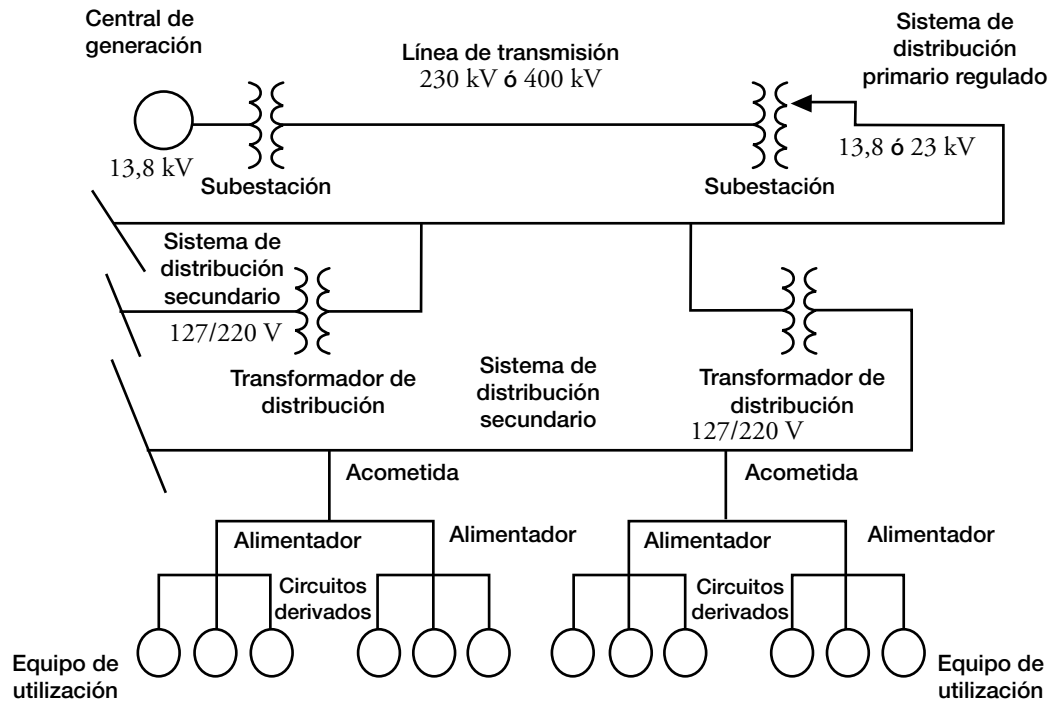


Figura 2.29. Sistema eléctrico típico para la generación, transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica.

POTENCIA REAL Y POTENCIA APARENTE EN CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

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

$$P = VI \quad (2.8)$$

Donde:

P = Potencia eléctrica en watts

V = Voltaje 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:

$$PA = VI \quad (2.9)$$

- En circuitos trifásicos:

$$PA = \sqrt{3} VI \quad (2.10)$$

Donde:

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

V = Voltaje en volts. Para circuitos monofásicos es igual al voltaje de fase a neutro y para circuitos trifásicos es igual al voltaje de fase a fase

I = Corriente de línea en amperes

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

$$P = PA F_p \quad (2.11)$$

Donde:

P = Potencia eléctrica real en watts

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

F_p = 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:

$$I = \frac{PA}{V} \quad (2.12)$$

Donde:

I = Corriente de línea en amperes

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

V = Voltaje de fase a neutro en volts

- En circuitos trifásicos:

$$I = \frac{PA}{\sqrt{3} V} \quad (2.13)$$

Donde:

I = Corriente de línea en amperes

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

V = Voltaje de fase a fase en volts



Componentes de las instalaciones eléctricas

Para la realización física de una instalación eléctrica se emplea una gran cantidad de equipo y material eléctrico.

Cualquier persona que se detenga a observar una instalación eléctrica podrá notar que existen varios elementos, algunos visibles o accesibles y otros no.

El conjunto de elementos que intervienen desde el punto de alimentación o acometida de la compañía suministradora (LyFC o CFE) hasta el último punto de una casa habitación, comercio, bodega o industria en donde se requiere el servicio eléctrico, constituye lo que se conoce como los componentes de la instalación eléctrica.

En el tema anterior se mencionó que un circuito eléctrico está constituido en su forma más elemental por una fuente de voltaje o de alimentación, 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 instalación eléctrica práctica, ya que, por ejemplo, los conductores eléctricos normalmente van dentro de tubos metálicos o de PVC que se conocen genéricamente como tubos (conduit); los apagadores se encuentran montados sobre cajas, las lámparas se alimentan de cajas metálicas similares a las usadas en los apagadores y también en los contactos; y asociados a estos elementos se tienen otros componentes menores, así como toda una técnica de selección y montaje.

Los elementos que estudiaremos brevemente son:

- Conductores eléctricos.
- Interruptores.
- Fusibles.
- Centros de carga.
- Contactos y apagadores.
- Lámparas.
- Canalizaciones y accesorios.

Por otra parte, todos los elementos usados en las instalaciones eléctricas deben cumplir con ciertos requisitos, no sólo técnicos, también de uso y presentación, para lo cual deben acatar las disposiciones que establece la Norma Oficial de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE.

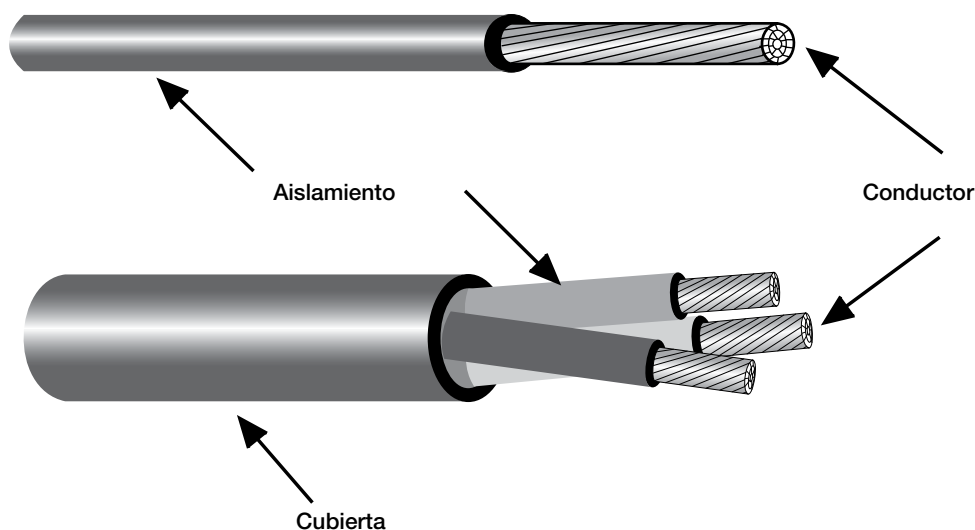
Todos estos elementos se identifican en un plano o diagrama eléctrico por medio de símbolos. A continuación haremos una breve descripción de estos elementos y al final del tema ilustraremos el punto de los diagramas y planos eléctricos con su simbología.

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:
 - o **Rígida:** Conductor formado por un alambre.
 - o **Semiflexible:** Conductor formado por un cable (cableado clase B o C).
 - o **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 esta cubierta externa es de policloruro de vinilo (PVC) y se aplica en cables multiconductores.



Como hemos visto, los cables para la industria de la construcción están formados por un conductor de cobre suave de alta pureza, un aislamiento a base de policloruro de vinilo (PVC), etileno-propileno (EP), polietileno de cadena cruzada (XLP) o elastomérico (CP).

En el caso de cables multiconductores, éstos cuentan con una cubierta externa a base de policloruro de vinilo o polietileno clorado (CP).

Hablemos de las propiedades y características que deben tener los elementos de estos cables.

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 ² /m	17,241 x 10 ⁻³	28,264 x 10 ⁻³
Coefficiente de variación de la resistividad eléctrica a 20 °C, por cada 20 °C	3,9 x 10 ⁻³	4,03 x 10 ⁻³
Densidad a 20 °C, g/cm ³	8,89	2,70
Coefficiente de dilatación lineal a 20 °C, por cada 20 °C	17 x 10 ⁻⁶	23 x 10 ⁻⁶
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

¿Por qué el cobre es el metal que se prefiere en la elaboración de conductores eléctricos?

Hay muchas razones técnicas que respaldan el uso del cobre como material para los conductores eléctricos, pero la principal es la confiabilidad probada que éste posee.

Las razones de éxito que ha tenido el cobre se basan en su conductividad eléctrica y sus propiedades mecánicas, puesto que su capacidad de conducción de corriente lo convierte en el más eficiente conductor eléctrico, en términos económicos.

Podemos asegurar que el cobre –debido a su mayor capacidad de corriente para un calibre dado, a igual espesor de aislamiento que los cables de aluminio– puede instalarse en tubos (conduit), ductos, charolas o canaletas de menor tamaño. Es decir, los conductores de cobre minimizan los requerimientos de espacio.

Esto resulta útil si se toma en cuenta que un aumento en el diámetro de los tubos (conduit), ductos o canaletas, en conjunto con el espacio requerido por el alambrado, incrementa los costos de instalación al igual que todos los componentes que integran ésta (por ejemplo las cajas de conexión, chالupas, etcétera).

El aluminio ha tenido éxito como conductor eléctrico en líneas de transmisión y distribución aéreas, pero no así como conductor eléctrico para cables de baja tensión en aplicaciones de la industria de la construcción.

El aluminio presenta problemas en las conexiones debido a sus propiedades físicas y químicas, ya que bajo condiciones de calor y presión este material se dilata y, por tanto, se afloja en las conexiones.

Las terminales de equipos, aparatos, dispositivos, etc., son fabricadas con cobre, cobre estañado o aleaciones de cobre, los cuales en la tabla de electronegatividad tienen valores similares, en tanto el aluminio –al estar más alejado de ellos en esta tabla de electronegatividad– presenta problemas de corrosión galvánica.



Como conclusión podemos decir que el cobre, además de ser mejor conductor que el aluminio, es mecánica y químicamente más resistente. Lo anterior significa que soporta alargamientos (proceso de

instalación de los cables dentro de la canalización), reducción de sección por presión (en los puntos de conexión cuando el tornillo opresor sujeta a los conductores), mellas y roturas (en el proceso mecánico de conexión).

El óxido que se forma en las conexiones donde el conductor de aluminio no tiene aislamiento es de tipo no conductor, ocasionando puntos calientes en ellas y un riesgo en la instalación eléctrica.

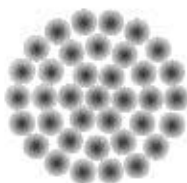
Flexibilidad

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) |



Alambre



Cable



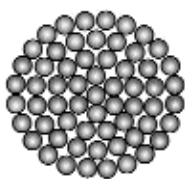
Cordón

Forma

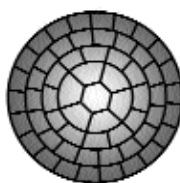
La forma geométrica de los conductores eléctricos es generalmente redonda, y dependiendo de su aplicación puede ser:



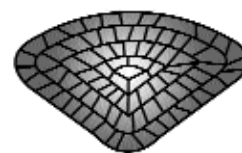
Sólido



Redondo sin compactar



Redondo compacto



Sectorial

Dimensiones

El tamaño o sección transversal o calibre de los conductores eléctricos debe indicarse en mm^2 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^2 .

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.

En las siguientes tablas encontraremos las secciones o calibres, diámetros de conductores y las resistencias eléctricas en corriente alterna y directa.

Tabla 1
Construcción normal de cables concéntricos de cobre clase B y C

Área de la sección transversal nominal mm ²	Calibre AWG-kcmil	Número de alambres		Diámetro de los alambres mm		Diámetro exterior nominal del cable mm		Masa kg/km
		Clase B	Clase C	Clase B	Clase C	Clase B	Clase C	
2,082	14	7	19	0,615	0,347	1,85	1,87	18,88
3,307	12	7	19	0,776	0,471	2,33	2,36	29,99
5,260	10	7	19	0,978	0,594	2,93	2,97	47,70
8,367	8	7	19	1,234	0,749	3,70	3,75	75,87
13,300	6	7	19	1,555	0,944	4,67	4,72	120,60
21,150	4	7	19	1,961	1,191	5,88	5,96	191,4
33,620	2	7	19	2,473	1,501	7,42	7,51	304,9
53,480	1/0	19	19	1,893	1,357	9,47	9,50	484,9
67,430	2/0	19	19	2,126	1,523	10,63	10,66	611,4
85,010	3/0	19	19	2,387	1,710	11,94	11,97	770,9
107,200	4/0	19	19	2,680	1,921	13,40	13,45	972,1
126,700	250	37	37	2,088	1,626	14,62	14,63	1 149
152,000	300	37	37	2,287	1,781	16,01	16,03	1 378
177,300	350	37	37	2,470	1,924	17,29	17,32	1 608
202,700	400	37	37	2,641	2,057	18,49	18,51	1 838
253,400	500	37	37	2,953	2,300	20,67	20,70	2 298
304,000	600	61	61	2,519	2,062	22,67	22,68	2 757
380,000	750	61	61	2,816	2,306	25,34	25,37	3 446
506,700	1 000	61	61	3,252	2,663	29,27	29,29	4 595

Tabla 2

Características dimensionales de los alambres de cobre suave

Área de la sección transversal nominal mm ²	Calibre AWG	Diámetro exterior nominal mm	Masa kg/km
2,082	14	1,628	18,50
3,307	12	2,052	29,40
5,260	10	2,588	46,77
8,367	8	3,264	74,38
13,300	6	4,115	118,20

Tabla 3

Resistencia eléctrica de conductores de cobre suave cableados clases B y C

Área de la sección transversal nominal mm ²	Calibre AWG-kcmil	Resistencia eléctrica ohm/km				
		Corriente directa	Corriente alterna			
		20 °C	20 °C	60 °C	75 °C	90 °C
2,082	14	8,4500	8,45	9,72	10,28	10,77
3,307	12	5,3200	5,32	6,12	6,47	6,78
5,260	10	3,3400	3,34	3,84	4,06	4,26
8,367	8	2,1000	2,10	2,41	2,55	2,67
13,300	6	1,3200	1,32	1,51	1,60	1,68
21,150	4	0,8320	0,832	0,957	1,01	1,06
33,620	2	0,5230	0,523	0,602	0,636	0,667
53,480	1/0	0,3290	0,329	0,379	0,401	0,420
67,430	2/0	0,2610	0,262	0,301	0,318	0,334
85,010	3/0	0,2070	0,208	0,239	0,253	0,265
107,200	4/0	0,1640	0,166	0,191	0,202	0,211
126,700	250	0,1390	0,141	0,163	0,172	0,180
152,000	300	0,1160	0,118	0,135	0,143	0,150
177,300	350	0,0992	0,104	0,120	0,126	0,133
202,700	400	0,0868	0,093	0,107	0,113	0,118
253,400	500	0,0694	0,078	0,090	0,095	0,100
304,000	600	0,0579	0,070	0,081	0,086	0,090
380,000	750	0,0463	0,065	0,074	0,079	0,083
506,700	1 000	0,0347	0,064	0,074	0,078	0,082

Tabla 4
Resistencia eléctrica de alambres de cobre suave

Área de la sección transversal nominal mm ²	Calibre AWG	Resistencia eléctrica ohm/km				
		Corriente directa	Corriente alterna			
		20 °C	20 °C	60 °C	75 °C	90 °C
2,082	14	8,28	8,28	9,52	10,07	10,56
3,307	12	5,21	5,21	5,99	6,33	6,64
5,260	10	3,28	3,28	3,77	3,99	4,18
8,367	8	2,06	2,06	2,37	2,50	2,62
13,300	6	1,30	1,30	1,49	1,58	1,65

Proceso de fabricación y pruebas de aseguramiento de la calidad

Cuando una persona no conoce de conductores eléctricos no sabe apreciar las diferencias entre una marca y otra. Sucede que se puede tener dos productos enfrente: uno de calidad y otro de mala calidad, pero al verlos del mismo tamaño, color, brillo, etc., no se aprecian a simple vista las diferencias para elegir el bueno.

Los productos de calidad siempre cumplen con los requisitos mínimos que establece la Norma Oficial Mexicana de Conductores Eléctricos NOM-063-SCFI y las Normas Mexicanas NMX-J. Para conocer los valores de las normas, usted puede llamar a nuestra fábrica y con gusto la Gerencia Técnica Comercial lo ayudará.

Para muchos clientes resulta más práctico acudir al fabricante para obtener la orientación que les permite distinguir un producto de calidad de uno de mala calidad.

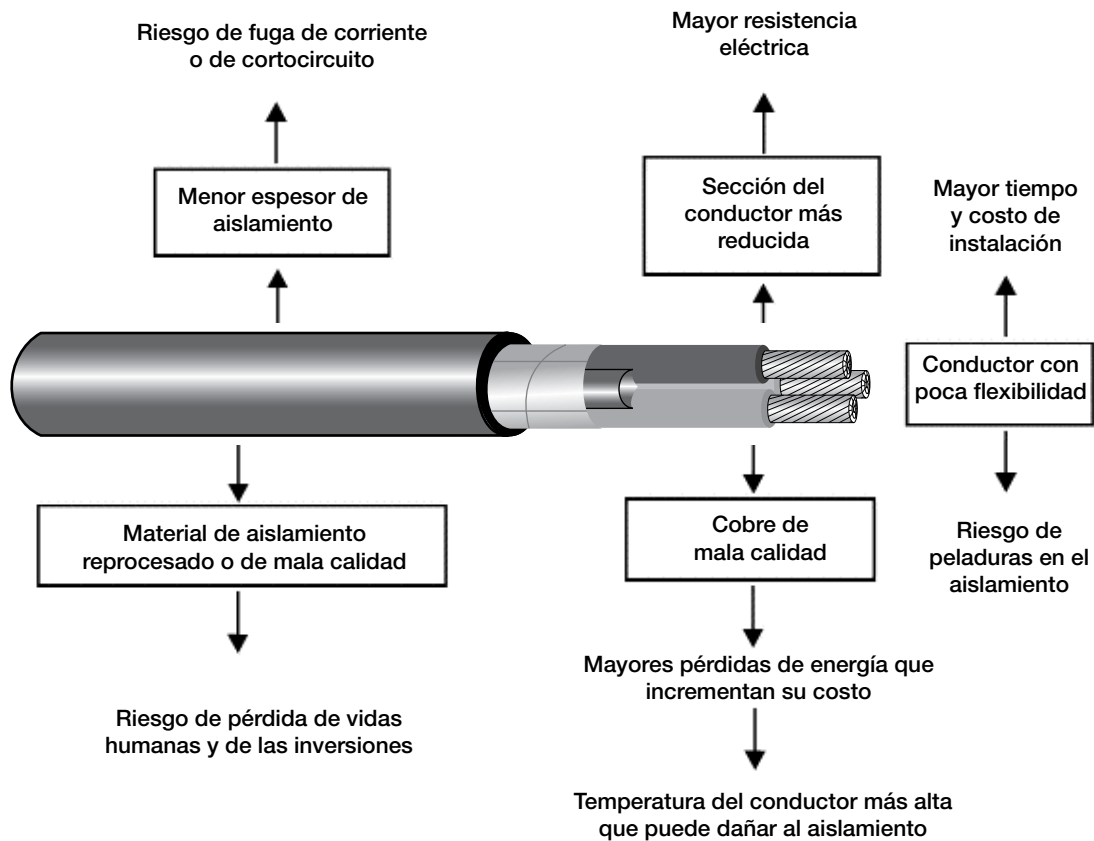
Los productos Condumex cuentan con la certificación de la Asociación de Normalización y Certificación AC (ANCE). También nuestro sistema de calidad está certificado bajo normas ISO 9001:2000.

Problemas ocasionados por conductores de mala calidad

Es común que se intente por todos los medios reducir los costos de una instalación eléctrica y generalmente se termina por comprar materiales de mala calidad sólo porque son más baratos.

Sin embargo, para que una instalación sea confiable y duradera, cuidando a su vez la economía, adquirir conductores eléctricos de bajo costo no es lo que resulta más barato, porque aunque su costo inicial sea menor, su utilización provoca que la instalación sea riesgosa, molesta (por la averías que se produzcan en ella), efímera (porque durará pocos años trabajando) y costosa (por las pérdidas de energía debido a los calentamientos excesivos).

Por eso, emplear conductores de mala calidad no significa un ahorro real, ya que aunque se paga menos por adquirirlos, se pagará más por utilizarlos, puesto que los problemas que ocasionan representan pérdidas de dinero (por reparación o reinstalación), de prestigio (porque el trabajo deberá repetirse en pocos años) y de clientes (por hacer trabajos de mala calidad).



Características de fabricación y calidad de los productos

Prueba	Producto de buena calidad	Razón	Producto de mala calidad	Causa	Consecuencias
Color del cobre	Rosa o naranja claro	Cobre de 99,96% de pureza	Naranja oscuro o café tenue	Cobre reprocesado y con impurezas	Mayor resistencia eléctrica que provoca calentamiento y disminuye la vida útil del cable
Tersura del conductor de cobre	Sin rayones ni impurezas	Proceso de estirado adecuado, cobre de buena calidad	Con rayones e impurezas	Cobre de mala calidad y/o mal procesado	Mayor resistencia eléctrica en algunos puntos del conductor que puede provocar fallas
Diámetro del conductor	Acorde con las normas	Cumplir con los reglamentos del país	Diámetro menor al especificado en las normas	Reducir el costo del producto	Los conductores con sección menor a la adecuada son un engaño al cliente y no son seguros porque se sobrecalientan

Prueba	Producto de buena calidad	Razón	Producto de mala calidad	Causa	Consecuencias
Número de hilos de cable o cordón	Acorde con las normas	Cumplir con los reglamentos del país	Menor número de hilos	Reducir el costo del producto	Disminuye la sección real del conductor, provocando fallas, calentamiento y desgaste prematuro
Paso de cableado	Acorde con las normas	Cables con flexibilidad y resistencias adecuadas	Cableado muy apretado o muy extendido	Mal proceso de fabricación	El cable tendrá mayor resistencia de la normal, provocando calentamiento y desgaste prematuro
Espesor del aislamiento	Acorde con las normas	Que la corriente esté bien aislada	Menos espesor del aislamiento	Reducir el costo del producto	La instalación tendrá un alto riesgo de falla, porque la corriente no está adecuadamente aislada
Centrado del conductor	Igual espesor de aislamiento en todo el conductor	Aislamiento bien aplicado	Menor espesor en algunas partes a lo largo del cable	Mal proceso de fabricación	Posibilidad de falla en algún punto del cable cuando pase una sobrecarga
Tersura del aislamiento	Aislamiento sin puntos duros o poros	PVC de buena calidad y bien procesado	Aislamiento con puntos duros, poros o grietas	PVC de mala calidad y/o mal procesado	Posibilidad de falla a tierra en periodos de sobrecarga
Suavidad del producto	Facilidad de manejo, pero no muy blando	Materia prima de calidad y proceso correcto	Conductores muy duros o tan blandos que se trozan al jalarlos	Materia prima de mala calidad y mal proceso	Dificultad en la instalación del cable, aumentando el tiempo y costo de la instalación
Cantidad de producto empacada	Lo especificado en la norma y empaque	Medidores de longitud correctos	Rollos de 95 m en lugar de 100 m	Reducir el precio del producto o maquinaria en mal estado	Fraude al cliente

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 ⁽¹⁾	Temperatura máxima de operación en el conductor, °C	Descripción
XHHW	75 en seco y mojado	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP), 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 (XLP), resistente a la presencia de agua y al calor.
RHW	75 en seco y mojado	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP), 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 (XLP), 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 (XLP), 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.

Con objeto de referenciar los productos Condumex en estas tablas, a continuación encontraremos su clasificación, por familias de aislamientos.

Familia	Aislamiento	Tipo	Temperatura de operación	Producto Condumex
Termoplásticos	PVC	THW-LS/THHW-LS	90 °C	Alambres y Cables Vinanel XXI RoHS ^{M.R.}
	PVC + Ny	THHN	90 °C	Alambres y Cables Vinanel ^{M.R.} Nylon RoHS
	PVC + Ny	THWN	75 °C	
Termofijos	EP	RHH	90 °C	Cables Vulcanel ^{M.R.} EP Antillama ^{M.R.}
	EP	RHW	75 °C	
	XLP	RHH	90 °C	Cables Vulcanel ^{M.R.} XLP Antillama ^{M.R.}
	XLP	RHW	75 °C	
	XLP	XHHW	75 °C	Cables Vulcanel ^{M.R.} XLP RoHS
	XLP	XHHW-2	90 °C	Cables Vulcanel ^{M.R.} XLP RoHS

Al hablar de la temperatura máxima de operación de un conductor, es necesario ser específico. Los conductores no se dañan inmediatamente al rebasar la temperatura máxima; esto significa que si un producto THW-LS en lugar de utilizarlo a 75 °C lo hacemos a 80 °C, no se abrirá ni se fundirá su aislamiento, pero sí se irá deteriorando con el tiempo, reduciendo su vida útil.

En forma general podemos decir que un aislamiento que se trabaje 10 °C por arriba de su temperatura de operación normal, reduce su vida útil a la mitad. Por esto es importante que los conductores sólo transporten la corriente para la que fueron diseñados, ya que de otra forma tendremos que cambiar la instalación en poco tiempo.

Presentación de productos, características y aplicaciones

La línea de Alambres y Cables para la Industria de la Construcción que manufactura *Grupo Condumex*, cuenta con una alta tecnología y desarrollos de vanguardia, logrando productos de la máxima confiabilidad y seguridad para las instalaciones eléctricas, con mayor vida útil y, en consecuencia, con el menor costo de operación disponible en el mercado.

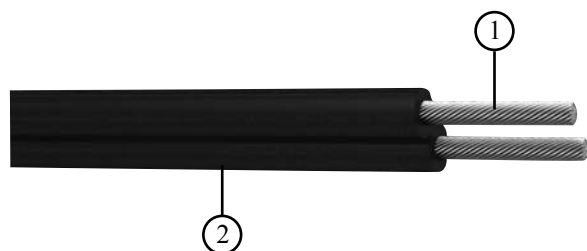
Línea de productos:

- Cordon dúplex flexible tipo SPT 60 °C, 300 V
- Alambres y cables Vinanel XXI RoHS^{M.R.} tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR
- Cable multiconductor Vinanel XXI^{M.R.} tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR
- Alambres y Cables Vinanel^{M.R.} Nylon RoHS tipo THHN/THWN 90 °C, 600 V CT-SR
- Cable Vulcanel^{M.R.} XLP tipo XHHW-2 LS CT-SR, RoHS, 90 °C, 600 V
- Cables Vulcanel^{M.R.} XLP tipo RHH/RHW 90 °C, 600 V
- Cables Vulcanel^{M.R.} EP-CPE tipo RHH/RHW 90 °C, 600 V
- Cordones Flexanel^{M.R.} uso rudo tipo SJT 60 °C, 300 V RoHS
- Cordones Flexanel^{M.R.} uso extra-rudo tipo ST 60 °C, 600 V RoHS
- Cordones uso rudo tipo SJO 90 °C, 300 V
- Cordones uso extra-rudo tipo SO 90 °C, 600 V

Los productos que contienen las siglas RoHS cuidan y protegen al medio ambiente y los seres vivos ya que en la formulación de sus aislamientos y/o cubiertas y en el proceso de manufactura, se cumple con la directiva RoHS (significa en español: restricción del uso de sustancias peligrosas) establecidas por la Comunidad Europea y el Estado de California entre otros.

Todos estos productos cumplen con la normatividad nacional de conductores eléctricos y su fabricación cumple lo dispuesto en la norma oficial mexicana de conductores eléctricos NOM-063-SCFI.

Nuestros productos cuentan con la certificación de la ANCE (Asociación de Normalización y Certificación A.C.). La confiabilidad de nuestros sistemas de calidad se basan en la norma ISO 9001:2000 y han sido reconocidos por diversos organismos nacionales e internacionales.



Cordón dúplex flexible tipo SPT
60 °C, 300 V

Descripción

1. Conductores flexibles de cobre suave.
2. Aislamiento a base de policloruro de vinilo (PVC) disponible en varios colores.

- Tiene identificación de polaridad a todo lo largo de uno de los conductores aislados.
- Su diseño moderno ofrece una apariencia agradable y en armonía con su entorno.

Recomendaciones

- No debe utilizarse directamente en instalaciones ocultas en paredes, techos o pisos.
- Aplicar lo dispuesto en la norma oficial mexicana de instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE.

Aplicaciones

Uso general para la alimentación de toda clase de lámparas de pie y de mesa, radios, televisores, equipos de sonido, calculadoras y aparatos electrodomésticos portátiles y de oficina.

Certificación

ANCE.

Tensión máxima de operación

300 V.

Normas

Temperatura máxima conductor

60 °C*.

* Pueden ofrecerse otras temperaturas de operación.

- NOM-063-SCFI.
- NMX-J-102-ANCE.

Datos para pedido

Propiedades

- Soporta frecuentes dobleces gracias a la flexibilidad de sus conductores y aislamiento.

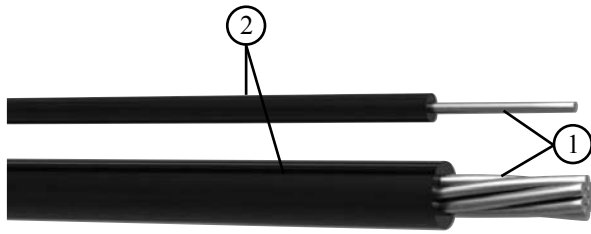
Cordón dúplex flexible tipo SPT 60 °C, 300V, calibre, color, longitud total en metros y número de producto.

Cordón dúplex flexible tipo SPT
60 °C, 300 V

Características dimensionales cordón dúplex flexible tipo SPT

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Color	Calibre AWG	Conductor			Espesor nominal de aislamiento mm	Dimensiones alto x ancho mm	Peso kg/km
					Número de hilos	Área mm ²	Diámetro mm			
382071	Caja	100	Blanco	18	16	0,823	1,22	0,76	3,2 x 5,8	28
382072	Caja	100	Café	18	16	0,823	1,22	0,76	3,2 x 5,8	28
382073	Caja	100	Gris	18	16	0,823	1,22	0,76	3,2 x 5,8	28
382041	Caja	100	Blanco	16	16	1,307	1,55	1,14	4,3 x 8,1	62
382042	Caja	100	Café	16	16	1,307	1,55	1,14	4,3 x 8,1	62
382043	Caja	100	Gris	16	16	1,307	1,55	1,14	4,3 x 8,1	62
382011	Caja	100	Gris	14	26	2,082	1,96	1,14	4,7 x 8,9	70
382012	Caja	100	Blanco	14	26	2,082	1,96	1,14	4,7 x 8,9	70
381981	Rollo	100	Gris	12	41	3,307	2,46	2,41	7,5 x 14,9	152

Nota: - Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.
- Clasificación de los cordones en función de su calibre: Calibre 18 AWG: SPT-1, Calibre 16 y 14 AWG: SPT-2 y Calibre 12 AWG: SPT-3.



Alambres y cables Vinanel XXI RoHS^{M.R.}
tipo THW-LS/THHW-LS
90 °C, 600 V CT-SR

Descripción

1. Conductor de cobre suave, sólido o cableado.
2. Aislamiento a base de policloruro de vinilo (PVC), tipos THW-LS/THHW-LS en colores.

Aplicaciones

El cable Vinanel XXI RoHS^{M.R.} tiene propiedades eléctricas, mecánicas químicas, térmicas y ecológicas que lo hacen único en el mercado eléctrico y ofrece el más alto desempeño, durabilidad y seguridad, con garantía de por vida por escrito en el inmueble en donde se instale.

Ideal para circuitos alimentadores y derivados en instalaciones eléctricas en casas habitación, lugares de concentración pública (edificios de oficinas, hospitales, bancos, hoteles, cines, etc.), industrias, etc.

Es adecuado para instalaciones en interiores o exteriores expuestas directamente a la luz solar. Puede instalarse en charolas (a partir del calibre 4 AWG), tubos (conduit), canaletas, ductos o trincheras.

Este producto cuida y protege al medio ambiente y los seres vivos ya que en la formulación del aislamiento y en el proceso de manufactura se cumple con la directriz RoHS (restricción del uso de sustancias peligrosas) establecida por la Comunidad Europea y el Estado de California entre otros.

Tensión máxima de operación

600 V ca entre fases.

Temperatura máxima conductor

- En ambiente húmedo: 75 °C.
- En ambiente seco: 90 °C.
- En sobrecarga: 105 °C.
- En cortocircuito: 150 °C.

Normas

- NOM-063-SCFI.
- NMX-J-010-ANCE.

Certificaciones

- Sistema de calidad certificado con ISO 9001:2000.
- Certificación ANCE del producto.

Propiedades

Conductor flexible que permite manejarlo, instalarlo y acomodarlo con mayor facilidad en canalizaciones, equipos y accesorios eléctricos.

El producto Vinanel XXI RoHS^{M.R.} proporciona la máxima seguridad y calidad en instalaciones eléctricas por lo siguiente:

- Supera prueba de flama vertical de norma NMX-J-192 (FV-1), por lo cual el producto puede grabarse opcionalmente como FT1.
- Supera prueba de flama vertical de norma NMX-J-192 (FV-2), por lo cual el producto puede grabarse opcionalmente como FV2 (VW-1).
- Supera prueba de flama horizontal de norma NMX-J-192, por lo cual el producto puede grabarse opcionalmente como FH.
- Supera prueba de flama en charola vertical de norma NMX-J-010 (con medición de humos oscuros), por lo cual el producto se graba como CT.
- Supera prueba de flama en charola vertical de norma NMX-J-498 (sin medición de humos oscuros), por lo cual el producto puede grabarse opcionalmente como FT4.
- Supera prueba de no propagación del incendio de norma NMX-J-093.
- Supera pruebas de emisión de humos densos y oscuros de norma NMX-J-010, por lo cual el producto puede grabarse opcionalmente como ST1.
- Supera pruebas de emisión de humos densos, oscuros, tóxicos y corrosivos de normas NMX-J-472 y NMX-J-474, por lo cual el producto se graba como LS.
- Supera prueba de resistencia a la intemperie de norma NMX-J-010, por lo cual el producto se graba como SR.
- Supera pruebas de resistencia al aceite a 60 °C y a la gasolina de norma NMX-J-010, por lo cual

el producto puede grabarse opcionalmente como PR1 y GR1.

- Excelente resistencia a los efectos de la humedad
- Gran resistencia a grasas, calor y bajas temperaturas.
- Excelentes propiedades dieléctricas.
- Deslizante, facilitando la instalación y reduciendo el daño al mismo.
- Gran resistencia a la abrasión.
- Garantía de por vida por escrito.

Datos para pedido

Alambre o cable Vinanel XXI RoHS^{M.R.} tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR, calibre, color, número de producto, tipo de empaque y longitud en metros.



Alambres y cables Vinanel XXI RoHS^{M.R.}
tipo THW-LS/THHW-LS
90 °C, 600 V CT-SR

Características constructivas alambres Vinanel XXI RoHS^{M.R.}

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Color	Calibre AWG kcmil	Conductor		Espesor nominal de aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
					Área mm ²	Diámetro mm			
363121	Caja	100	Negro	14	2,082	1,6	0,76	3,3	26
363122	Caja	100	Blanco	14	2,082	1,6	0,76	3,3	26
363123	Caja	100	Rojo	14	2,082	1,6	0,76	3,3	26
363125	Caja	100	Verde	14	2,082	1,6	0,76	3,3	26
363091	Caja	100	Negro	12	3,307	2,0	0,76	3,7	38
363092	Caja	100	Blanco	12	3,307	2,0	0,76	3,7	38
363093	Caja	100	Rojo	12	3,307	2,0	0,76	3,7	38
363095	Caja	100	Verde	12	3,307	2,0	0,76	3,7	38
363061	Caja	100	Negro	10	5,261	2,6	0,76	4,2	58
363062	Caja	100	Blanco	10	5,261	2,6	0,76	4,2	58
363063	Caja	100	Rojo	10	5,261	2,6	0,76	4,2	58
363065	Caja	100	Verde	10	5,261	2,6	0,76	4,2	58
363031	Caja	100	Negro	8	8,367	3,2	1,14	5,6	96
363032	Caja	100	Blanco	8	8,367	3,2	1,14	5,6	96
363033	Caja	100	Rojo	8	8,367	3,2	1,14	5,6	96

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Alambres y cables Vinanel XXI RoHS^{M.R.}
 tipo THW-LS/THHW-LS
 90 °C, 600 V CT-SR

Características constructivas cables Vinanel XXI RoHS^{M.R.}

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Color	Calibre AWG-kcmil	Conductor			Espesor nominal de aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
					Número de hilos	Área mm ²	Diámetro mm			
361921	Caja	100	Negro	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361922	Caja	100	Blanco	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361923	Caja	100	Rojo	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361924	Caja	100	Verde	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361925	Caja	100	Gris	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361926	Caja	100	Azul	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361931	Carrete	1 000	Negro	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361932	Carrete	1 000	Blanco	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361933	Carrete	1 000	Rojo	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361934	Carrete	1 000	Verde	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361935	Carrete	1 000	Gris	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361936	Carrete	1 000	Azul	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361941	Carrete	500	Negro	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361942	Carrete	500	Blanco	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361943	Carrete	500	Rojo	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361944	Carrete	500	Verde	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361945	Carrete	500	Azul	14	19	2,08	1,8	0,80	3,5	29
361891	Caja	100	Negro	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361892	Caja	100	Blanco	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361893	Caja	100	Rojo	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361894	Caja	100	Verde	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361895	Caja	100	Gris	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361896	Caja	100	Azul	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361901	Carrete	1 000	Negro	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361902	Carrete	1 000	Blanco	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361903	Carrete	1 000	Rojo	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361904	Carrete	1 000	Verde	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361905	Carrete	1 000	Gris	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361906	Carrete	1 000	Azul	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361911	Carrete	500	Negro	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361912	Carrete	500	Blanco	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361913	Carrete	500	Rojo	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361914	Carrete	500	Verde	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361915	Carrete	500	Azul	12	19	3,31	2,3	0,80	4,0	42
361861	Caja	100	Negro	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361862	Caja	100	Blanco	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361863	Caja	100	Rojo	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361864	Caja	100	Verde	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361865	Caja	100	Gris	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361866	Caja	100	Azul	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361869	Caja	100	Otro	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361871	Carrete	1 000	Negro	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361872	Carrete	1 000	Blanco	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361873	Carrete	1 000	Rojo	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361874	Carrete	1 000	Verde	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361875	Carrete	1 000	Gris	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361876	Carrete	1 000	Azul	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361881	Carrete	500	Negro	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361882	Carrete	500	Blanco	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361883	Carrete	500	Rojo	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361884	Carrete	500	Verde	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63
361885	Carrete	500	Azul	10	19	5,26	2,9	0,80	4,6	63

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Alambres y cables Vinanel XXI RoHS^{M.R.}
 tipo THW-LS/THHW-LS
 90 °C, 600 V CT-SR

Características constructivas cables Vinanel XXI RoHS^{M.R.}

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Color	Calibre AWG-kcmil	Conductor			Espesor nominal de aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
					Número de hilos	Área mm ²	Diámetro mm			
361831	Caja	100	Negro	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361832	Caja	100	Blanco	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361833	Caja	100	Rojo	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361834	Caja	100	Verde	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361835	Caja	100	Azul	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361841	Carrete	1 000	Negro	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361842	Carrete	1 000	Blanco	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361843	Carrete	1 000	Rojo	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361844	Carrete	1 000	Verde	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361845	Carrete	1 000	Azul	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361851	Carrete	500	Negro	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361852	Carrete	500	Blanco	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361853	Carrete	500	Rojo	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361854	Carrete	500	Verde	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361855	Carrete	500	Azul	8	19	8,37	3,7	1,14	6,0	103
361801	Carrete	1 000	Negro	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361802	Carrete	1 000	Blanco	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361803	Carrete	1 000	Rojo	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361804	Carrete	1 000	Verde	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361805	Carrete	1 000	Azul	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361811	Rollo	100	Negro	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361812	Rollo	100	Blanco	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361813	Rollo	100	Rojo	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361814	Rollo	100	Verde	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361815	Rollo	100	Azul	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361821	Carrete	500	Negro	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361822	Carrete	500	Blanco	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361823	Carrete	500	Rojo	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361824	Carrete	500	Verde	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361825	Carrete	500	Azul	6	19	13,30	4,7	1,52	7,8	166
361771	Carrete	1 000	Negro	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361772	Carrete	1 000	Blanco	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361773	Carrete	1 000	Rojo	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361774	Carrete	1 000	Verde	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361775	Carrete	1 000	Azul	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361781	Rollo	100	Negro	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361782	Rollo	100	Blanco	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361783	Rollo	100	Rojo	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361784	Rollo	100	Verde	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361785	Rollo	100	Azul	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361791	Carrete	500	Negro	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361792	Carrete	500	Blanco	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361793	Carrete	500	Rojo	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361794	Carrete	500	Verde	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361795	Carrete	500	Azul	4	19	21,15	5,9	1,52	9,0	249
361741	Carrete	1 000	Negro	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361742	Carrete	1 000	Blanco	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361743	Carrete	1 000	Rojo	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361744	Carrete	1 000	Verde	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361745	Carrete	1 000	Azul	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Alambres y cables Vinanel XXI RoHS^{M.R.}
 tipo THW-LS/THHW-LS
 90 °C, 600 V CT-SR

Características constructivas cables Vinanel XXI RoHS^{M.R.}

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Color	Calibre AWG kcmil	Conductor			Espesor nominal de aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
					Número de hilos	Área mm ²	Diámetro mm			
361751	Rollo	100	Negro	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361752	Rollo	100	Blanco	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361753	Rollo	100	Rojo	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361754	Rollo	100	Verde	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361755	Rollo	100	Azul	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361761	Carrete	500	Negro	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361762	Carrete	500	Blanco	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361763	Carrete	500	Rojo	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361764	Carrete	500	Verde	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361765	Carrete	500	Azul	2	19	33,62	7,4	1,52	10,5	375
361711	Carrete	500	Negro	1/0	19	53,48	9,5	2,03	13,6	599
361712	Carrete	-	Negro	1/0	19	53,48	9,5	2,03	13,6	599
361713	Carrete	500	Verde	1/0	19	53,48	9,5	2,03	13,6	599
361721	Rollo	100	Negro	1/0	19	53,48	9,5	2,03	13,6	599
361681	Carrete	500	Negro	2/0	19	67,43	10,6	2,03	14,8	738
361682	Carrete	-	Negro	2/0	19	67,43	10,6	2,03	14,8	738
361683	Carrete	500	Verde	2/0	19	67,43	10,6	2,03	14,8	738
361691	Rollo	100	Negro	2/0	19	67,43	10,6	2,03	14,8	738
361651	Carrete	-	Negro	3/0	19	85,01	11,9	2,03	16,1	914
361652	Carrete	-	Negro	3/0	19	85,01	11,9	2,03	16,1	914
361653	Carrete	500	Verde	3/0	19	85,01	11,9	2,03	16,1	914
361661	Rollo	100	Negro	3/0	19	85,01	11,9	2,03	16,1	914
361621	Carrete	500	Negro	4/0	19	107,20	13,4	2,03	17,6	1 132
361622	Carrete	-	Negro	4/0	19	107,20	13,4	2,03	17,6	1 132
361623	Carrete	500	Verde	4/0	19	107,20	13,4	2,03	17,6	1 132
361631	Rollo	100	Negro	4/0	19	107,20	13,4	2,03	17,6	1 132
370014	Carrete	-	Negro	250	37	127,20	14,6	2,41	19,5	1 348
370031	Carrete	-	Negro	250	37	127,20	14,6	2,41	19,5	1 348
370131	Carrete	500	Verde	250	37	127,20	14,6	2,41	19,5	1 348
370015	Carrete	500	Negro	300	37	152,00	16,0	2,41	20,9	1 597
370032	Carrete	-	Negro	300	37	152,00	16,0	2,41	20,9	1 597
370121	Carrete	-	Verde	300	37	152,00	16,0	2,41	20,9	1 597
370016	Carrete	-	Negro	350	37	177,30	17,3	2,41	22,2	1 845
370033	Carrete	-	Negro	350	37	177,30	17,3	2,41	22,2	1 845
370111	Carrete	500	Verde	350	37	177,30	17,3	2,41	22,2	1 845
370017	Carrete	-	Negro	400	37	202,70	18,5	2,41	23,4	2 091
370034	Carrete	-	Negro	400	37	202,70	18,5	2,41	23,4	2 091
370101	Carrete	500	Verde	400	37	202,70	18,5	2,41	23,4	2 091
370018	Carrete	500	Negro	500	37	253,40	20,7	2,41	25,6	2 582
370035	Carrete	-	Negro	500	37	253,40	20,7	2,41	25,6	2 582
370091	Carrete	500	Verde	500	37	253,40	20,7	2,41	25,6	2 582
370081	Carrete	500	Verde	600	61	304,00	22,7	2,79	28,3	3 106
370029	Carrete	-	Otro	600	61	304,00	22,7	2,79	28,3	3 106
370019	Carrete	-	Negro	750	61	380,00	25,3	2,79	30,6	3 880
370071	Carrete	500	Verde	750	61	380,00	25,3	2,79	30,6	3 880
370094	Carrete	500	Negro	1 000	61	506,70	29,3	2,79	34,5	5 110

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Cable multiconductor Vinanel XXI^{M.R.}
tipo THW-LS/THHW-LS
90 °C, 600 V CT-SR

Descripción

- 1. Conductores redondos comprimidos de cobre suave cableado clase B.
- 2. Aislamiento de policloruro de vinilo (PVC) tipo THW-LS/THHW-LS en colores: negro, rojo y azul.
- 3. Cinta separadora.
- 4. Cubierta exterior de policloruro de vinilo (PVC) en color negro.

Aplicaciones

Circuitos derivados y alimentadores en baja tensión en edificios públicos, escuelas, hoteles, hospitales, comercios y en industrias en general. Ideal para instalarse en interiores o exteriores en charolas, tubos (conduit), ductos o trincheras.

Cumple lo dispuesto por el Artículo 318 de la norma NOM-001-SEDE-2005

Tensión máxima de operación

600 V.

Temperatura máxima conductor

- En ambiente húmedo: 75 °C.
- En ambiente seco: 90 °C.
- En sobrecarga: 105 °C.
- En cortocircuito: 150 °C.

Propiedades

- Es resistente al calor, humedad, aceites y agentes químicos.
- Gran resistencia mecánica y a la abrasión.
- No propaga la flama (Prueba de norma NMX-J-192).
- Resistente a la propagación de incendio (Prueba de flama en charola vertical NMX-J-498), grabado CT (para uso en charola).
- Mínima generación de humos densos y oscuros; tóxicos y corrosivos en caso de incendio.
- Es deslizante, por lo que disminuye hasta 5 veces el esfuerzo de jalado en los cables en tubo (conduit), facilitando la instalación y evitando daños al aislamiento.
- Supera la prueba de resistencia a la intemperie NMX-J-553, grabado SR (para uso en charola).

Certificación

- Sistema de Calidad certificado por:



Conductores Mexicanos Eléctricos y de Telecomunicaciones S.A. de C.V.

- Certificación ANCE del producto

Normas

- NOM-063-SCFI.
- NMX-J-010-ANCE.

Datos para pedido

Cable multiconductor Vinanel XXI^{M.R.} THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR, calibre de los conductores de fuerza y longitud en metros.

Cable multiconductor Vinanel XX^{M.R.}
 tipo THW-LS/THHW-LS
 90 °C, 600 V CT-SR

Características dimensionales cable multiconductor Vinanel XX^{M.R.}

Código de producto	Área de la sección transversal mm ²	Calibre AWG-kcmil	Número de conductores	Diámetro de cada conductor mm	Diámetro sobre aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km
07010800JA	2,08	14	3	1,80	3,50	10,00	163
07010800KA	3,31	12	3	2,30	4,00	11,00	215
07010800LA	5,26	10	3	2,90	4,60	12,30	291
07010800MA	8,37	8	3	3,60	6,10	16,40	494
07010800NA	13,3	6	3	4,60	7,80	20,00	754
07010800OA	21,2	4	3	5,75	9,00	23,70	1 111
070108017A	33,6	2	3	7,25	10,50	26,90	1 570
070108018A	53,5	1/0	3	8,95	13,20	32,70	2 388
070108019A	67,4	2/0	3	10,0	14,30	35,10	2 872
07010801AA	85,0	3/0	3	11,3	15,50	37,80	3 474
07010801BA	107	4/0	3	12,6	16,90	40,80	4 219
07010801CA	127	250	3	14,1	19,20	47,20	5 292
07010801VA	152	300	3	15,5	20,40	50,10	6 160
07010801WA	177	350	3	16,7	21,70	52,80	7 020
07010801XA	203	400	3	17,9	22,90	55,20	7 872
07010801YA	253	500	3	20,0	25,00	59,80	9 559
07010801ZA	380	750	3	24,5	30,30	72,80	14 261
070108020A	507	1 000	3	28,3	34,10	81,00	18 402

Notas: - Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

- Los colores de identificación de los cables indicados en esta hoja técnica son: rojo, negro y azul.
- Se escogieron con base en el criterio de que estos cables alimentan cargas trifásicas.
- Los colores de identificación de un cable de tres conductores dependiendo del sistema eléctrico al que se conecte son:
 - Un circuito trifásico (rojo, negro y azul).
 - Un circuito de dos fases y neutro (rojo, negro y blanco).
 - Un circuito de dos fases y conductor de puesta a tierra (rojo, negro y verde).
 - Un circuito de una fase, un neutro y un conductor de puesta a tierra (rojo, blanco y verde).
- Para los tres últimos casos, el cliente deberá especificar los colores que requiere para identificar su cable en función de su sistema eléctrico.
- En los cables fabricados acorde con la norma NMX-J-010-ANCE, el conductor de puesta a tierra es aislado y en color verde.
- La sección transversal de este conductor puede variar. El cliente deberá indicar el tamaño del conductor de puesta a tierra que requiere su cable.
- En todo caso, para construcciones diferentes a las indicadas, favor de consultar a la Gerencia Técnica Comercial.



Alambres y cables Vinanel^{M.R.} Nylon RoHS
tipo THHN/THWN
90 °C, 600 V CT-SR

Descripción

1. Conductor de cobre suave, sólido o cableado.
2. Aislamiento a base de policloruro de vinilo (PVC).
3. Cubierta de nylon.

Aplicaciones

El cable Vinanel^{M.R.} Nylon RoHS tiene propiedades eléctricas, mecánicas químicas, térmicas y ecológicas que lo hacen ideal para circuitos alimentadores y derivados en instalaciones eléctricas en industrias, bodegas, almacenes, talleres, laboratorios, etc.

Es adecuado para instalaciones en interiores o exteriores expuestas directamente a la luz solar. Puede instalarse en charolas (a partir del calibre 4 AWG), tubos (conduit), canaletas, ductos o trincheras.

Este producto cuida y protege al medio ambiente y los seres vivos ya que en la formulación del aislamiento, su cubierta y en el proceso de manufactura se cumple con la directriz RoHS (restricción del uso de sustancias peligrosas), establecida por la Comunidad Europea y el estado de California entre otros.

Tensión máxima de operación

600 V ca entre fases.

Temperaturas máximas conductor

- En ambiente húmedo (THWN): 75 °C.
- En ambiente seco (THHN): 90 °C.
- En sobrecarga: 105 °C.
- En cortocircuito: 150 °C.
- En aceite: 75 °C.

Propiedades

- La sección transversal de estos productos es, en términos generales, 20% inferior a la de los conductores TW y THW-LS, lo que permite obtener un ahorro considerable en tubería (conduit).
- Buenas propiedades dieléctricas.
- Buena resistencia al calor, humedad, aceite, gasolina, grasas y agentes químicos.
- No propaga la flama (supera la prueba de flama horizontal de la norma NMX-J-192).
- El producto supera la prueba de flama en charola vertical de la norma NMX-J-010 por lo cual el producto se graba como CT a partir del calibre 4 AWG.
- Puede instalarse en exteriores expuesto directamente a los rayos solares (supera la prueba de resistencia a la intemperie de la norma NMX-J-010, por lo cual el producto se graba como SR).
- La cubierta de nylon es resistente a la abrasión y al abuso mecánico.
- Supera la prueba de resistencia a baja temperatura (-25 °C de UL).

Certificación

- Sistema de calidad certificado bajo norma ISO 9001:2000.
- Certificación ANCE del producto.



Normas

- NOM-063-SCFI.
- NMX-J-010-ANCE.

Datos para pedido

Alambre o cable Vinanel^{M.R.} Nylon RoHS tipo THHN/THWN 90 °C, 600V CT-SR, calibre, color, número de producto, tipo de empaque y longitud en metros.



Alambres y cables Vinanel^{M.R.} Nylon RoHS
tipo THHN/THWN
90 °C, 600 V CT-SR

Características constructivas alambres Vinanel^{M.R.} Nylon RoHS

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Color	Calibre AWG	Conductor		Espesor nominal de aislamiento mm	Espesor mínimo de cubierta mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
					Área mm ²	Diámetro mm				
C14002207	Caja	100	Negro	14	2,08	1,63	0,38	0,10	2,6	23,5
C14092207	Caja	100	Blanco	14	2,08	1,63	0,38	0,10	2,6	23,5
C14022207	Caja	100	Rojo	14	2,08	1,63	0,38	0,10	2,6	23,5
C14052207	Caja	100	Verde	14	2,08	1,63	0,38	0,10	2,6	23,5
C14042207	Caja	100	Amarillo	14	2,08	1,63	0,38	0,10	2,6	23,5
C14062207	Caja	100	Azul	14	2,08	1,63	0,38	0,10	2,6	23,5
C12002207	Caja	100	Negro	12	3,31	2,05	0,38	0,10	3,0	35,0
C12009207	Caja	100	Blanco	12	3,31	2,05	0,38	0,10	3,0	35,0
C12022207	Caja	100	Rojo	12	3,31	2,05	0,38	0,10	3,0	35,0
C12052207	Caja	100	Verde	12	3,31	2,05	0,38	0,10	3,0	35,0
C12062207	Caja	100	Amarillo	12	3,31	2,05	0,38	0,10	3,0	35,0
C12042207	Caja	100	Azul	12	3,31	2,05	0,38	0,10	3,0	35,0
C10002207	Caja	100	Negro	10	5,26	2,60	0,51	0,10	3,8	56,0
C10092207	Caja	100	Blanco	10	5,26	2,60	0,51	0,10	3,8	56,0
C10022207	Caja	100	Rojo	10	5,26	2,60	0,51	0,10	3,8	56,0
C10052207	Caja	100	Verde	10	5,26	2,60	0,51	0,10	3,8	56,0
C10062207	Caja	100	Azul	10	5,26	2,60	0,51	0,10	3,8	56,0
C10042207	Caja	100	Amarillo	10	5,26	2,60	0,51	0,10	3,8	56,0
C08002207	Caja	100	Negro	8	8,37	3,26	0,76	0,13	5,1	91,3
C08092207	Caja	100	Blanco	8	8,37	3,26	0,76	0,13	5,1	91,3
C08022207	Caja	100	Rojo	8	8,37	3,26	0,76	0,13	5,1	91,3
C08052207	Caja	100	Verde	8	8,37	3,26	0,76	0,13	5,1	91,3
C08062207	Caja	100	Azul	8	8,37	3,26	0,76	0,13	5,1	91,3
C08042207	Caja	100	Amarillo	8	8,37	3,26	0,76	0,13	5,1	91,3

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Alambres y cables Vinanel^{MR} Nylon RoHS
 tipo THHN/THWN
 90 °C, 600 V CT-SR

Características constructivas cables Vinanel^{MR} Nylon RoHS

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Color	Calibre AWG/kcmil	Conductor			Espesor nominal de aislamiento mm	Espesor mínimo de cubierta mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
					Número de hilos	Área mm ²	Diámetro mm				
C14101207	Caja	100	Negro	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C14191207	Caja	100	Blanco	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C14131207	Caja	100	Naranja	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C14121207	Caja	100	Rojo	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C14151207	Caja	100	Verde	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C14141207	Caja	100	Amarillo	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C14161207	Caja	100	Azul	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C14101357	Carrete	1 000	Negro	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C14191357	Carrete	1 000	Blanco	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C14121357	Carrete	1 000	Rojo	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C14151357	Carrete	1 000	Verde	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C14141357	Carrete	1 000	Amarillo	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C14161357	Carrete	1 000	Azul	14	19	2,08	1,8	0,38	0,10	2,8	25
C12101207	Caja	100	Negro	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12191207	Caja	100	Blanco	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12121207	Caja	100	Rojo	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12151207	Caja	100	Verde	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12111207	Caja	100	Café	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12131207	Caja	100	Naranja	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12141207	Caja	100	Amarillo	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12181207	Caja	100	Gris	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12161207	Caja	100	Azul	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12101357	Carrete	1 000	Negro	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12191357	Carrete	1 000	Blanco	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12121357	Carrete	1 000	Rojo	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12151357	Carrete	1 000	Verde	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12111357	Carrete	1 000	Café	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12131357	Carrete	1 000	Naranja	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12141357	Carrete	1 000	Amarillo	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12181357	Carrete	1 000	Gris	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C12161357	Carrete	1 000	Azul	12	19	3,31	2,3	0,38	0,10	3,3	37
C10101207	Caja	100	Negro	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10191207	Caja	100	Blanco	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10121207	Caja	100	Rojo	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Alambres y cables Vinanel^{M.R.} Nylon RoHS
tipo THHN/THWN
90 °C, 600 V CT-SR

Características constructivas cables Vinanel^{M.R.} Nylon RoHS

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Color	Calibre AWG/kcmil	Conductor			Espesor nominal de aislamiento mm	Espesor mínimo de cubierta mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
					Número de hilos	Área mm ²	Diámetro mm				
C10131207	Caja	100	Naranja	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10181207	Caja	100	Gris	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10141207	Caja	100	Amarillo	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10111207	Caja	100	Café	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10161207	Caja	100	Azul	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10101357	Carrete	1 000	Negro	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10191357	Carrete	1 000	Blanco	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10121357	Carrete	1 000	Rojo	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10151357	Carrete	1 000	Verde	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10131357	Carrete	1 000	Naranja	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10181357	Carrete	1 000	Gris	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10141357	Carrete	1 000	Amarillo	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10111357	Carrete	1 000	Café	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C10161357	Carrete	1 000	Azul	10	19	5,26	2,9	0,51	0,10	4,1	58
C08101207	Caja	100	Negro	8	19	8,37	3,7	0,76	0,13	5,5	95,2
C08121207	Caja	100	Rojo	8	19	8,37	3,7	0,76	0,13	5,5	95,2
C08151207	Caja	100	Verde	8	19	8,37	3,7	0,76	0,13	5,5	95,2
C08191207	Caja	100	Blanco	8	19	8,37	3,7	0,76	0,13	5,5	95,2
C08161207	Caja	100	Azul	8	19	8,37	3,7	0,76	0,13	5,5	95,2
C08141207	Caja	100	Amarillo	8	19	8,37	3,7	0,76	0,13	5,5	95,2
C08101457	Carrete	1 000	Negro	8	19	8,37	3,7	0,76	0,13	5,5	95,2
C08121457	Carrete	1 000	Rojo	8	19	8,37	3,7	0,76	0,13	5,5	95,2
C08151457	Carrete	1 000	Verde	8	19	8,37	3,7	0,76	0,13	5,5	95,2
C08191457	Carrete	1 000	Blanco	8	19	8,37	3,7	0,76	0,13	5,5	95,2
C08141457	Carrete	1 000	Amarillo	8	19	8,37	3,7	0,76	0,13	5,5	95,2
C08161457	Carrete	1 000	Azul	8	19	8,37	3,7	0,76	0,13	5,5	95,2
C06101107	Rollo	100	Negro	6	19	13,30	4,6	0,76	0,13	6,4	144
C06191107	Rollo	100	Blanco	6	19	13,30	4,6	0,76	0,13	6,4	144
C06121107	Rollo	100	Rojo	6	19	13,30	4,6	0,76	0,13	6,4	144
C06161107	Rollo	100	Azul	6	19	13,30	4,6	0,76	0,13	6,4	144
C06151107	Rollo	100	Verde	6	19	13,30	4,6	0,76	0,13	6,4	144
C06101457	Carrete	1 000	Negro	6	19	13,30	4,6	0,76	0,13	6,4	144
C06191457	Carrete	1 000	Blanco	6	19	13,30	4,6	0,76	0,13	6,4	144
C06121457	Carrete	1 000	Rojo	6	19	13,30	4,6	0,76	0,13	6,4	144

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Alambres y cables Vinanel^{MR} Nylon RoHS
 tipo THHN/THWN
 90 °C, 600 V CT-SR

Características constructivas cables Vinanel^{MR} Nylon RoHS

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Color	Calibre AWG/kcmil	Conductor			Espesor nominal de aislamiento mm	Espesor mínimo de cubierta mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
					Número de hilos	Área mm ²	Diámetro mm				
C06151457	Carrete	1 000	Verde	6	19	13,30	4,6	0,76	0,13	6,4	144
C04101107	Rollo	100	Negro	4	19	21,20	5,8	1,02	0,15	8,1	230
C04191107	Rollo	100	Blanco	4	19	21,20	5,8	1,02	0,15	8,1	230
C04121107	Rollo	100	Rojo	4	19	21,20	5,8	1,02	0,15	8,1	230
C04151107	Rollo	100	Verde	4	19	21,20	5,8	1,02	0,15	8,1	230
C04161107	Rollo	100	Azul	4	19	21,20	5,8	1,02	0,15	8,1	230
C04101457	Carrete	1 000	Negro	4	19	21,20	5,8	1,02	0,15	8,1	230
C04191457	Carrete	1 000	Blanco	4	19	21,20	5,8	1,02	0,15	8,1	230
C04121457	Carrete	1 000	Rojo	4	19	21,20	5,8	1,02	0,15	8,1	230
C04151457	Carrete	1 000	Verde	4	19	21,20	5,8	1,02	0,15	8,1	230
C04161457	Carrete	1 000	Azul	4	19	21,20	5,8	1,02	0,15	8,1	230
C02101107	Rollo	100	Negro	2	19	33,60	7,3	1,02	0,15	9,6	353
C02191107	Rollo	100	Blanco	2	19	33,60	7,3	1,02	0,15	9,6	353
C02121107	Rollo	100	Rojo	2	19	33,60	7,3	1,02	0,15	9,6	353
C02151107	Rollo	100	Verde	2	19	33,60	7,3	1,02	0,15	9,6	353
C02101457	Carrete	1 000	Negro	2	19	33,60	7,3	1,02	0,15	9,6	353
C02191457	Carrete	1 000	Blanco	2	19	33,60	7,3	1,02	0,15	9,6	353
C02121457	Carrete	1 000	Rojo	2	19	33,60	7,3	1,02	0,15	9,6	353
C02151457	Carrete	1 000	Verde	2	19	33,60	7,3	1,02	0,15	9,6	353
C1C101107	Rollo	100	Negro	1/0	19	53,5	9,2	1,27	0,18	12,1	560

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Alambres y cables Vinanel^{M.R.} Nylon RoHS
 tipo THHN/THWN
 90 °C, 600 V CT-SR

Características constructivas cables Vinanel^{M.R.} Nylon RoHS

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Color	Calibre AWG/kcmil	Conductor			Espesor nominal de aislamiento mm	Espesor mínimo de cubierta mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
					Número de hilos	Área mm ²	Diámetro mm				
C2C101107	Rollo	100	Negro	2/0	19	67,4	10,3	1,27	0,18	13,2	695
C2C101435	Carrete	500	Negro	2/0	19	67,4	10,3	1,27	0,18	13,2	695
C3C101107	Rollo	100	Negro	3/0	19	85,0	11,6	1,27	0,18	14,5	865
C3C101435	Carrete	500	Negro	3/0	19	85,0	11,6	1,27	0,18	14,5	865
C4C101107	Rollo	100	Negro	4/0	19	107	13,0	1,27	0,18	16,0	1 077
C4C101435	Carrete	500	Negro	4/0	19	107	13,0	1,27	0,18	16,0	1 077
C25101435	Carrete	500	Negro	250	37	127	14,2	1,52	0,20	17,7	1 281
C30101435	Carrete	500	Negro	300	37	152	15,5	1,52	0,20	19,0	1 523
C35101435	Carrete	500	Negro	350	37	177	16,8	1,52	0,20	20,3	1 765
C40101435	Carrete	500	Negro	400	37	203	17,9	1,52	0,20	21,4	2 006
C50101435	Carrete	500	Negro	500	37	253	20,0	1,52	0,20	23,5	2 486
C75101410	Carrete	152,4	Negro	750	61	380	24,6	1,78	0,23	28,7	3 706
C75101421	Carrete	304,8	Negro	750	61	380	24,6	1,78	0,23	28,7	3 706
C75101429	Carrete	457,2	Negro	750	61	380	24,6	1,78	0,23	28,7	3 706
C75101435	Carrete	500	Negro	750	61	380	24,6	1,78	0,23	28,7	3 706
C75101457	Carrete	1 000	Negro	750	61	380	24,6	1,78	0,23	28,7	3 706
C00101435	Carrete	500	Negro	1 000	61	507	28,4	1,78	0,23	32,5	4 898

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Cable Vulcanel^{M.R.} XLP
tipo XHHW-2 LS CT-SR, RoHS
90 °C, 600 V

Descripción

1. Conductor de cobre suave cableado clase B.
2. Aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP) de baja emisión de humos y resistente a la propagación de incendios y a la intemperie, en color negro.

Aplicación

Circuitos alimentadores y derivados en baja tensión en edificios públicos, escuelas, hoteles, hospitales, auditorios, estadios, etc.

Se utiliza en instalaciones industriales y comerciales, instalado en ductos, tubo (conduit) o en soportes continuos tipo charola para cables en interiores o exteriores (a partir del calibre 4 AWG y mayores el cable se graba CT acorde a la norma NOM-001-SEDE Artículo 318).

Ideal para acometidas subterráneas, circuitos de alumbrado público e instalaciones eléctricas en edificios ubicados en costas.

Tensión máxima de operación

600 V ca entre fases.

Temperatura máxima conductor

- Ambientes secos y mojados: 90 °C.
- Sobrecarga: 130 °C.
- Cortocircuito: 250 °C.

Propiedades

- La sección transversal de estos conductores es menor que la de los tipos RHH-RHW-2 por lo que facilita su instalación en los tubos (conduit).
- Excelente resistencia a la humedad.
- Excelente resistencia a la mayoría de los aceites y agentes químicos.
- Pasa la prueba de resistencia a baja temperatura
- Excelentes propiedades dieléctricas.
- 90 °C de temperatura de operación en ambientes secos y mojados.
- Baja emisión de humos densos y oscuros; tóxicos y corrosivos en caso de incendio (LS).
- No propaga el incendio en charola vertical (CT).
- Resiste la intemperie y la luz solar (SR).
- Cumple la directriz RoHS (No contiene sustancias peligrosas) y por tanto cuida el ambiente.

Certificaciones

- Sistema de calidad certificado por:
- Certificación ANCE del producto.



Conductores Mexicanos Eléctricos y de Telecomunicaciones S.A. de C.V.

Norma

NMX-J-451-ANCE.

Datos para pedido

Cable Vulcanel^{M.R.} XLP tipo XHHW-2 LS CT-SR RoHS 90 °C, 600V, con aislamiento de XLP y conductor de cobre suave, calibre o sección transversal en mm², longitud en metros y número de producto.



Cable Vulcanel[™] XLP
tipo XHHW-2 LS CT-SR, RoHS
90 °C, 600 V

Características constructivas cable Vulcanel[™] XLP tipo XHHW-2 LS CT-SR, RoHS

Número de producto	Calibre AWG/ kcmil	Conductor			Espesor nominal del aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
		Número de hilos	Área mm ²	Diámetro nominal mm			
15000P001A	14	7	2,082	1,8	0,80	3,6	31
15000P002A	12	7	3,307	2,4	0,80	3,9	40
15000P003A	10	7	5,260	2,9	0,80	4,6	59
15000P004A	8	7	8,367	3,7	1,14	6,1	96
15000P005A	6	7	13,30	4,6	1,14	7,2	149
15000P006A	4	7	21,15	5,8	1,14	8,4	228
15000P007A	2	7	33,62	7,4	1,14	10,0	351
15000P009A	1/0	19	53,48	9,3	1,40	12,4	553
15000P00AA	2/0	19	67,43	10,5	1,40	13,3	688
15000P00BA	3/0	19	85,01	11,8	1,40	14,6	844
15000P00CA	4/0	19	107,2	13,3	1,40	16,1	1 056
15000P00DA	250	37	126,7	14,4	1,65	17,9	1 269
15000P00EA	300	37	152,0	15,8	1,65	19,5	1 510
15000P00FA	350	37	177,3	17,1	1,65	20,8	1 752
15000P00GA	400	37	202,7	18,2	1,65	21,9	1 992
15000P00IA	500	37	253,0	20,4	1,65	24,0	2 474
15000P00JA	600	61	304,0	22,4	2,03	26,9	2 988
15000P00KA	750	61	380,0	25,0	2,03	29,5	3 705
15000P00LA	1 000	61	506,7	28,9	2,03	33,5	4 904

Nota: - Para construcciones diferentes a las marcadas, favor de consultar a nuestro departamento de Asesoría Técnica.
- Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Cable Vulcanel^{M.R.} XLP
tipo RHH/RHW
90 °C, 600 V

Descripción

1. Conductor de cobre suave electrolítico.
2. Aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP).

- Buena resistencia a la mayoría de los aceites y agentes químicos.
- Pasa la prueba de resistencia a baja temperatura (-25 °C)(UL).
- En colores.
- Retardante a la flama.

Aplicación

Puede ser instalado al aire libre, en ductos o directamente enterrado. Se aplica en instalaciones comerciales e industriales. Es ideal para acometidas subterráneas en baja tensión.

Certificaciones

Sistema de calidad certificado por:



Tensión máxima de operación

600 V.

Norma

NMX-J-451-ANCE.

Temperatura máxima conductor

- Ambiente seco (RHH): 90 °C.
- Ambiente mojado (RHW): 75 °C.
- Sobrecarga: 130 °C.
- Cortocircuito: 250 °C.

Datos para pedido

Cable Vulcanel^{M.R.} XLP tipo RHH/RHW 90 °C 600 V, conductor de cobre, calibre, color, longitud en metros y número de producto.

Propiedades

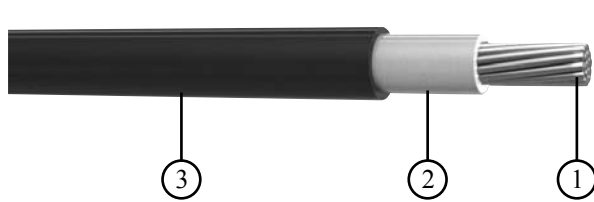
- Excelente resistencia a la humedad.
- Mayor espesor de aislamiento que los cables XHHW-2.
- Excelentes propiedades eléctricas.

Cable Vulcanel[™] XLP
 tipo RHH/RHW
 90 °C, 600 V

Características constructivas cable Vulcanel[™] XLP

Número de producto	Calibre AWG/ kcmil	Conductor			Espesor nominal del aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
		Número de hilos	Área mm ²	Diámetro nominal mm			
150006018A	14	7	2,082	1,8	1,14	4,1	34
150006019A	12	7	3,307	2,3	1,14	4,6	47
15000601AA	10	7	5,260	2,9	1,14	5,2	68
150006014A	8	7	8,367	3,7	1,52	6,7	120
150006015A	6	7	13,30	4,6	1,52	7,6	173
150006016A	4	7	21,15	5,8	1,52	8,8	255
150006017A	2	7	33,62	7,4	1,52	10,4	386
15000600WA	1/0	19	53,48	9,3	2,03	13,4	613
15000600XA	2/0	19	67,43	10,5	2,03	14,6	754
15000600YA	3/0	19	85,01	11,8	2,03	15,6	878
15000600ZA	4/0	19	107,2	13,3	2,03	17,4	1 106
150006010A	250	37	126,7	14,4	2,41	19,2	1 320
150006011A	300	37	152,0	15,8	2,41	20,6	1 568
150006012A	350	37	177,3	17,1	2,41	21,9	1 783
15000600NA	500	37	253,0	20,4	2,41	25,2	2 542
15000600OA	600	61	304,0	22,4	2,79	28,0	3 150
15000600RA	750	61	380,0	25,0	2,79	30,6	3 782
150006066A	1 000	61	506,7	28,9	2,79	34,5	4 919

Nota: - Para construcciones diferentes a las marcadas, favor de consultar nuestro departamento de Asesoría Técnica.
 - Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Cables Vulcanel^{M.R.} EP-CPE
tipo RHH/RHW
90 °C, 600 V

Descripción

1. Conductor de cobre suave electrolítico.
2. Primer capa a base de etileno-propileno (EP).
3. Segunda capa a base de polietileno clorado (CPE) en color negro.

- Excelente resistencia a la mayoría de los aceites y agentes químicos.
- Mayor espesor de aislamiento que los cables tipo RHH/RHW-2 con aislamiento de XLP.
- Pasa la prueba de resistencia a baja temperatura (-25 °C)(UL).

Aplicación

Todo tipo de industrias, en especial aquellas con circuitos eléctricos pesados, como: siderúrgicas, plantas textiles, plantas cementeras, etc. Puede ser instalado en charolas, tubos (conduit), ductos o directamente enterrados.

Certificaciones

Sistema de calidad
certificado por:



Tensión máxima de operación

600 V.

Norma

NMX-J-451-ANCE.

Temperaturas máximas conductor

- Ambiente seco (RHH): 90 °C.
- Ambiente mojado (RHW): 75 °C.
- Sobrecarga: 130 °C.
- Cortocircuito: 250 °C.

Datos para pedido

Cable Vulcanel^{M.R.} con aislamiento combinado de EP-CPE tipo RHH/RHW, 90 °C, 600 V, conductor de cobre, calibre, longitud en metros y número de producto.

Propiedades

- Retardante a la flama.
- Resiste altas temperaturas ambiente.
- Excelentes propiedades eléctricas.

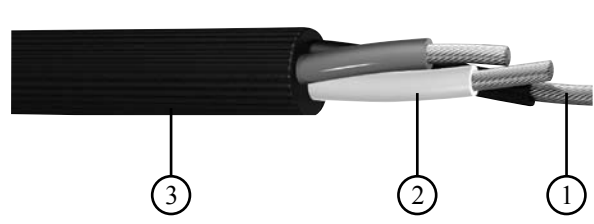
Cables Vulcane^{M.R.} EP-CPE
 tipo RHH/RHW
 90 °C, 600 V

Características constructivas cables Vulcane^{M.R.} EP-CPE

Número de producto	Calibre AWG/ kcmil	Conductor			Espesor nominal de la primera y segunda capa mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
		Número de hilos	Área mm ²	Diámetro nominal mm			
15000705LA	14	7	2,082	1,8	0,76 + 0,38	4,2	50
15000705MA	12	7	3,307	2,3	0,76 + 0,38	4,7	65
15000705NA	10	7	5,260	2,9	0,76 + 0,38	5,3	88
150007033A	8	7	8,367	3,7	1,14 + 0,76	6,7	138
150007034A	6	7	13,30	4,6	1,14 + 0,76	8,3	201
150007035A	4	7	21,15	5,8	1,14 + 0,76	9,5	274
150007036A	2	7	33,62	7,4	1,14 + 0,76	11,1	405
150007038A	1/0	19	53,48	9,3	1,40 + 1,14	14,4	660
150007039A	2/0	19	67,43	10,5	1,40 + 1,14	15,6	787
15000703AA	3/0	19	85,01	11,8	1,40 + 1,14	16,9	985
15000703BA	4/0	19	107,2	13,3	1,40 + 1,14	18,4	1 210
15000703CA	250	37	126,7	14,4	1,65 + 1,65	21,3	1 421
15000703DA	300	37	152,0	15,8	1,65 + 1,65	22,5	1 720
15000703EA	350	37	177,3	17,1	1,65 + 1,65	23,9	1 982
15000703FA	400	37	202,7	18,2	1,65 + 1,65	24,9	2 210
15000703HA	500	37	253,0	20,4	1,65 + 1,65	27,1	2 710
15000708NA	600	61	304,0	22,4	1,65 + 1,65	29,7	3 209
15000708OA	750	61	380,0	25,0	1,65 + 1,65	32,2	3 921
15000708PA	1 000	61	506,7	28,9	1,65 + 1,65	36,2	5 270

Nota:

- Para construcciones diferentes a las marcadas, favor de consultar a nuestro departamento de Asesoría Técnica.
- Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Cordón Flexanel[™] uso rudo
tipo SJT
60 °C, 300 V RoHS

Descripción

- 1. Conductores flexibles de cobre suave.
- 2. Aislamiento flexible a base de policloruro de vinilo (PVC) en colores:
 - Dos conductores: negro y blanco.
 - Tres conductores: negro, blanco y verde.
 - Cuatro conductores: negro, blanco, rojo y verde.
- 3. Cubierta a base de policloruro de vinilo (PVC) estriada en color negro.

Aplicación

Alimentación de aparatos estacionarios o portátiles para uso industrial, comercial o doméstico, tales como: refrigeradores, lavadoras, taladros, sierras mecánicas, ventiladores, etc.

Tensión máxima de operación

300 V.

Temperaturas máximas conductor

60 °C.

Propiedades

- Gran flexibilidad.
- Gran resistencia mecánica.
- Resistente a la abrasión, a la humedad, ácidos y aceites.
- Este producto cuida y protege al medio ambiente y los seres vivos ya que en la formulación del aislamiento, su cubierta y en el proceso de manufactura se cumple con la directriz RoHS (restricción del uso de sustancias peligrosas) establecida por la Comunidad Europea y el Estado de California entre otros.

Certificación

- Sistema de calidad certificado por:
- Certificación ANCE del producto.



Norma

NMX-J-436-ANCE.

Datos para pedido

Cordón Flexanel[™] uso rudo tipo SJT 60 °C, 300 V RoHS, número de conductores, calibre, longitud en metros y número de producto.

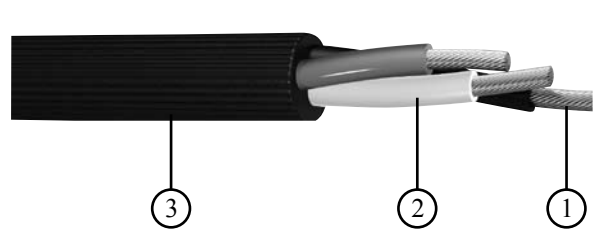


Cordón Flexanel^{M.R.} uso rudo
tipo SJT
60 °C, 300 V RoHS

Características constructivas cordón Flexanel^{M.R.} uso rudo tipo SJT

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Número de conductores	Calibre AWG	Conductor		Espesor nominal de aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
					Área mm ²	Diámetro mm			
HC218B107	Rollo	100	2	18	0,823	1,18	0,76	7,6	73
HC218B435	Carrete	500	2	18	0,823	1,18	0,76	7,6	73
HC318B107	Rollo	100	3	18	0,823	1,18	0,76	8,1	88
HC216B107	Rollo	100	2	16	1,307	1,50	0,76	8,2	90
HC216B435	Carrete	500	2	16	1,307	1,50	0,76	8,2	90
HC316B107	Rollo	100	3	16	1,307	1,50	0,76	8,7	112
HC316B435	Carrete	500	3	16	1,307	1,50	0,76	8,7	112
HC214B107	Rollo	100	2	14	2,082	1,89	0,76	9,0	116
HC214B435	Carrete	500	2	14	2,082	1,89	0,76	9,0	116
HC314B107	Rollo	100	3	14	2,082	1,89	0,76	9,5	146
HC314B435	Carrete	500	3	14	2,082	1,89	0,76	9,5	146
HC212B107	Rollo	100	2	12	3,307	2,37	0,76	11,0	168
HC212B435	Carrete	500	2	12	3,307	2,37	0,76	11,0	168
HC312B107	Rollo	100	3	12	3,307	2,37	0,76	11,5	211
HC312B435	Carrete	500	3	12	3,307	2,37	0,76	11,5	211
HC210B107	Rollo	100	2	10	5,260	3,00	1,14	14,6	290
HC210B435	Carrete	500	2	10	5,260	3,00	1,14	14,6	290
HC310B107	Rollo	100	3	10	5,260	3,00	1,14	15,3	363
HC310B435	Carrete	500	3	10	5,260	3,00	1,14	15,3	363

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Cordón Flexanel^{M.R.} uso extra-rudo
tipo ST
60 °C, 600 V RoHS

Descripción	Propiedades
- Conductores flexibles de cobre suave. - Aislamiento a base de policloruro de vinilo (PVC) en colores: - Dos conductores: negro y blanco. - Tres conductores: negro, blanco y verde. - Cuatro conductores: negro, blanco, rojo y verde. - Cubierta a base de policloruro de vinilo (PVC) estriada en color negro.	- Gran flexibilidad. - Gran resistencia mecánica. - Resistente a la abrasión, a la humedad, ácidos y aceites. - Mayor tensión de operación (600 V ca entre fases). - Este producto cuida y protege al medio ambiente y los seres vivos ya que en la formulación del aislamiento, su cubierta y en el proceso de manufactura se cumple con la directriz RoHS (restricción del uso de sustancias peligrosas) establecida por la Comunidad Europea y el estado de California entre otros.
Aplicaciones	Certificación
Alimentación de aparatos estacionarios o portátiles para uso industrial, comercial o doméstico tales como: refrigeradores, lavadoras, taladros, sierras mecánicas, ventiladores, etc. Por su nivel de aislamiento puede alimentar máquinas industriales con tensiones de operación de hasta 600 volts entre fases, corriente alterna.	- Sistema de calidad certificado por: Cert. No A12166  SO-9001:2000 - Certificación ANCE del producto.
Tensión máxima de operación	Norma
600 V.	NMX-J-436-ANCE.
Temperatura máxima conductor	Datos para pedido
60 °C.	Cordón Flexanel ^{M.R.} uso extra rudo tipo ST 60 °C, 600 V RoHS, número de conductores, calibre, longitud en metros y número de producto.

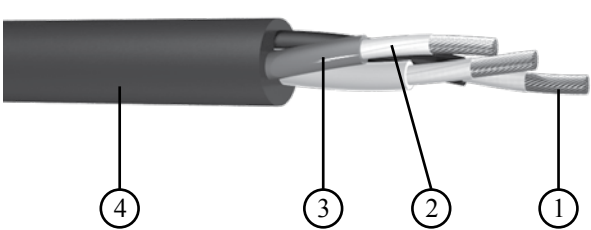


Cordón Flexanel^{MR} uso extra-rudo
tipo ST
60 °C, 600 V RoHS

Características constructivas cordón Flexanel^{MR} uso extra-rudo tipo ST

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque mm	Número de conductores	Calibre AWG	Conductor		Espesor nominal de aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
					Área mm ²	Diámetro mm			
HC218A107	Rollo	100	2	18	0,8235	1,18	0,76	9,29	98
HC218A435	Carrete	500	2	18	0,8235	1,18	0,76	9,29	98
HC318A107	Rollo	100	3	18	0,8235	1,18	0,76	9,65	115
HC318A435	Carrete	500	3	18	0,8235	1,18	0,76	9,65	115
HC418A107	Rollo	100	4	18	0,8235	1,18	0,76	10,37	137
HC418A435	Carrete	500	4	18	0,8235	1,18	0,76	10,37	137
HC216A107	Rollo	100	2	16	1,307	1,50	0,76	9,89	118
HC216A435	Carrete	500	2	16	1,307	1,50	0,76	9,89	118
HC316A107	Rollo	100	3	16	1,307	1,50	0,76	10,37	140
HC316A435	Carrete	500	3	16	1,307	1,50	0,76	10,37	140
HC214A107	Rollo	100	2	14	2,082	1,89	1,14	13,27	207
HC214A435	Carrete	500	2	14	2,082	1,89	1,14	13,27	207
HC314A107	Rollo	100	3	14	2,082	1,89	1,14	13,87	245
HC314A435	Carrete	500	3	14	2,082	1,89	1,14	13,87	245
HC414A107	Rollo	100	4	14	2,082	1,89	1,14	14,96	294
HC414A435	Carrete	500	4	14	2,082	1,89	1,14	14,96	294
HC212A107	Rollo	100	2	12	3,307	2,37	1,14	15,09	276
HC212A435	Carrete	500	2	12	3,307	2,37	1,14	15,09	276
HC312A107	Rollo	100	3	12	3,307	2,37	1,14	15,81	329
HC312A435	Carrete	500	3	12	3,307	2,37	1,14	15,81	329
HC412A107	Rollo	100	4	12	3,307	2,37	1,14	17,13	397
HC412A435	Carrete	500	4	12	3,307	2,37	1,14	17,13	397
HC210A107	Rollo	100	2	10	5,260	3,00	1,14	16,53	348
HC210A435	Carrete	500	2	10	5,260	3,00	1,14	16,53	348
HC310A107	Rollo	100	3	10	5,260	3,00	1,14	17,38	424
HC310A435	Carrete	500	3	10	5,260	3,00	1,14	17,38	424
HC410A107	Rollo	100	4	10	5,260	3,00	1,14	18,70	518
HC410A435	Carrete	500	4	10	5,260	3,00	1,14	18,70	518
HC208A107	Rollo	100	2	8	8,367	4,15	1,52	21,23	572
HC208A435	Carrete	500	2	8	8,367	4,15	1,52	21,23	572
HC308A107	Rollo	100	3	8	8,367	4,15	1,52	22,44	696
HC308A435	Carrete	500	3	8	8,367	4,15	1,52	22,44	696
HC408A107	Rollo	100	4	8	8,367	4,15	1,52	25,34	893
HC408A435	Carrete	500	4	8	8,367	4,15	1,52	25,34	893
HC206A107	Rollo	100	2	6	13,30	5,22	1,52	25,34	781
HC206A435	Carrete	500	2	6	13,30	5,22	1,52	25,34	781
HC306A107	Rollo	100	3	6	13,30	5,22	1,52	26,54	965
HC306A435	Carrete	500	3	6	13,30	5,22	1,52	26,54	965
HC406A107	Rollo	100	4	6	13,30	5,22	1,52	28,96	1 227
HC406A435	Carrete	500	4	6	13,30	5,22	1,52	28,96	1 227
HC304A107	Rollo	100	3	4	21,15	6,56	1,52	30,88	1 345
HC304A435	Carrete	500	3	4	21,15	6,56	1,52	30,88	1 345
HC404A107	Rollo	100	4	4	21,15	6,56	1,52	35,01	1 715
HC404A435	Carrete	500	4	4	21,15	6,56	1,52	35,01	1 715
HC302A107	Rollo	100	3	2	33,62	8,58	1,52	36,20	1 944
HC302A435	Carrete	500	3	2	33,62	8,58	1,52	36,20	1 944
HC402A107	Rollo	100	4	2	33,62	8,58	1,52	39,81	2 479
HC402A435	Carrete	500	4	2	33,62	8,58	1,52	39,81	2 479

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Cordón uso rudo
tipo SJO
90 °C, 300 V

Descripción

1. Conductores flexibles de cobre suave.
2. Cinta separadora.
3. Aislamiento a base de etileno-propileno (EP) en colores:
 - Dos conductores: negro y blanco.
 - Tres conductores: negro, blanco y verde.
 - Cuatro conductores: negro, rojo, azul y verde.
4. Cubierta exterior a base de polietileno clorado (CPE) en color negro.

Aplicaciones

Alimentación de equipo eléctrico industrial o comercial portátil o semiportátil. Alimentación de máquinas industriales.

Tensión máxima de operación

300 V.

Temperatura máxima conductor

90 °C.

Propiedades

- Gran flexibilidad.
- Gran resistencia mecánica.
- Resistente a la abrasión, a la humedad, ácidos y aceites.
- La cubierta elastomérica proporciona resistencia al contacto momentáneo con objetos calientes.

Certificación

- Sistema de calidad certificado por:
- Certificación ANCE del producto



Norma

NMX-J-436-ANCE.

Datos para pedido

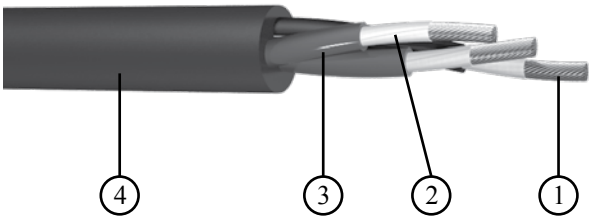
Cordón uso rudo tipo SJO 90 °C, 300 V número de conductores, calibre, longitud en metros y número de producto.

Cordón uso rudo
tipo SJO
90 °C, 300 V

Características constructivas cordón uso rudo tipo SJO

Número de producto	Número de conductores	Calibre AWG	Conductor		Espesor nominal de aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
			Área mm ²	Diámetro mm			
13000002QA	2	14	2,08	1,9	0,76	9,1	128
13000002RA	2	12	3,31	2,4	0,76	11,0	193
13000002SA	2	10	5,26	3,0	1,14	13,4	265
130000044A	3	14	2,08	1,9	0,76	10,0	164
13000004XA	3	12	3,31	2,4	0,76	11,4	240
13000004YA	3	10	5,26	3,0	1,14	16,0	394
130000050A	4	14	2,08	1,9	0,76	10,8	256
130000051A	4	12	3,31	2,4	0,76	12,5	365
130000052A	4	10	5,26	3,0	1,14	16,8	634

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Cordón uso extra-rudo
tipo SO
90 °C, 600 V

Descripción

1. Conductores flexibles de cobre suave.
2. Cinta separadora.
3. Aislamiento a base de etileno-propileno (EP) en colores:
 - Dos conductores: negro y blanco.
 - Tres conductores: negro, rojo y azul.
 - Cuatro conductores: negro, rojo, azul y blanco.
5. Cubierta exterior a base de polietileno clorado (CPE) en color negro.

Aplicaciones

Alimentación de equipo eléctrico portátil o semiportátil. Ideal para la alimentación de máquinas industriales que por condiciones de operación requieran de conductores flexibles para evitar la transmisión de la vibración.

Tensión máxima de operación

600 V.

Temperatura máxima conductor

90 °C.

Propiedades

- Gran flexibilidad.
- Gran resistencia mecánica.
- Resistente a la abrasión, a la humedad, ácidos y aceites.
- Su cubierta resiste contactos momentáneos con objetos calientes.
- Mayor capacidad de corriente con respecto a los cordones uso extra rudo tipo ST.

Certificación

- Sistema de calidad certificado por:
- Certificación ANCE del producto.



Norma

NMX-J-436-ANCE.

Datos para pedido

Cordón uso extra rudo tipo SO 90 °C, 600 V
número de conductores, calibre, longitud en metros y número de producto.

Cordón uso extra-rudo
tipo SO
90 °C, 600 V

Características constructivas cordón uso extra-rudo tipo SO

Número de producto	Número de conductores	Calibre AWG	Conductor		Espesor nominal de aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
			Área mm ²	Diámetro mm			
13000105IA	2	14	2,082	1,9	1,14	13,9	292
13000105JA	2	12	3,307	2,4	1,14	15,7	323
13000105KA	2	10	5,260	3,0	1,14	16,2	398
13000103RA	2	8	8,367	3,8	1,52	21,0	651
13000103LA	2	6	13,30	4,7	1,52	23,7	889
13000103JA	2	4	21,15	6,2	1,52	27,4	1 029
13000103KA	2	2	33,62	7,8	1,52	31,4	1 410
13000105NA	3	14	2,082	1,9	1,14	14,2	280
13000105OA	3	12	3,307	2,4	1,14	16,1	374
13000105PA	3	10	5,260	3,0	1,14	17,3	463
130001040A	3	8	8,367	3,8	1,52	22,2	737
130001030A	3	6	13,30	4,7	1,52	25,3	1 263
13000103SA	3	4	21,15	6,2	1,52	29,0	1 295
13000103TA	3	2	33,62	7,8	1,52	32,9	1 956
13000105SA	4	14	2,082	1,9	1,14	15,4	337
13000105TA	4	12	3,307	2,4	1,14	17,4	444
13000105UA	4	10	5,260	3,0	1,14	18,8	552
130001049A	4	8	8,367	3,8	1,52	24,9	918
130001043A	4	6	13,30	4,7	1,52	28,2	1 343
130001041A	4	4	21,15	6,2	1,52	32,4	1 595
130001042A	4	2	33,62	7,8	1,52	36,7	2 228

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

INTERRUPTORES

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

Hagamos algunas aclaraciones sobre los términos relativos a los interruptores:

Voltaje nominal del interruptor

Es el valor de tensión o voltaje 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.

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.

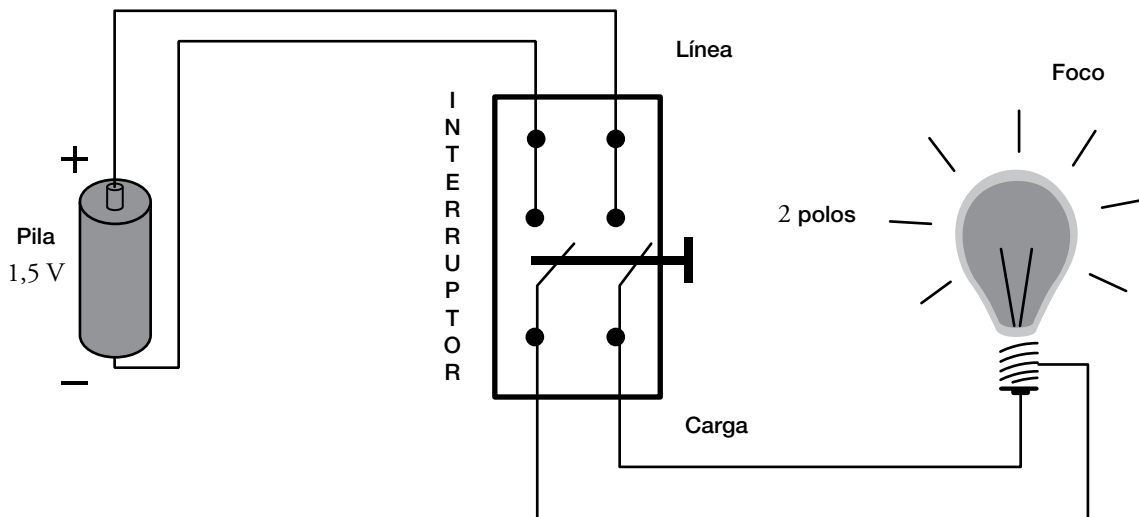
Para nuestro caso consideraremos como sobrecargas todos aquellos valores de corriente que excedan a la corriente nominal de los equipos, pero sin exceder un 500%.

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.

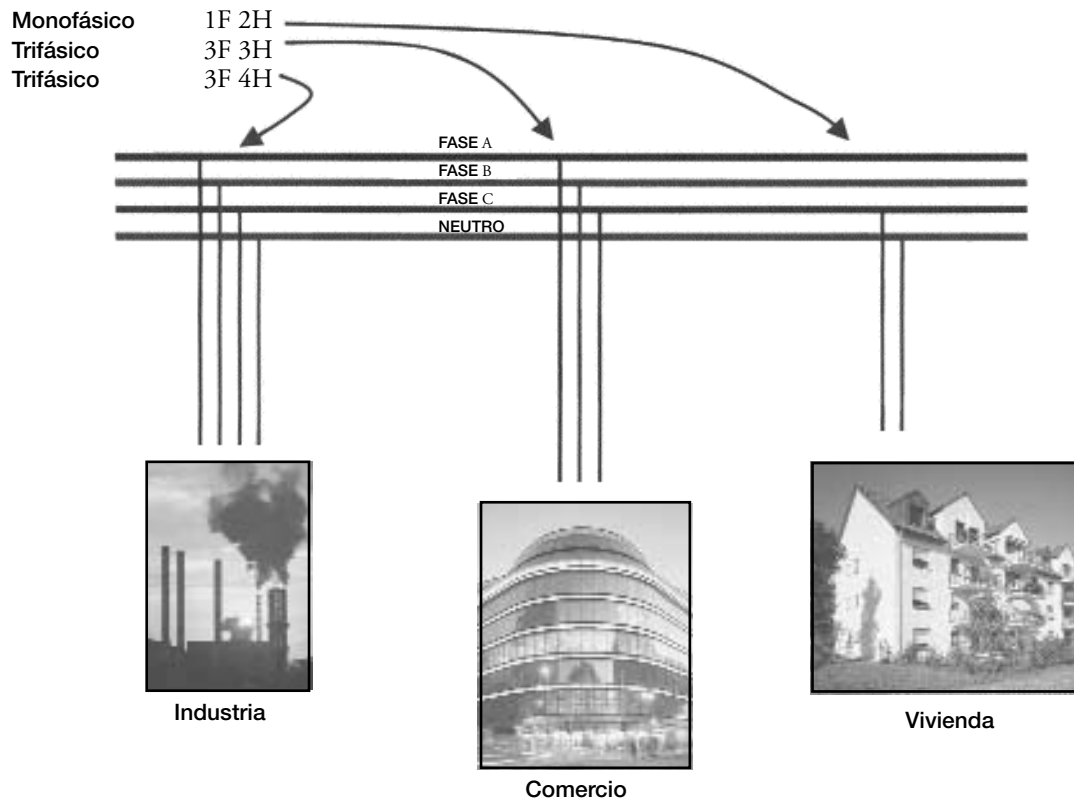
Línea. Se da el nombre de línea al conductor o conjunto de conductores en los cuales hay presencia de voltaje y pueden alimentar un equipo eléctrico.

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.

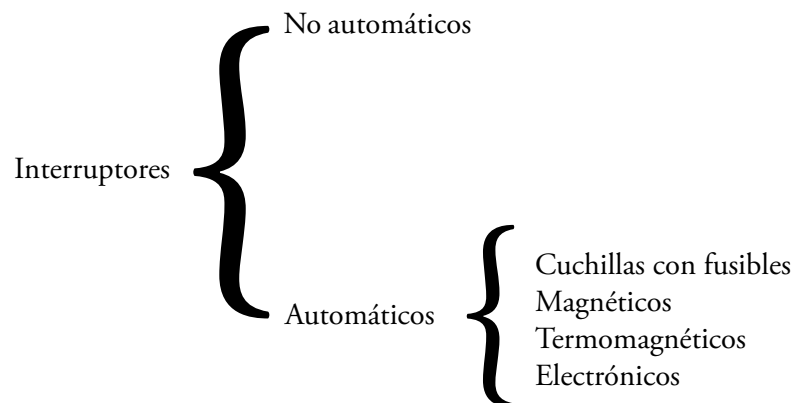


En los sistemas eléctricos convencionales de corriente alterna, se tienen disponibles tres conductores de voltaje y uno neutro; a dichos sistemas se les conoce como de 3F, 4H y de acuerdo con las necesidades de los usuarios, y se podrán tener los siguientes arreglos típicos.



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*).

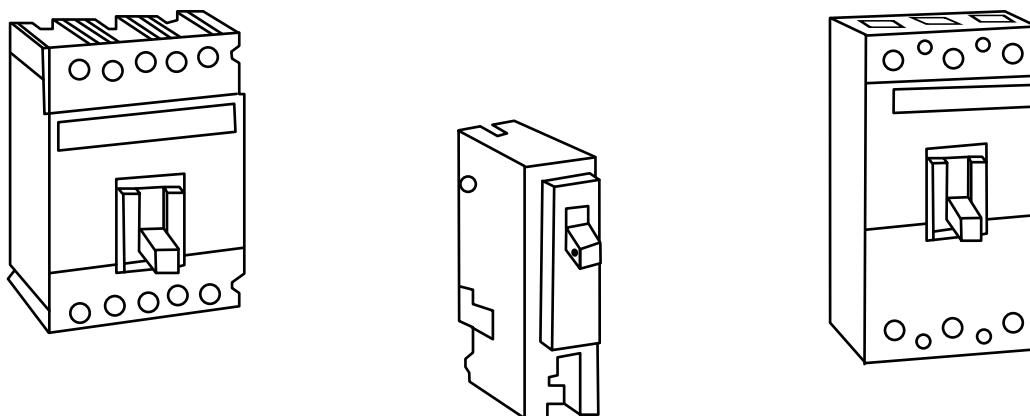
La característica particular de operación de estos interruptores es que, en sobrecargas, el bimetal trabaja para desconectar el circuito. Cuando existe un cortocircuito, el electroimán del interruptor es el que se opera y lo desconecta del circuito; de ahí su nombre: termomagnético.

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

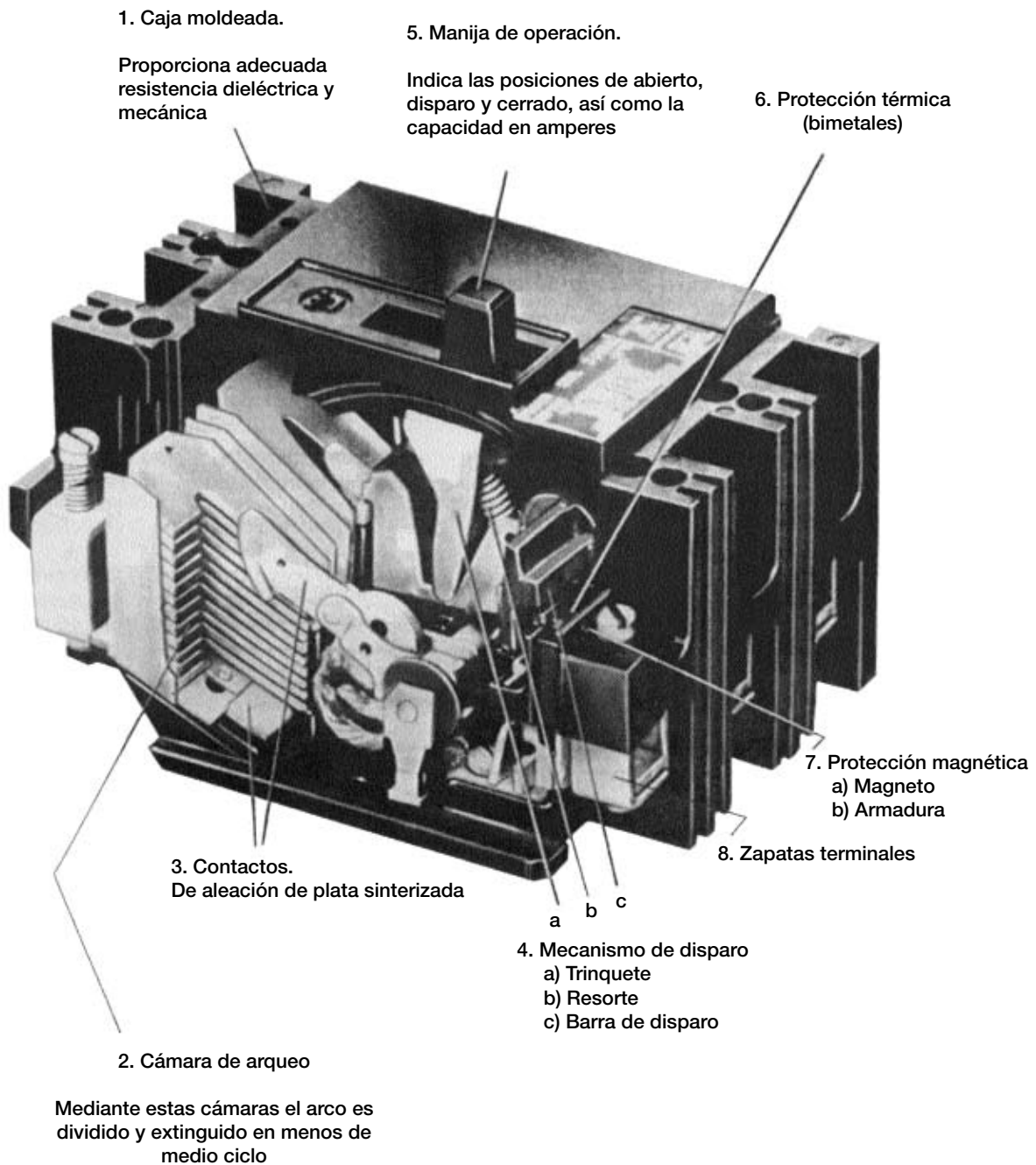
Por la forma es como se conectan a las barras colectoras de los tableros de distribución o centros de carga; pueden ser: del tipo atornillado o del tipo enchufado, se fabrican en los siguientes tipos y capacidades:

- **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.



Componentes básicos de un interruptor termomagnético



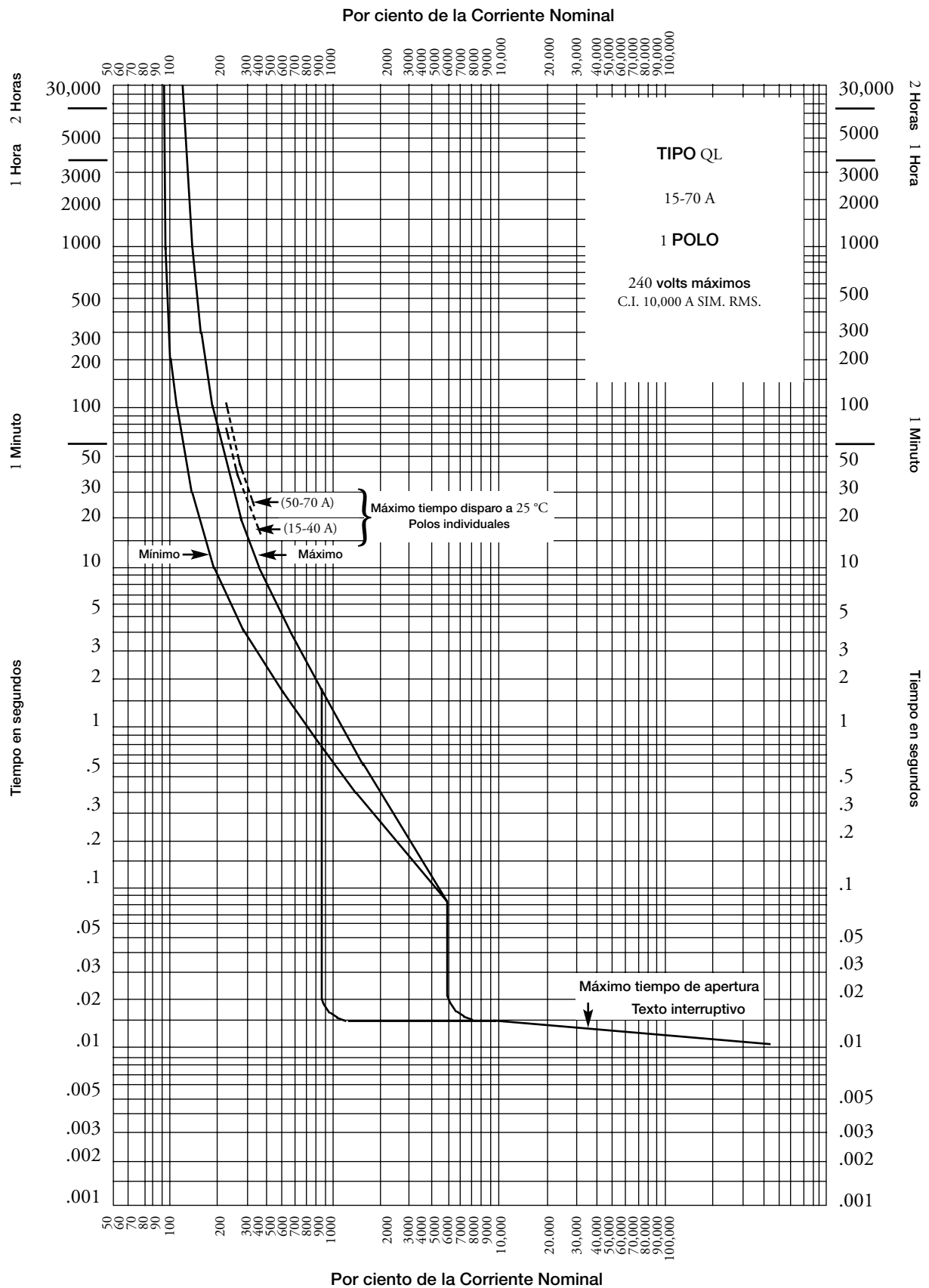
Clasificación de los diferentes marcos de interruptores con respecto a su capacidad nominal e interruptiva, así como dimensiones generales y peso

Marco	Gama en amperes	No. de polos	Voltaje máximo volts	Capacidad interruptiva Rms. A Sim.						Dimensiones (mm)				Peso aprox.
				Volts cc		Volts ca				Polos	Alt.	Ancho	Fdo.	kg
				125	250	120	240	480	600					
 QL	15-70	1	120/240 ca			10 000	10 000			1	75	25	73	0,13
	15-100	2	120/240 ca			10 000	10 000			2	75	50	73	0,26
		3	240 ca				10 000			3	75	75	73	0,40
 FA FB	15-100	1	120 ca 125 cc	5 000	5 000	10 000				1	153	35	86	0,91
	15-100	2-3	240 ca 250 cc	5 000			10 000			2 3	153 153	70 105	86 86	1,36 2,05
	15-150	2-3	600 ca 250 cc		10 000		18 000	14 000	14 000	2 3	153 153	70 105	86 86	1,36 2,05
 LB-225 LB-400 LA	125-400	3	600 ca	10 000			25 000	22 000	22 000		257	140	103	6,8
			250 cc	10 000			42 000	30 000	22 000	3				
 NB	500-600	3	600 ca 250 cc		10 000		42 000	30 000	22 000	3	276	210	103	11,15
 NB	700-1200	3	600 ca 250 cc		20 000 (1)		42 000	30 000	22 000	3	412	210	140	23,16
 PB	1400-3000	3	600 ca		75 000 (1)		125 000	100 000	100 000	3	562	305	229	115
 MCP	3-150	3	600 ca				25 000	22 000	22 000	3	153	105	86	2,05
 HFB	15-150	2-3	600 ca 250 cc		10 000		65 000	25 000	18 000	2 3	153 153	70 105	86 86	1,36 2,05
 HLB	125-400	3	600 ca 250 cc		10 000		65 000	35 000	25 000	3	257	140	103	6,8

(1) Los rangos en cc se aplican a interruptores solamente magnéticos; ya que la protección térmica (bimetales) en este caso es alimentada a través de transformadores de corriente, los cuales no responden para sistemas de cc.

Nota: Los interruptores de equipos IEM se fabrican en un rango nominal mínimo de 15 A debido a que el cable calibre núm. 14 es el conductor mínimo aprobado para circuitos derivados, siendo el interruptor de 15 A el adecuado para su correcta protección.

Curvas de disparo



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.

Características de los fusibles

Un fusible debe contar con las siguientes características funcionales:

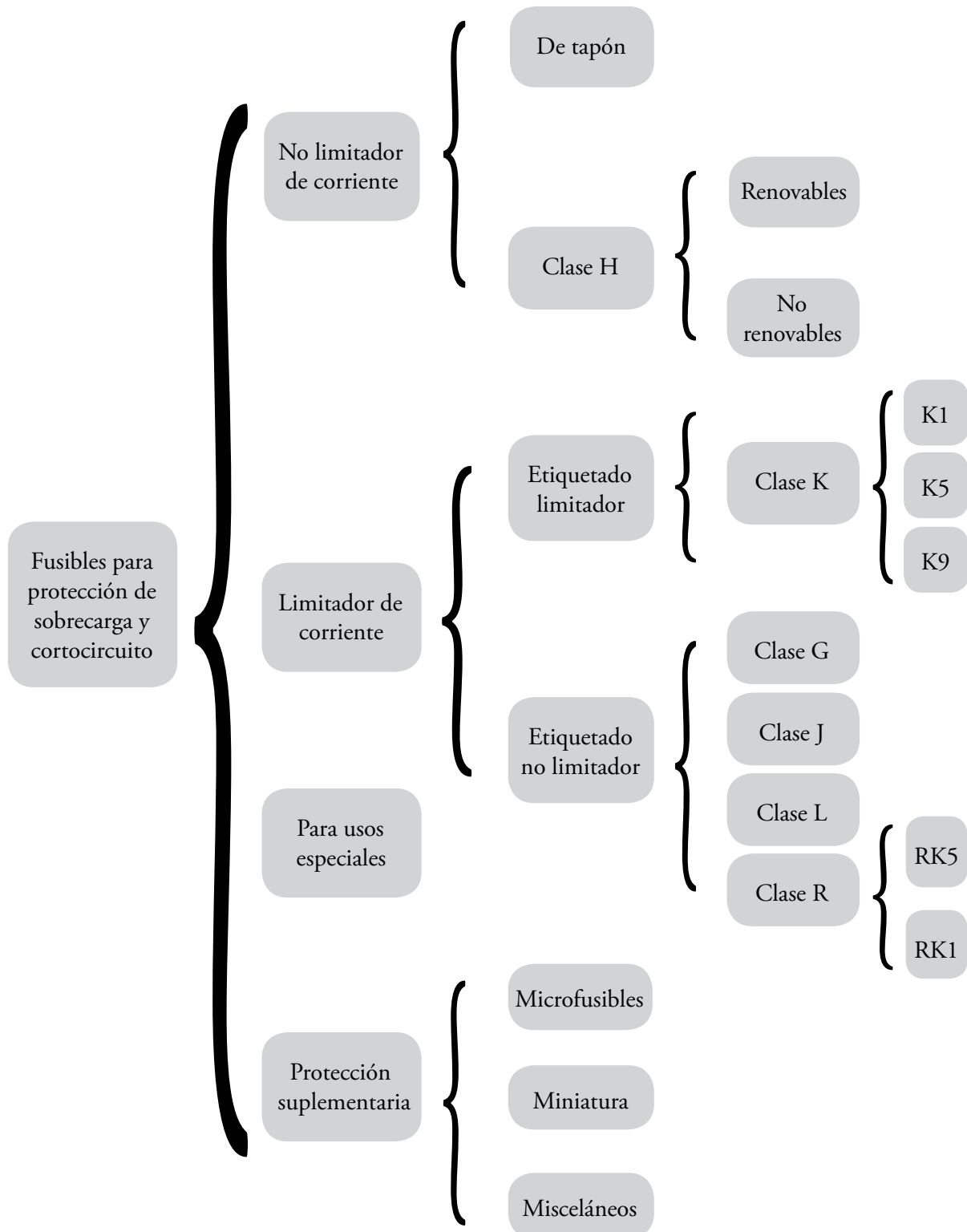
1. Pueden seleccionarse para proteger las corrientes reales de los motores, puesto que los fusibles pueden no operar con sobrecorrientes momentáneas inofensivas, evitando interrupciones innecesarias.
2. Proporcionan mayor protección contra fallas entre fases, ya que la sobrecarga en las restantes es 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.

Desventajas en el uso de fusibles

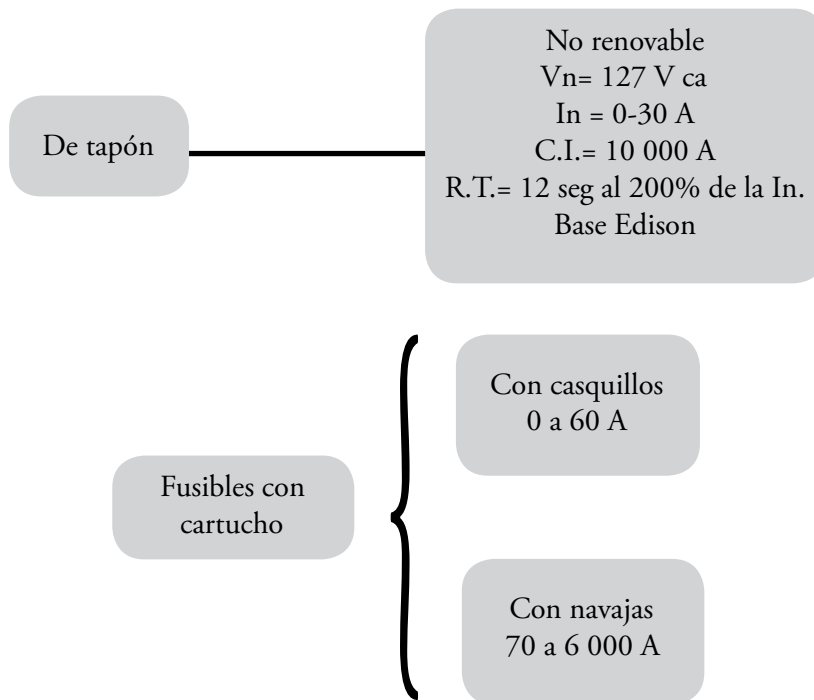
1. Las características de interrupción de un fusible no pueden ser revisadas sin que éste sea destruido.
2. Un fusible podrá realizar únicamente una interrupción, siendo necesario cambiar la unidad completa en caso de que se haya destruido por causa de una falla.
3. En algunos casos existe el riesgo 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.

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.

Construcción de fusibles

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

Los fusibles de tapón roscado (figura 1), constan de un elemento fusible, un cuerpo y una terminal.



Figura 1
Fusible de tapón rosca



Figura 2
Fusible tipo casquillo



Figura 3
Fusible tipo navaja

En las figuras 2 y 3 se ilustra la construcción de los fusibles cartucho renovables, de casquillo y de navajas respectivamente, en la que los eslabones fusibles son de zinc.



Figura 4. Eslabones fusibles

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

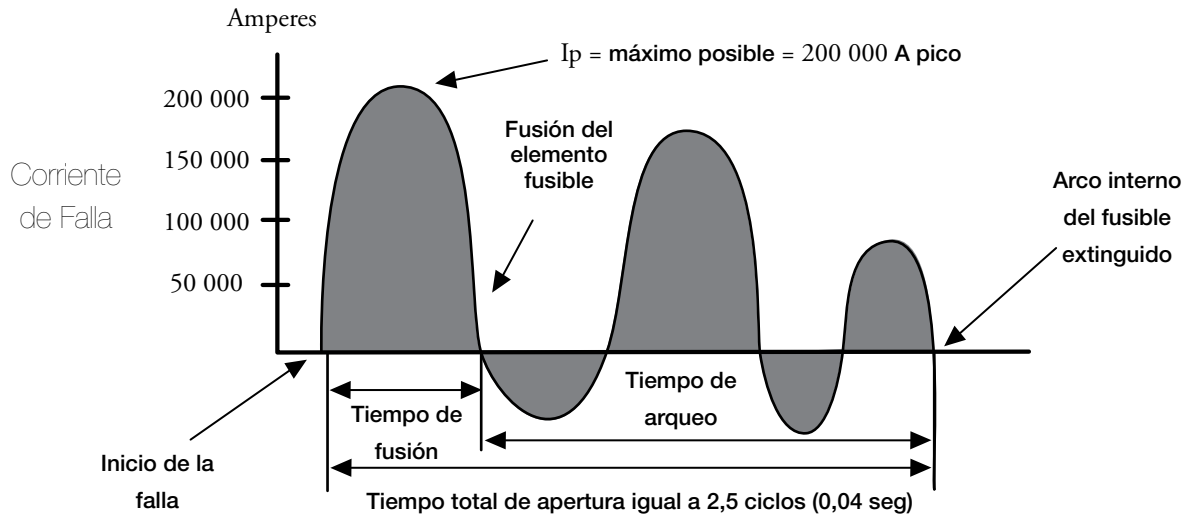
Bajo estas condiciones, los fusibles deben ofrecer la protección adecuada, evitando con ello que el equipo protegido se dañe a causa de elevadas corrientes de falla.

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

LÁMPARAS

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.

El uso de estas lámparas es prácticamente universal, ya que existen diferentes presentaciones, voltajes, formas y ofrecen una luz de calidad bastante aceptable.

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.

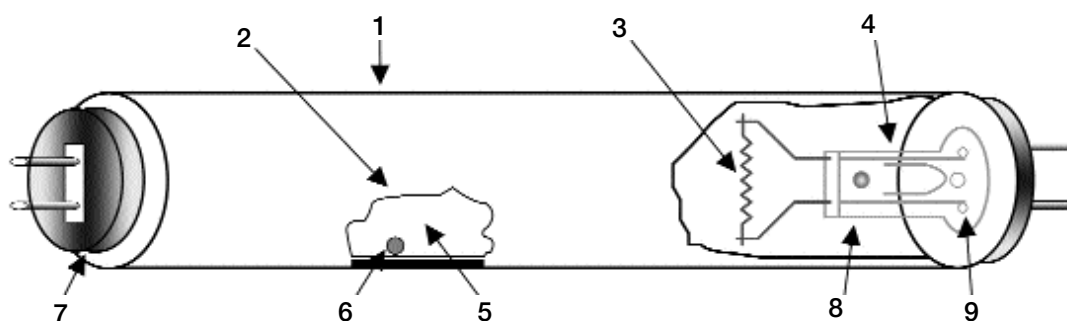
Actualmente estas lámparas ocupan un lugar muy importante dentro de la iluminación porque tienen variados usos, tanto en forma interior como exterior. Por ejemplo, en forma exterior en las vías de comunicación, como son calles, avenidas, etc., y en interiores como son grandes naves industriales, almacenes, 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 bajo voltaje, 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.

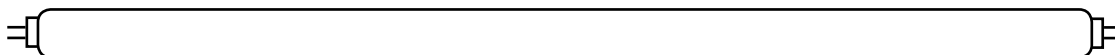
Lámparas fluorescentes

Los elementos que forman una lámpara fluorescente, los tenemos indicados en la siguiente figura:

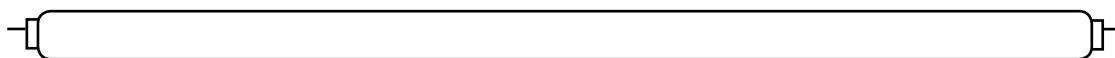


1. **Bulbo.** Mediante una clave que consiste en la letra *T* (debido a la forma tabular del tubo), se determina la forma y tamaño del mismo. Esta letra va seguida de un número que expresa el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Ejemplo: T-8, T-12.
2. **Fósforos.** El color de la luz producida por una lámpara fluorescente depende de la composición química del fósforo utilizado en el revestimiento interno del tubo. Combinando proporciones variantes de distintos fósforos se produce una amplia variedad de colores.
3. **Consiste generalmente en un alambre de tungsteno de doble o triple enrollamiento espiral.** Esta espiral lleva un revestimiento de un material emisor de electrones (bario, estroncio, óxido de calcio), cuya emisión tiene lugar a una temperatura de 950 °C.
4. **Tubo de vacío.** Este tubo se utiliza para la extracción del aire, cuando la lámpara está en fabricación y también para introducir el gas en el tubo.
5. **Gas.** El gas que generalmente se utiliza es el argón.
6. **Mercurio.** Éste va colocado en el bulbo en muy pequeñas cantidades para proveer el vapor del mercurio.
7. **Casquillo.** Se utilizan diferentes tipos de casquillos, que generalmente son:
 - G-13 para encendido normal.
 - R17D HO y VHO (alta y muy alta luminosidad, arranque rápido).
 - FA8 Slim line (arranque instantáneo).
8. **Prensado de la boquilla.** Los hilos de toma de corriente van en ese punto fusionados en el vidrio de la boquilla.
9. **Hilos de toma de corriente.** Van conectados a los pernos del casquillo y conducen la corriente hasta el cátodo.

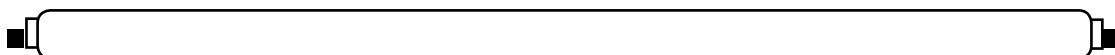
En el siguiente dibujo apreciamos los tres diferentes tipos de lámparas fluorescentes:



a) Arranque por precalentamiento base G13.



b) Arranque instantáneo Slim line base FA 8.



c) Alta luminosidad (HO); Muy alta luminosidad (VHO) base R17D.

Para que estas lámparas puedan funcionar necesitan de un equipo auxiliar, éste es un balastro.

El balastro, además de limitar o controlar la intensidad de corriente, tiene la función de regular la corriente necesaria para el precalentamiento de los electrodos y de proveer la tensión que ayude al encendido de la lámpara.

El cebador es un dispositivo auxiliar que utilizan las lámparas fluorescentes de precalentamiento para que junto con el balastro provean la tensión de encendido (tensión de arranque).

Las lámparas fluorescentes se dividen en tres grupos que son:

- a) Arranque rápido.

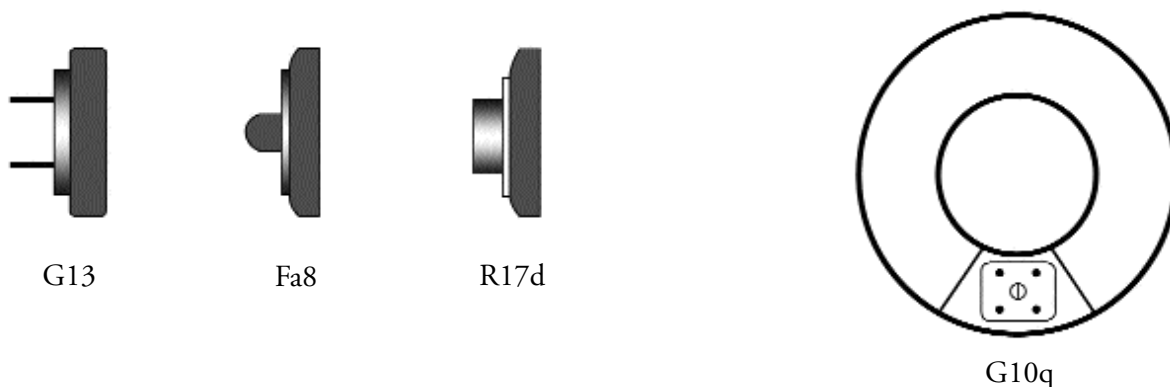
- b) Arranque instantáneo.
- c) Arranque por precalentamiento.

Arranque rápido. En estas lámparas, el precalentamiento se obtiene a través de un devanado de calentamiento para cada electrodo, incluido el balastro. Estas lámparas no requieren arrancador, pues encienden rápidamente, casi como las de arranque instantáneo. Es el tipo de lámpara que más se utiliza.

Arranque instantáneo. Estas lámparas se diseñaron para eliminar el dispositivo de arranque y conseguir un encendido más rápido. El dispositivo de arranque se eliminó al utilizarse un balastro que suministra a la lámpara una elevada tensión de arranque. Estas lámparas sólo llevan un perno de contacto en cada extremo y se les conoce con el nombre de Slim line, es decir *línea delgada*.

Arranque por precalentamiento. Estas lámparas utilizan un circuito de arranque con dispositivo arrancador que sirve para precalentar a los electrodos. Estas lámparas requieren además del balastro (reactor) un cebador.

En la siguiente figura se muestran los diferentes casquillos que utilizan las lámparas fluorescentes.



Las lámparas de precalentamiento y de arranque rápido llevan conectados dos pernos en cada extremo de la lámpara, es decir, casquillo G13.

En las lámparas circulares, los cátodos están conectados a una base con 4 pernos que se encuentran en unión de los dos extremos de la lámpara, casquillo G10Q.

Como se había mencionado anteriormente, las lámparas fluorescentes de alta emisión lumínica, así como las de muy alta emisión lumínica, tienen el casquillo R17D.

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.

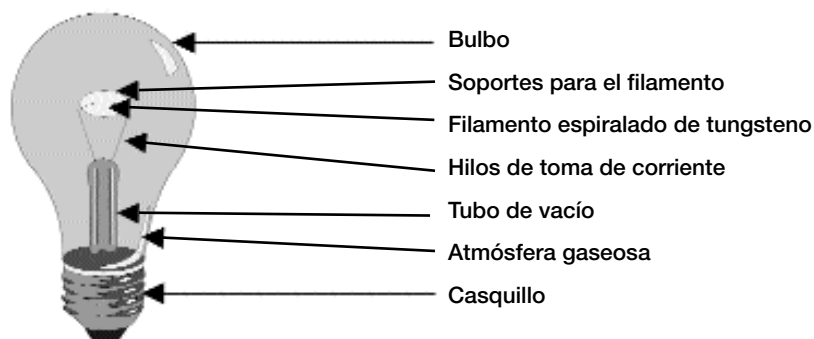
Oficinas: despachos, grandes oficinas, pasillos, salas de reunión. Escuelas: aulas, auditorios, jardines de infancia, bibliotecas, salas de lectura. Comercio: panaderías, comestibles, peluquerías, tiendas, supermercados. Centros sociales: hoteles, restaurantes, bares, teatros, museos, galerías de arte.

Lámparas incandescentes

La lámpara incandescente para alumbrado general es un elemento radiador compuesto por un filamento metálico de tungsteno en forma de espiral que se encuentra en el interior de una ampolla de vidrio previamente evacuada, es decir, al vacío, o en atmósfera de gas inerte. Este elemento es calentado al rojo blanco por la corriente eléctrica que pasa a través de él, de manera que, además del calor, también emite luz.

La lámpara incandescente tiene la ventaja de que su construcción es sencilla y su funcionamiento, simple.

A continuación se muestran los principales componentes de las lámparas fluorescentes:



Existe una muy amplia variedad de tipos de focos incandescentes, los que fundamentalmente se identifican por el tipo de bulbo que llevan, siendo la lámpara incandescente la que más tiempo tiene de uso. Sus aplicaciones y variaciones en el transcurso de los años se han ido diversificando, por lo que en la actualidad la variedad de lámparas incandescentes es impresionante.

Focos incandescentes de alumbrado general. Dentro de esta gran gama existen diferentes tipos de bulbos, como los A-19 (foco casero), A-21, A-23, PS-25, PS-30, PS-35 y PS-40, que son focos más grandes que el A-19. Estos focos se fabrican para funcionar en 125, 140, 220, 250 volts y se utilizan en alumbrado del sector privado, así como industrial.

Algunos tipos de estos focos son:

- Focos normales de bajo voltaje.
- Focos luz de día.

- Focos repelentes para insectos.
- Focos decorativos A-19.
- Focos decorativos.
- Focos decorativos plateados.
- Focos decorativos esfera.
- Focos para horno-refrigerador.
- Focos decorativos tipo globo.
- Focos para anuncio.
- Foco decorativo Navidad.
- Foco para semáforo.
- Focos reflectores para uso exterior.
- Lámparas incandescentes halógenas.

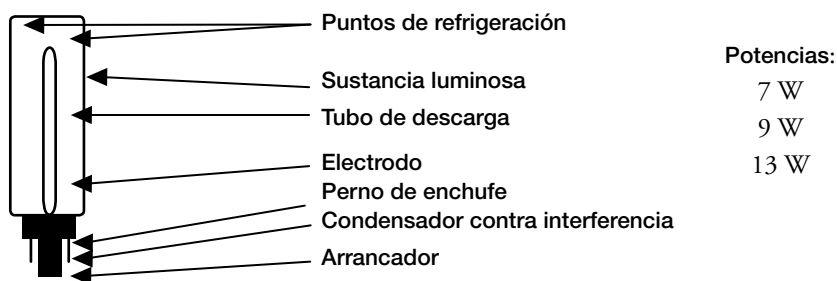
Lámparas ahorradoras de energía. Todo se origina a raíz de la crisis petrolera de la primera década de los setenta con sus exigencias consecuentes: el aprovechamiento más racional de la energía eléctrica cada vez más escasa y cara. Esto da comienzo al desarrollo de una nueva lámpara.

Las ventajas que presentan estas lámparas son:

- Lámparas compactas con alto rendimiento luminoso.
- Reducido consumo de energía eléctrica.
- 10 000 h promedio de vida.
- Luz cálida y agradable, como la de una lámpara incandescente.
- Casquillo empotrable.

Se ofrecen en dos opciones de conexión:

- El balastro y lámpara en forma separada, porque el balastro se puede colocar donde más convenga en la luminaria.
- Con adaptador, siendo la conexión más sencilla ya que sustituye al soquet normal por el adaptador con casquillo E-27

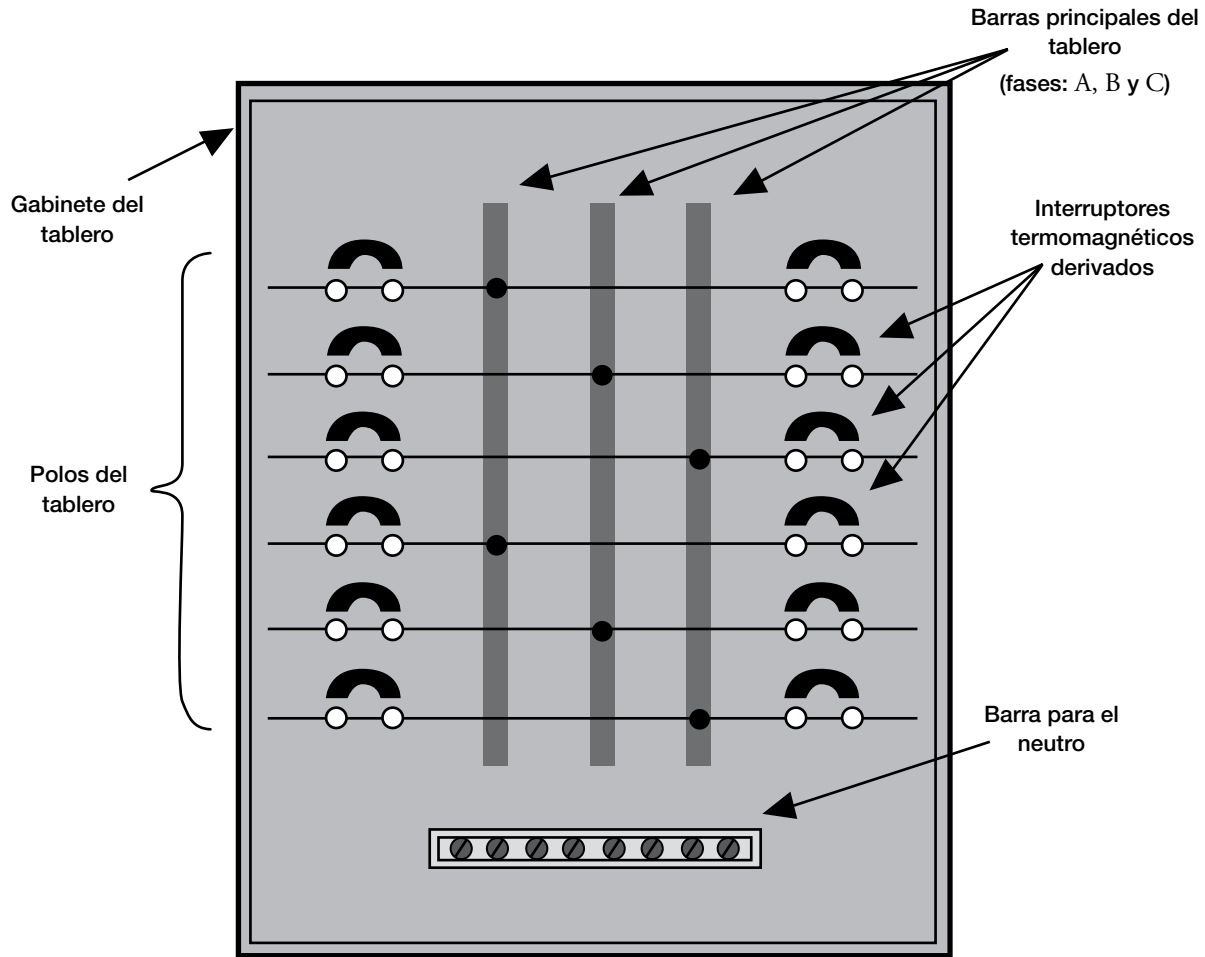


CENTROS DE CARGA Y TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

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.



Esquema de un tablero con sus partes componentes

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

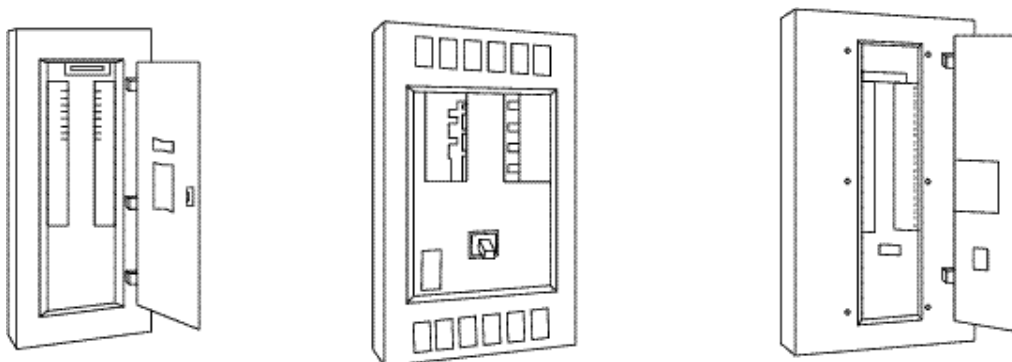
- Dividir un circuito eléctrico en varios circuitos derivados.
- Proveer de un medio de conexión y desconexión manual a cada uno de los circuitos derivados.
- Proteger a cada uno de los circuitos contra sobrecorrientes.
- Concentrar en un solo punto todos los interruptores.

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.



CONTACTOS Y APAGADORES

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, los voltajes 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.

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.

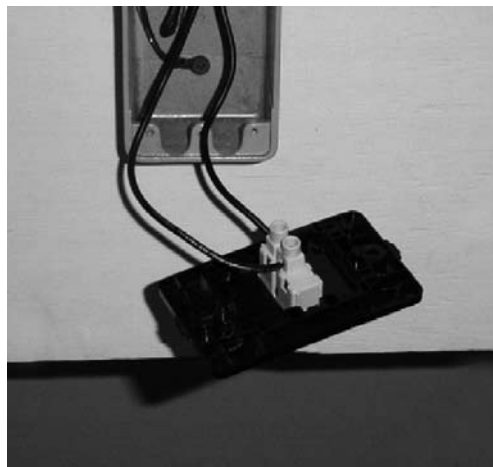
Cuando se trate de apagadores para alumbrado en casas habitación, oficinas y centros comerciales la altura máxima desde el nivel del piso será de 1,2 y 1,35 m.

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.



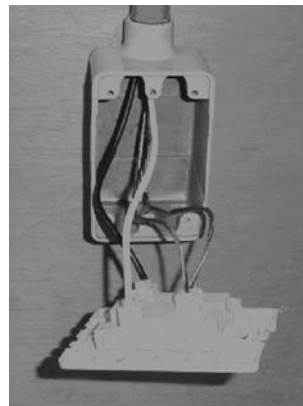
Apagador de tres vías. Los llamados apagadores de tres vías se usan principalmente para controlar lámparas desde dos puntos distintos, por lo que se requieren dos apagadores de tres vías para cada instalación donde se requiere este tipo de control. Estos apagadores tienen normalmente tres terminales.

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.

Contactos

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



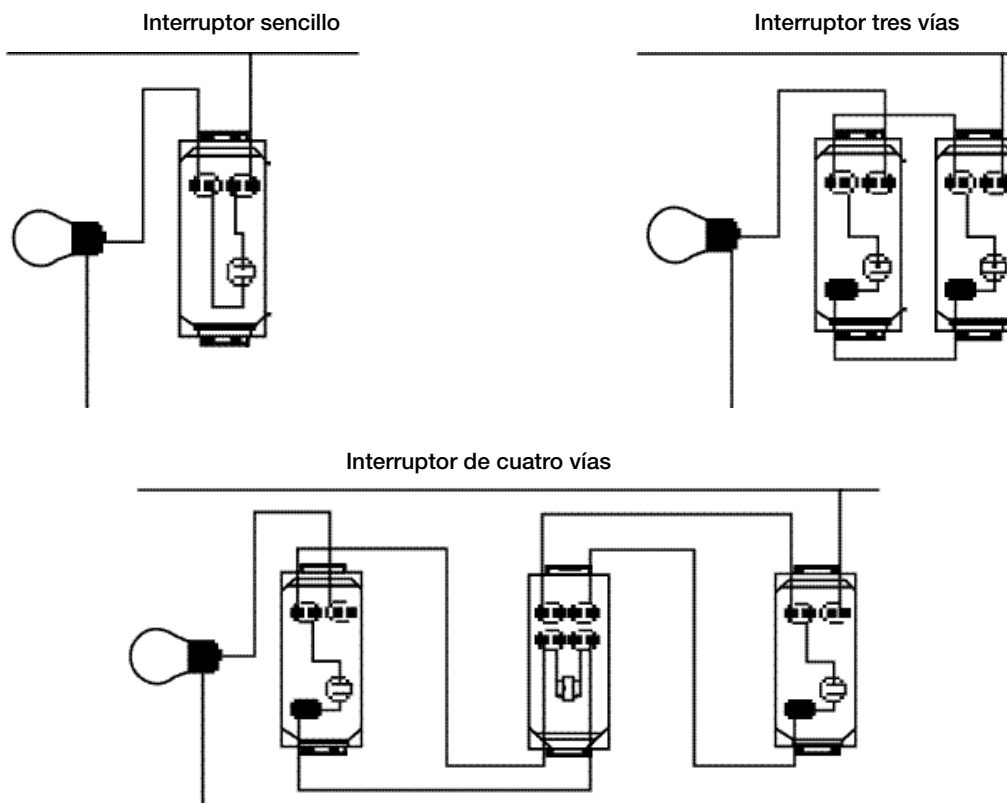
Los contactos pueden ser sencillos o dobles, del tipo polarizado (para conexión a tierra) y a prueba de agua. En los casos más comunes vienen sencillos pero se pueden instalar en cajas combinadas con apagadores.

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*.

Algunos diagramas de alambrado:



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.

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 mampostería, pero en lugares secos no expuestos a humedad o ambientes corrosivos. Estos tubos no tienen sus extremos roscados y tampoco usan los mismos conectores que los tubos metálicos 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").

Tubo (conduit) no metálico

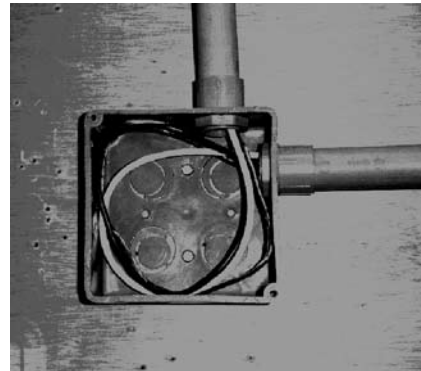
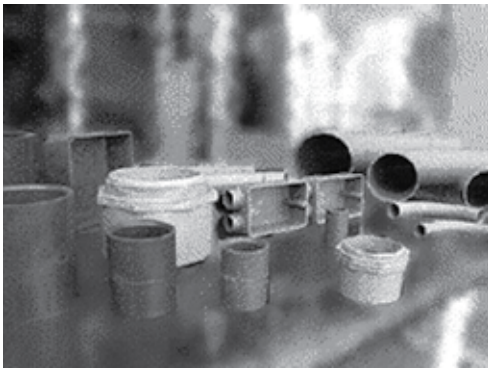
En el mercado podemos encontrar muchos tipos de tubos (conduit) no metálicos que tienen una gran variedad de aplicaciones y están contruidos de distintos materiales como el policloruro de vinilo (PVC), la fibra de vidrio, el polietileno, etc.

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.

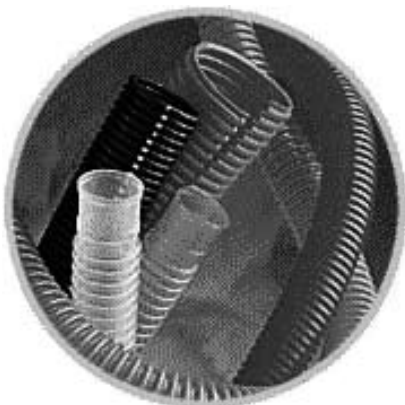
Se puede usar en:

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.



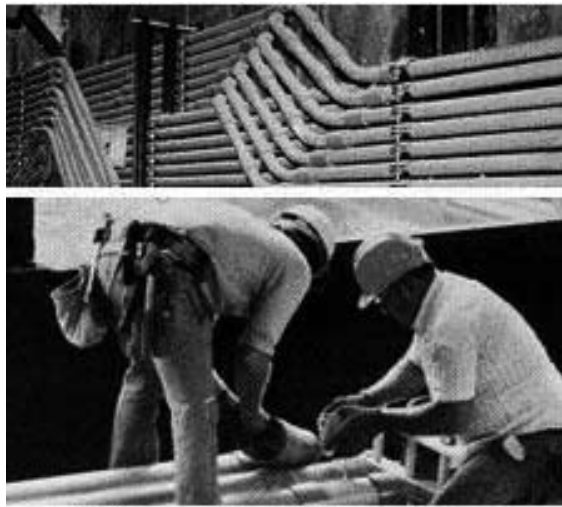
Tubo de polietileno. El tubo (conduit) de polietileno debe ser resistente a la humedad y a ciertos agentes químicos específicos. Su resistencia mecánica debe ser adecuada para proporcionar protección a los conductores y soportar el trato rudo a que se ve sometido durante su instalación. Por lo general se le identifica por el color anaranjado. Puede operar con voltajes 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.



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.

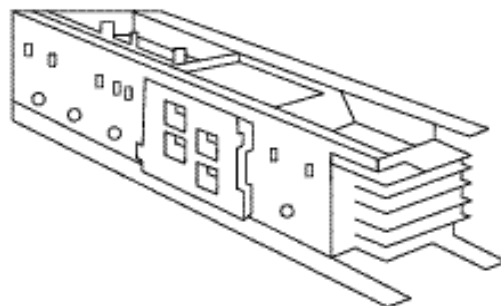
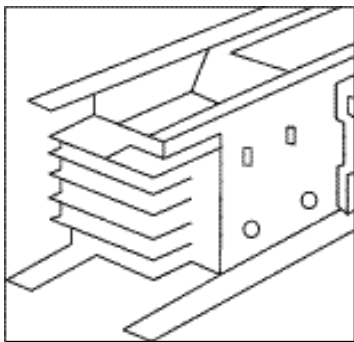


Bus ducto (electroducto)

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.



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.

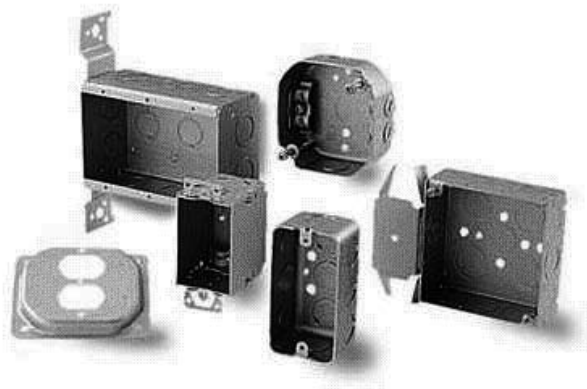
Cajas metálicas para propósitos generales. Estas cajas de propósitos generales se clasifican en los siguientes tipos:

- 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).



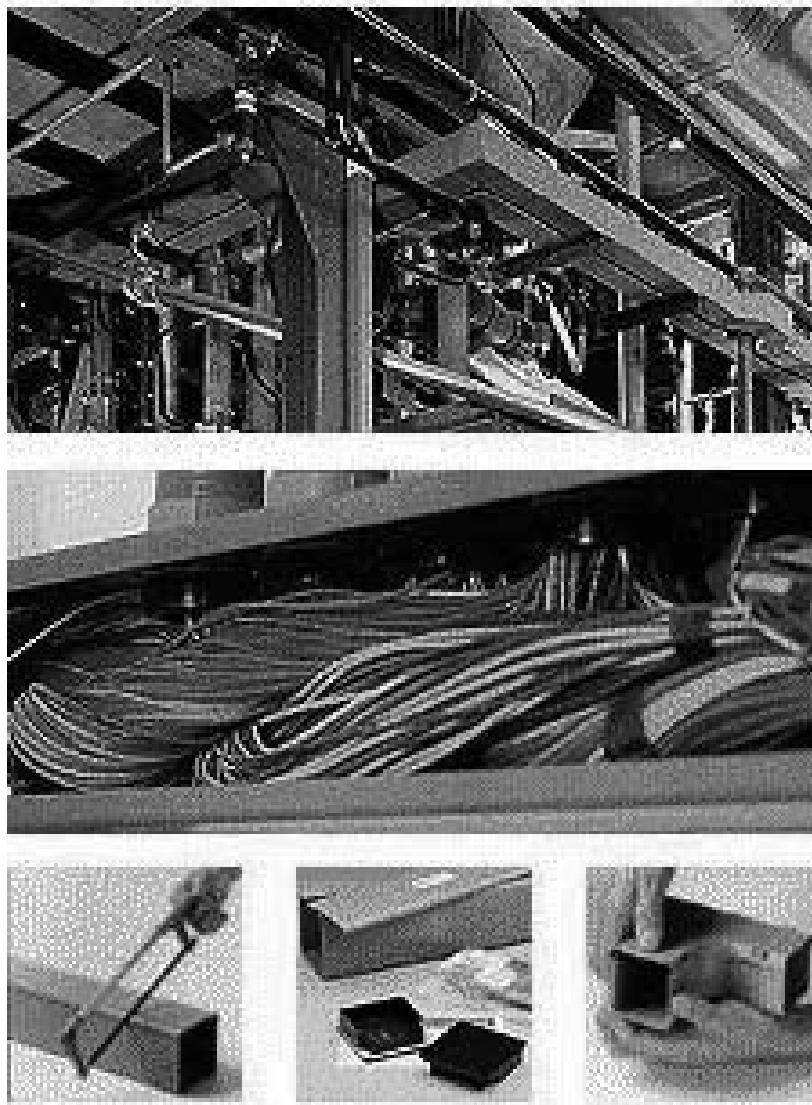
Ductos metálicos con tapa

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) 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.



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***

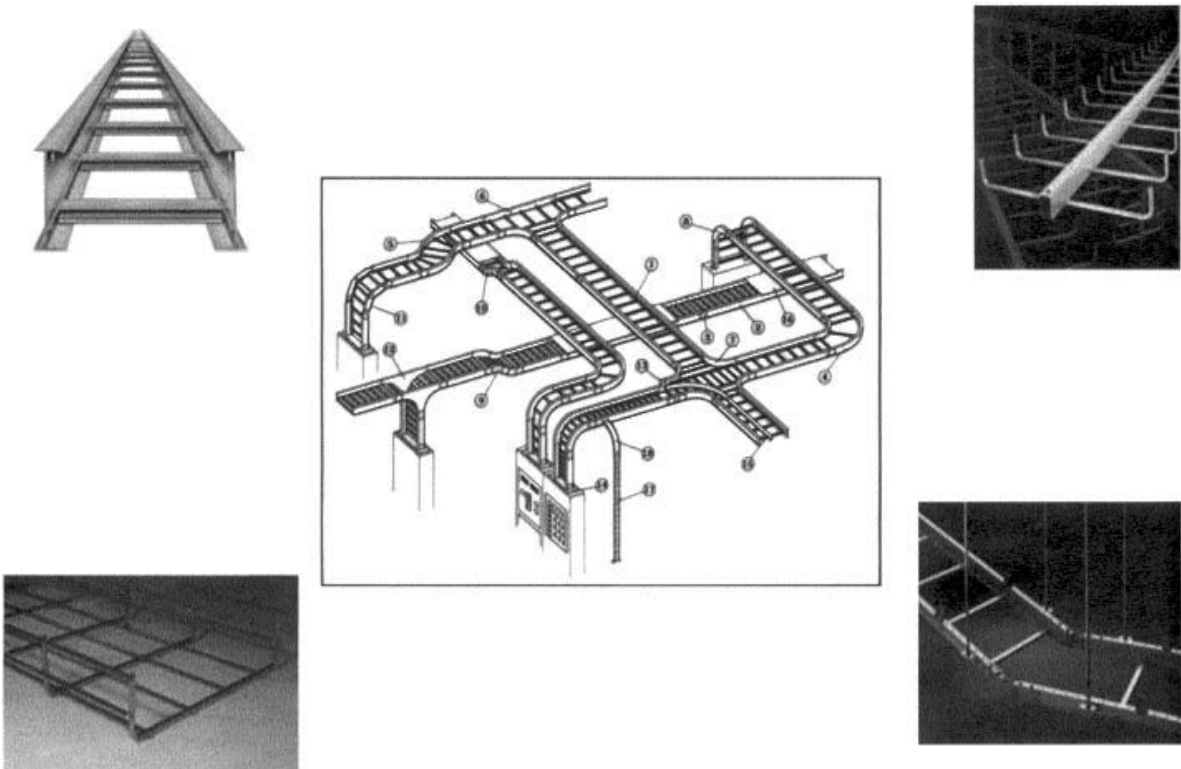
Tienen un fondo continuo ya sea ventilado o no ventilado y con ancho estándar de: 15, 22, 30 y 60 cm. Este tipo de charola se usa cuando los conductores son pequeños y requieren de un soporte completo.

- ***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.



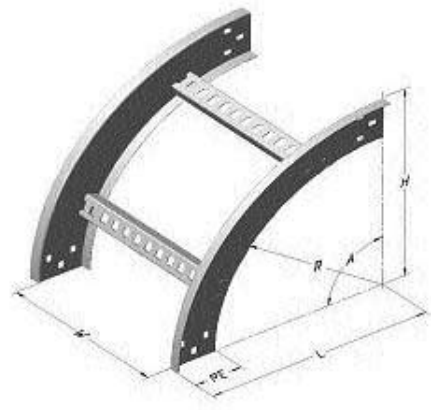
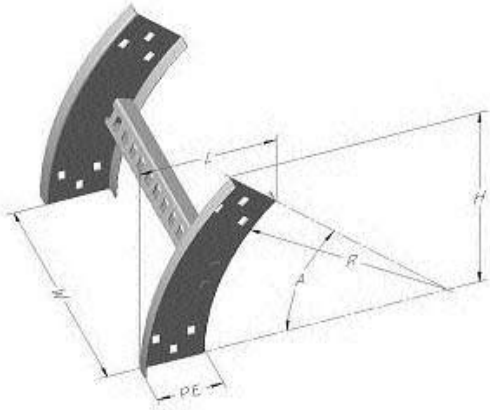
- ***Soporte recto***

Soporte para cables que no presenta derivación, cambio de dirección o de tamaño. Se ofrece en un largo de 3,66 m.



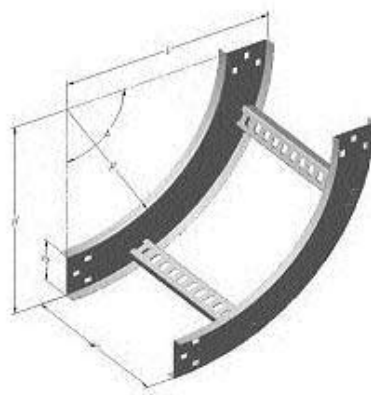
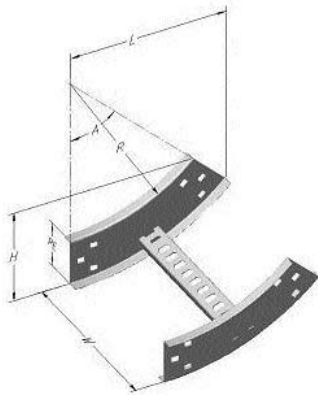
- **Curva vertical exterior**

Accesorio que permite el cambio de dirección de un soporte recto para cables hacia abajo del plano horizontal. Se ofrece a 90° y 45°.



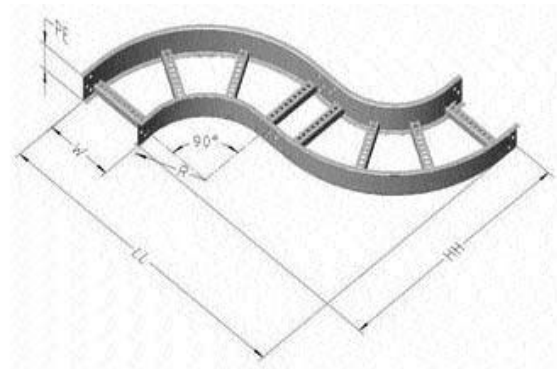
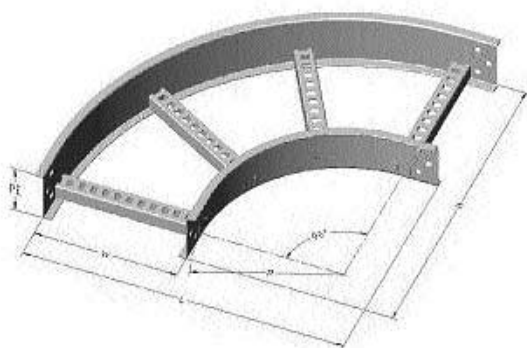
- **Curva vertical interior**

Accesorio que permite el cambio de dirección de un soporte recto para cables hacia arriba del plano horizontal. Se ofrece a 90° y 45°.



- **Curva horizontal a 90°**

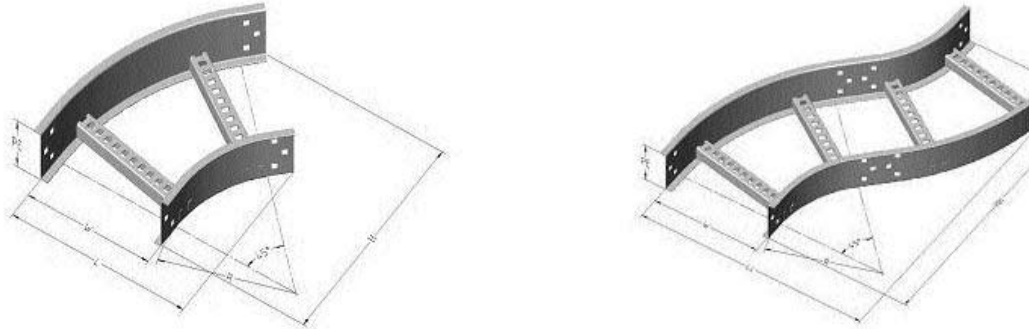
Accesorio que permite el cambio de dirección de un soporte recto para cables en el plano horizontal 90°. Se ofrece en dos diseños: curva horizontal sencilla a 90° y arreglo encontrado con dos charolas curvas horizontales a 90°.



- **Curva horizontal a 45°**

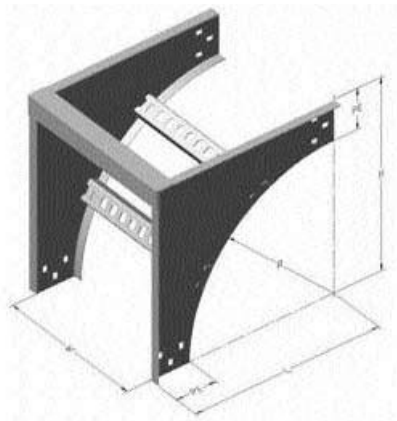
Accesorio que permite el cambio de dirección de un soporte recto para cables en el plano horizontal 45°.

Se ofrece en dos diseños; curva horizontal sencilla a 45° y arreglo encontrado con dos charolas curvas horizontales a 45°.



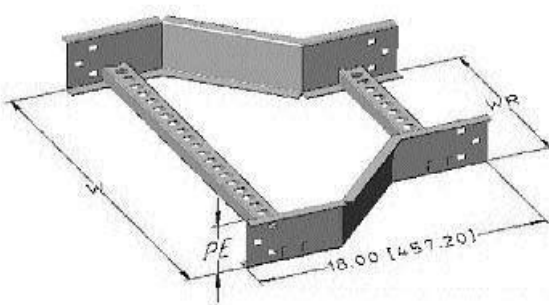
- **Curva vertical para soportes**

Accesorio que permite el cambio de dirección de un soporte recto para cables, hacia abajo del plano horizontal, ofreciendo dos direcciones para el acomodo de cables.

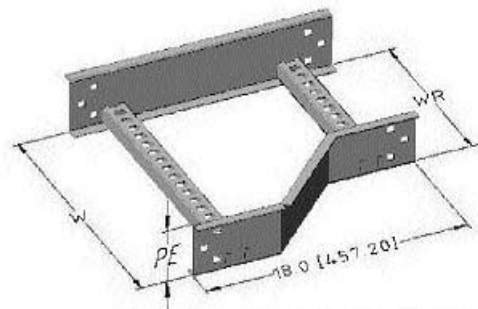


- **Reducciones rectas, laterales derechas o laterales izquierdas**

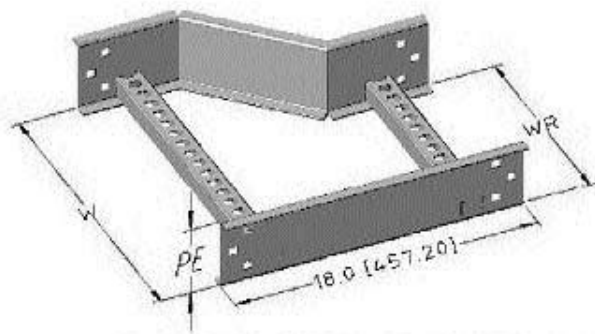
Accesorios que permiten la unión de tramos rectos de diferentes anchos en el mismo plano.



Charola con Reducción Recta (HRR)



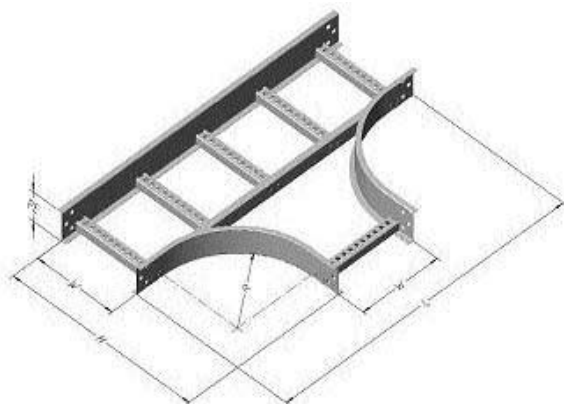
Charola con Reducción Lateral (HRL)



Charola Con Reducción Recta (HRLD)

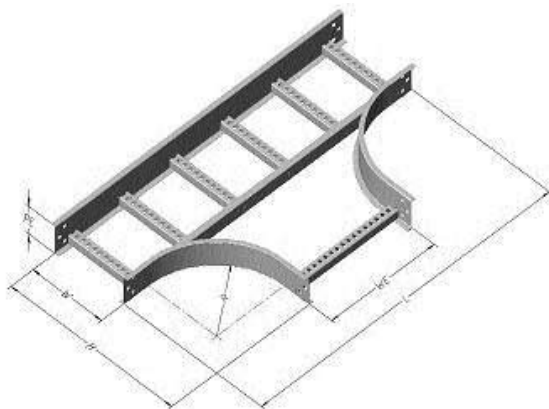
- ***T horizontal***

Accesorio que une soportes rectos para cables en tres direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano horizontal.



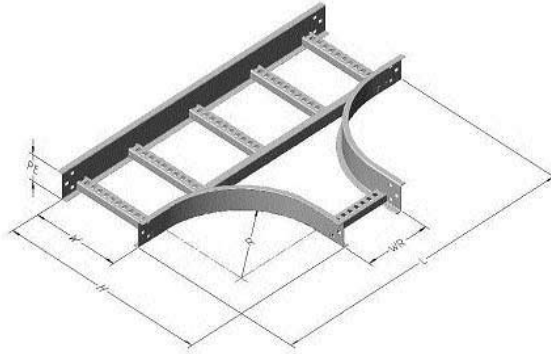
- ***T horizontal con expansión***

Accesorio que une soportes rectos para cables en tres direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano horizontal. Dos soportes rectos para cables del mismo ancho y uno de mayor ancho que los anteriores.



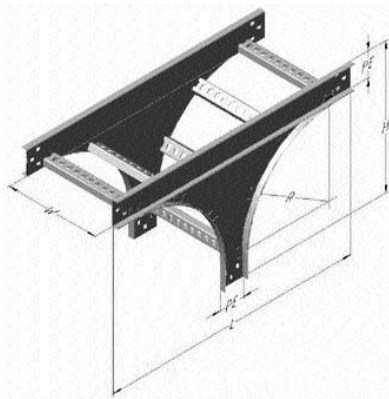
- **T horizontal con reducción**

Accesorio que une soportes rectos para cables en tres direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano horizontal. Dos soportes rectos para cables del mismo ancho y uno de menor ancho que los anteriores.



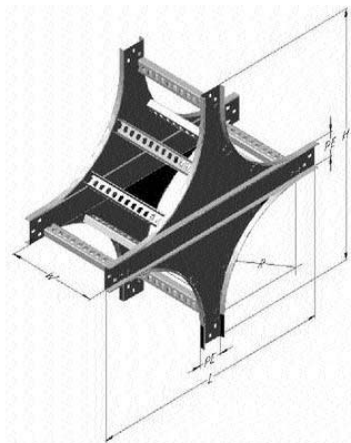
- **T vertical para soportes**

Accesorio que une soportes rectos para cables en tres direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano vertical.



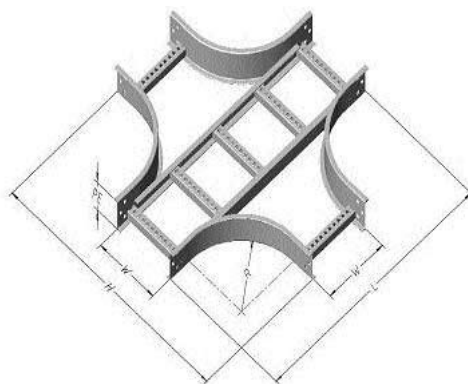
- **X vertical para soportes**

Accesorio que une soportes rectos para cables, en cuatro direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano vertical.



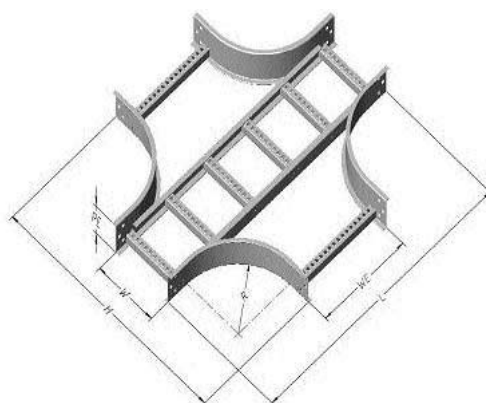
- ***X horizontal***

Accesorio de un soporte para cables que une tramos rectos, en cuatro direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano horizontal.



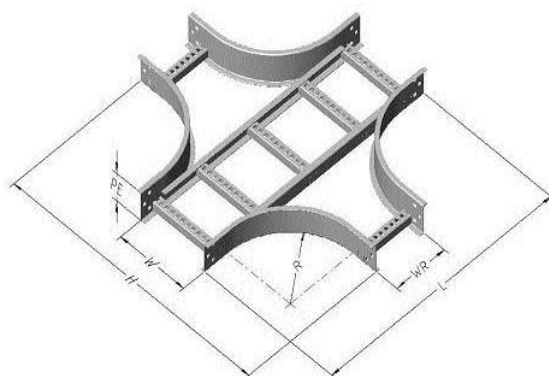
- ***X horizontal con expansión***

Accesorio de un soporte para cables que une tramos rectos, en cuatro direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano horizontal. Dos soportes rectos para cables del mismo ancho y dos de mayor ancho que los anteriores.



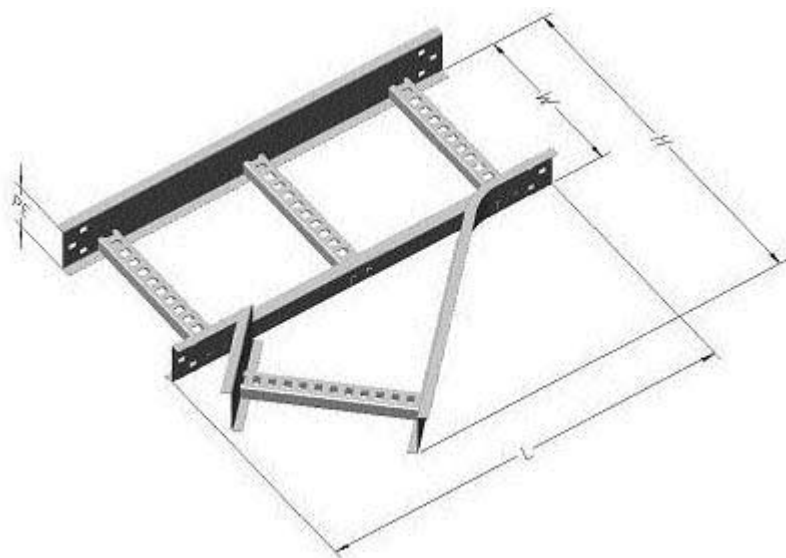
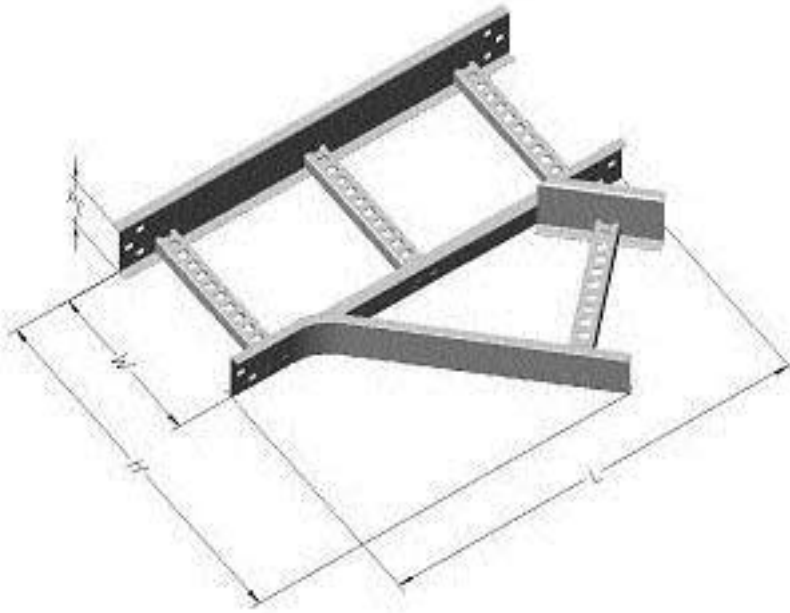
- ***X horizontal con reducción***

Accesorio de un soporte para cables que une tramos rectos, en cuatro direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano horizontal. Dos soportes rectos para cables del mismo ancho y dos de menor ancho que los anteriores.



- ***Y horizontal derecha o izquierda***

Accesorio que permite una derivación de un soporte recto para cables a la derecha o la izquierda, en el plano horizontal.

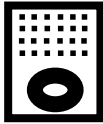
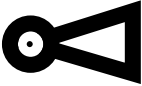
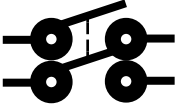
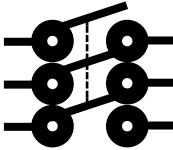
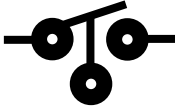
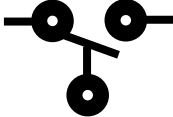


SIMBOLOGÍA E INTERPRETACIÓN DE PLANOS

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. A continuación presentamos los más utilizados:

	Salida de centro incandescente		Arbotante incandescente interior
	Arbotante incandescente intemperie		Arbotante fluorescente interior
	Lámpara fluorescente		Receptáculo sencillo en muro
	Receptáculo sencillo en piso		Receptáculo sencillo controlado por apagador
	Receptáculo múltiple en muro		Receptáculo sencillo intemperie
	Salida especial		Apagador sencillo
	Apagador sencillo de puerta		Apagador sencillo de cadena
	Apagador de tres vías o de escalera		Apagador de cuatro vías, de escalera o paso
	Tablero general		Tablero de fuerza
	Campana		Zumbador
	Interruptor flotador		Botón de timbre
	Ventilador		Salida para televisión

	Registro en muros o losa		Teléfono directo
	Extensión telefónica		Tablero de portero eléctrico
	Teléfono de portero eléctrico		Línea por muro y losa
	Línea por piso		Tubería para teléfono
	Cuadro indicador		Medidor de la CFE o LyFC
	Interruptor termomagnético		Fusible
	Interruptor (de navajas) 1 polo		Interruptor (de navajas) o cuchillas de 2 polos
	Interruptor (de navajas) o cuchillas de 3 polos		Interruptor de presión para flotador en posición abierta (con tanque elevado lleno)
	Interruptor de presión para flotador en posición abierta (con tanque bajo o cisterna sin agua)		

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.

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 casas habitación individuales y en los departamentos de edificios multifamiliares se debe 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.

En trabajos relativamente pequeños, el electricista puede elaborar un plano preliminar y de común acuerdo con el propietario determinar las particularidades de la instalación indicándolas en el plano. Esto lo puede elaborar la persona encargada de hacer la instalación eléctrica y sólo obtener la aprobación de la casa habitación.

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.

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.

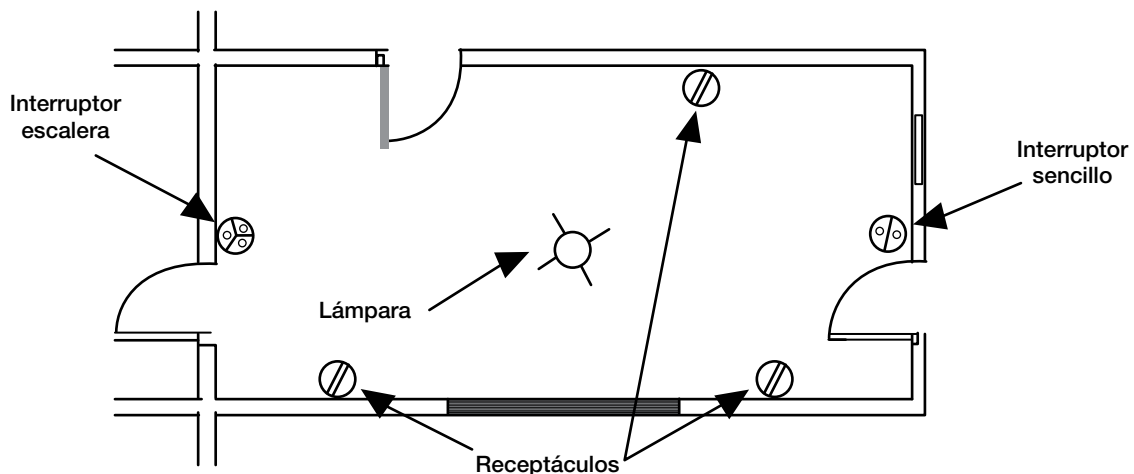
El conocimiento general de estas tres etapas en el inicio del cálculo o proyecto de una instalación eléctrica, permitirá disponer de la información necesaria para el cálculo propiamente dicho de la instalación eléctrica.

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.

En la siguiente figura se muestra el principio básico de estos diagramas:



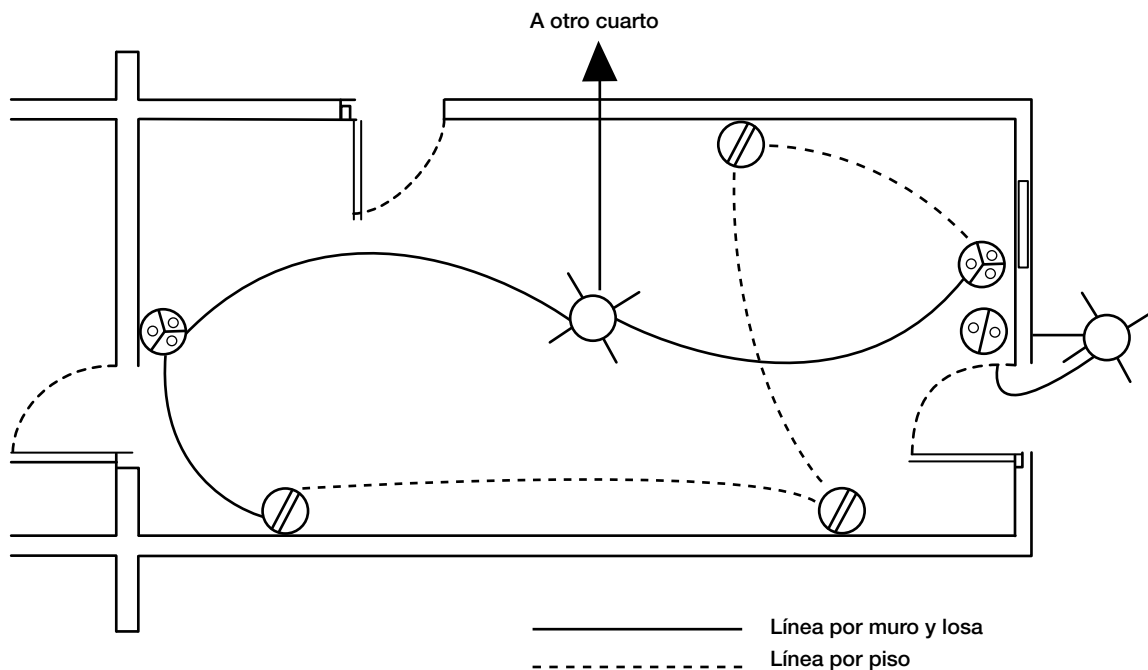
Planta simplificada de un cuarto de una casa habitación

Elaboración de los diagramas de alambrado

Acabamos de ver los elementos que aparecen en el plano de la instalación eléctrica de una casa habitación. 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 de una casa habitación, 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 (recámaras, sala, comedor, cocina, baño, etc.), 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.



Planta simplificada de un cuarto de una casa habitación, mostrando posibles trayectorias de tubo (conduit) para alambrado a las salidas.

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

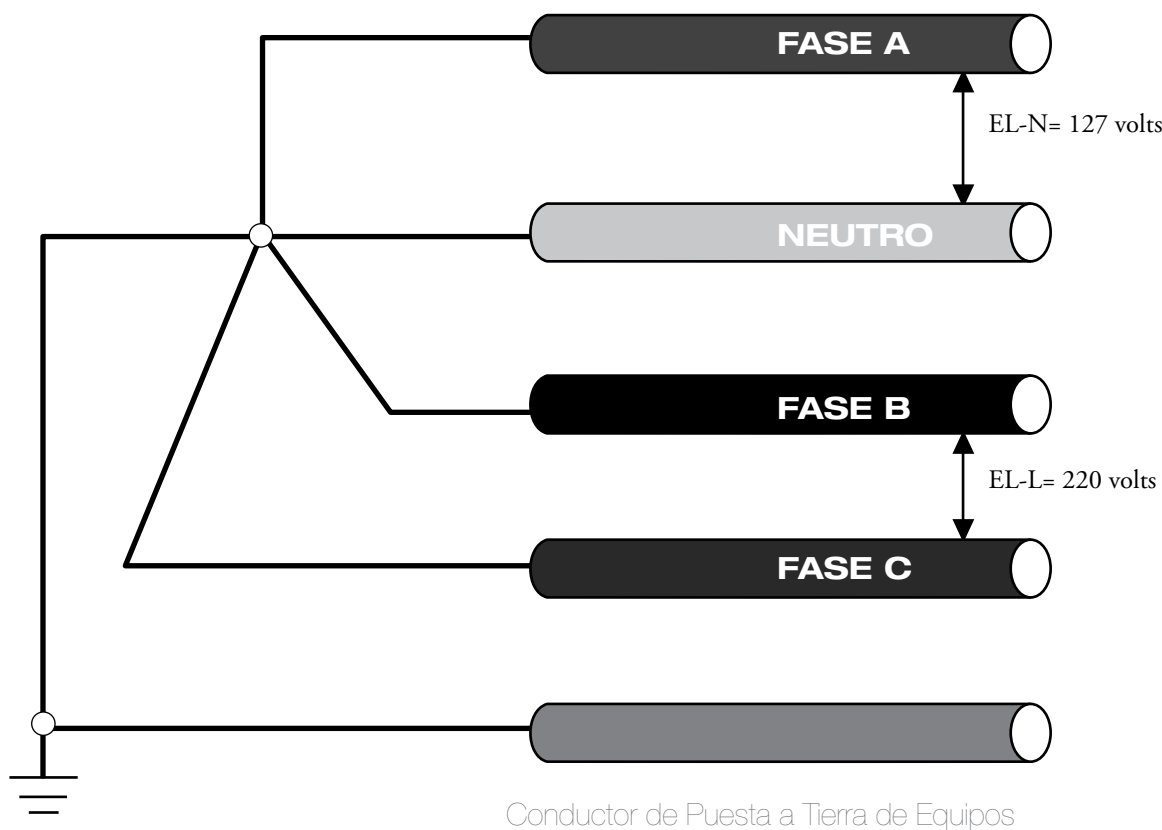
N = conductor neutro

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.



Identificación de conductores en un sistema de baja tensión.



Normatividad y diseño

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.



Asociación de Normalización y Certificación, A.C.

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.

A continuación se muestra una lista de algunas de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX) que deben cumplir los productos eléctricos:

Tabla B1.2
Listado de normas de productos eléctricos

Norma	Título
NOM-003-SCFI-2000	Productos eléctricos especificaciones de seguridad.
NOM-058-SCFI-1999	Productos eléctricos-balastos para lámparas de descarga eléctrica en gas-especificaciones de seguridad.
NOM-063-SCFI-2001	Productos eléctricos-conductores-requisitos de seguridad.
NOM-064-SCFI-2000	Productos eléctricos-luminarios para uso en interiores y exteriores-especificaciones de seguridad y métodos de prueba.
NOM-021-ENER/SCFI/ECOL/SCFI-2000	Eficiencia energética, requisitos de seguridad al usuario y eliminación de clorofluorocarbonos (CFC's) en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
NOM-011-ENER-2002	Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central paquete o dividido. Límite, métodos de prueba y etiquetado.
NOM-014-ENER-2004	Eficiencia energética de motores eléctricos de corriente alterna, monofásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal de 0,180 kW a 1 500 kW. Límites, método de prueba y marcado.
NOM-016-ENER-2002	Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado.
NMX-J-002-ANCE-2001	Conductores-alambres de cobre duro para usos eléctricos-especificaciones.
NMX-J-008-ANCE-2001	Conductores-alambres de cobre estañado suave o recocido para usos eléctricos-especificaciones.

Norma	Título
NMX-J-009/248/1-ANCE-2000	Productos eléctricos-fusibles-fusibles para baja tensión, parte 1: requisitos generales.
NMX-J-009/248/7-ANCE-2000	Productos eléctricos-fusibles-fusibles para baja tensión, parte 7: fusibles renovables letra h-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-009/248/11-ANCE-2000	Productos eléctricos-fusibles-fusibles para baja tensión, parte 11: fusibles tipo tapón-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-010-ANCE-2005	Conductores-conductores con aislamiento termoplástico para instalaciones hasta 600 V-especificaciones.
NMX-J-012-ANCE-2002	Conductores-cable de cobre con cableado concéntrico para usos eléctricos-especificaciones.
NMX-J-024-1995-ANCE	Artefactos eléctricos-portalámparas roscados tipo Edison-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-028-ANCE-2001	Conductores-cables concéntricos tipo espiral para acometida aérea a baja tensión, hasta 600 V-especificaciones.
NMX-J-036-ANCE-2001	Conductores-alambre de cobre suave para usos eléctricos-especificaciones
NMX-J-058-ANCE-2001	Conductores-cable de aluminio con cableado concéntrico y alma de acero (ACSR)-especificaciones.
NMX-J-059-ANCE-2004	Conductores-cable de cobre con cableado concéntrico compacto, para usos eléctricos-especificaciones.
NMX-J-116-ANCE-2005	Transformadores de distribución tipo poste y tipo subestación-especificaciones.
NMX-J-285-1996-ANCE	Transformadores de distribución tipo pedestal monofásico y trifásico para distribución subterránea.
NMX-J-429-ANCE-2002	Conductores-alambres, cables y cordones con aislamiento de PVC 80 °C, 90 °C y 105 °C, para usos electrónicos-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 eléctricos-requisitos de seguridad-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-511-ANCE-1999	Productos eléctricos-sistemas de soportes metálicos tipo charola para cables-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-554-ANCE-2004	Roscas para tubo (conduit) y sus accesorios-especificaciones y método de prueba.
NMX-J-005-ANCE-2005	Productos eléctricos-interruptores de uso general para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y similares-requerimientos generales.
NMX-J-023-ANCE-2000	Productos eléctricos-cajas registro metálicas de salida-parte 1: especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-266-ANCE-1999	Productos eléctricos-interruptores-interruptores automáticos en caja moldeada-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-412/1-ANCE-2004	Clavijas y receptáculos para uso doméstico y similar, parte 1: requisitos generales.
NMX-J-569-ANCE-2005	Accesorios eléctricos-interruptores automáticos para la protección contra sobrecorriente en instalaciones domésticas y similares-interruptores automáticos para operación con ca
NMX-J-538/2-ANCE-2005	Productos de distribución y de control de baja tensión parte 2: interruptores automáticos.
NMX-J-520-ANCE-2002	Interruptor de circuito por falla a tierra-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-515-ANCE-2003	Equipos de control y distribución-requisitos generales de seguridad-especificaciones y métodos de prueba.

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.”

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.

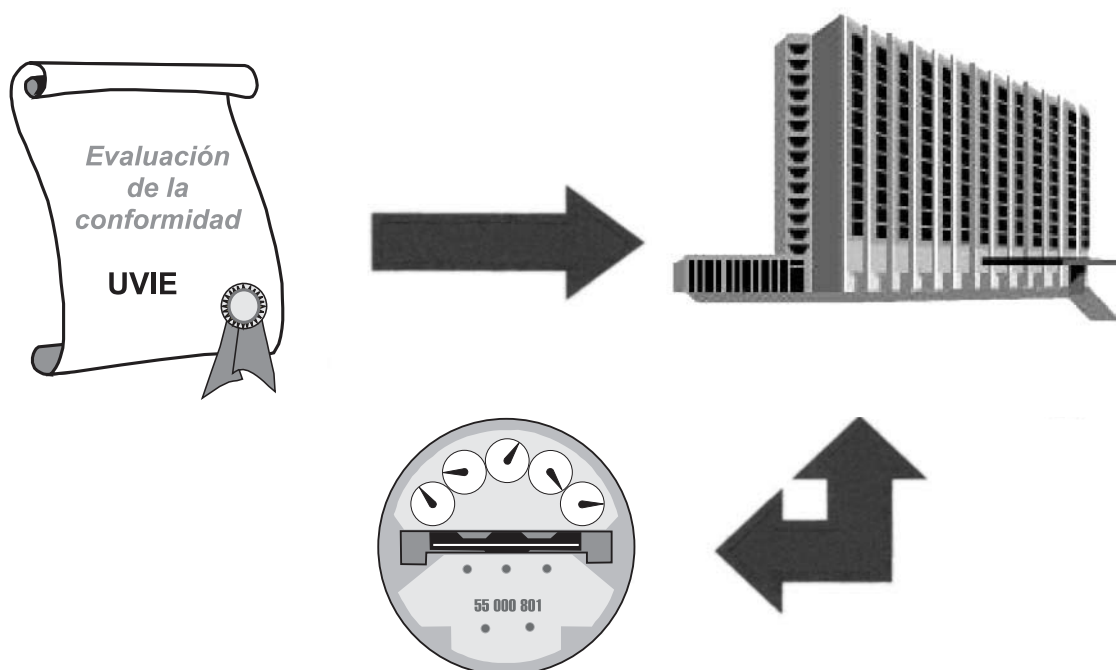
Básicamente una Unidad de Verificación realiza lo siguiente:

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

Las instalaciones eléctricas que deben verificarse son las de A.T., con valores superiores de 1 000 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 o LyFC para poder hacer su contrato de suministro eléctrico.

**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 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 la siguiente tabla se indican las magnitudes, unidades y símbolos utilizados en la NOM 001-SEDE-2005:

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 ²
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 ²
Luminosidad, iluminancia	Lux	Lx

Magnitud	Unidad	Símbolo
Masa	Kilogramo	kg
Potencia, flujo energético	Watt	W
Presión, tensión mecánica	Pascal	Pa
Resistencia eléctrica	Ohm	Ω
Resistividad	Ohmmetro	Ωm
Superficie	Metro cuadrado	m^2
Temperatura celsius	Grado celsius	$^{\circ}\text{C}$
Tensión eléctrica, diferencia de potencial	Volt	V
Tiempo	Segundo	s
Trabajo, energía, calor	Joule	J
Volumen	Metro cúbico	m^3
	Litro	l, L

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”.

A continuación se proporciona el índice del Título 4 de la NOM-001-SEDE-2005:

Índice

4.1. Capítulo 1: Disposiciones generales

Artículo 100 Definiciones

Artículo 110 Requisitos de las instalaciones eléctricas

4.2. Capítulo 2: Alambrado y protección

Artículo 200 Uso e identificación de los conductores puestos a tierra

Artículo 210 Circuitos derivados

Artículo 215 Alimentadores

Artículo 220 Cálculo de los circuitos derivados, alimentadores y acometidas

Artículo 225 Circuitos alimentadores y derivados exteriores

Artículo 230 Acometidas

Artículo 240 Protección contra sobrecorriente

Artículo 250 Puesta a tierra

Artículo 280 Apartarrayos

Artículo 285 Supresores de sobretensiones transitorias (SSTT)

4.3. Capítulo 3: Métodos de alambrado y materiales

Artículo 300 Métodos de alambrado

Artículo 305 Instalaciones provisionales

Artículo 310 Conductores para alambrado en general

Artículo 318 Soportes tipo charola para cables

Artículo 320 Alambrado visible sobre aisladores

Artículo 321 Alambrado soportado por un mensajero

Artículo 324 Alambrado oculto sobre aisladores

Artículo 325 Cables con separador integrado de gas (Tipo IGS)

Artículo 326 Cables de media tensión MT (MV)

Artículo 328 Cable plano tipo FCC

Artículo 330 Cable con aislamiento mineral y cubierta metálica tipo MI

Artículo 331 Tubo (conduit) no metálico

Artículo 332 Tubo (conduit) de polietileno

- Artículo 333 Cable armado tipo AC
- Artículo 334 Cables con armadura metálica tipo MC
- Artículo 336 Cables con cubierta no metálica, tipos NM, NMC y NMS
- Artículo 337 Cable plano tipo TWD
- Artículo 338 Cables de entrada de acometida
- Artículo 339 Cables para alimentadores y circuitos derivados subterráneos tipo UF
- Artículo 340 Cables de energía y control tipo TC para uso en soportes tipo charola
- Artículo 342 Extensiones no metálicas
- Artículo 343 Tubo (conduit) no metálico con cables preensamblados para usos subterráneos
- Artículo 344 Tubo (conduit) de polietileno de alta densidad para usos subterráneos
- Artículo 345 Tubo (conduit) metálico tipo semipesado
- Artículo 346 Tubo (conduit) metálico tipo pesado
- Artículo 347 Tubo (conduit) rígido no metálico
- Artículo 348 Tubo (conduit) metálico tipo ligero
- Artículo 349 Tubo (conduit) metálico flexible tipo ligero
- Artículo 350 Tubo (conduit) metálico flexible
- Artículo 351 Tubo (conduit) flexible hermético a los líquidos metálico y no metálico
- Artículo 352 Canalizaciones superficiales metálicas y no metálicas
- Artículo 353 Ensamble de receptáculos múltiples
- Artículo 354 Canalizaciones bajo el piso
- Artículo 356 Canalizaciones en pisos metálicos celulares
- Artículo 358 Canalizaciones en pisos de concreto celular
- Artículo 362 Ductos metálicos y no metálicos con tapa
- Artículo 363 Cables planos tipo FC
- Artículo 364 Ductos con barras (electroductos)
- Artículo 365 Canalizaciones prealambradas
- Artículo 370 Cajas, cajas de paso y sus accesorios, utilizados para salida, empalme, unión o jalado
- Artículo 373 Gabinetes, caja para cortacircuitos y bases para medidores
- Artículo 374 Canales auxiliares
- Artículo 380 Desconectadores
- Artículo 384 Tableros de distribución y tableros de alumbrado y control

4.4. Capítulo 4: Equipos de uso general

- Artículo 400 Cables y cordones flexibles
- Artículo 402 Cables para artefactos
- Artículo 410 Luminarios, portalámparas, lámparas y receptáculos
- Artículo 411 Sistemas de alumbrado que funcionan a 30 V o menos
- Artículo 422 Aparatos electrodomésticos y similares
- Artículo 424 Equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente
- Artículo 426 Equipo eléctrico fijo para descongelar y derretir nieve
- Artículo 427 Equipo eléctrico fijo para calentamiento de tuberías para líquidos y recipientes
- Artículo 430 Motores, circuitos de motores y sus controladores
- Artículo 440 Equipos de aire acondicionado y de refrigeración
- Artículo 445 Generadores
- Artículo 450 Transformadores y bóvedas para transformadores
- Artículo 455 Convertidores de fase

- Artículo 460 Capacitores
- Artículo 470 Resistencias y reactores
- Artículo 480 Baterías de acumuladores

4.5. Capítulo 5: Ambientes especiales

- Artículo 500 Áreas peligrosas (clasificadas), clases I, II y III, divisiones 1 y 2
- Artículo 501 Áreas clase I
- Artículo 502 Áreas clase II
- Artículo 503 Áreas clase III
- Artículo 504 Sistemas intrínsecamente seguros
- Artículo 505 Áreas clase I, zonas 0, 1 y 2
- Artículo 510 Áreas peligrosas (clasificadas)-específicas
- Artículo 511 Estacionamientos comerciales, talleres de servicio y de reparación para vehículos automotores
- Artículo 513 Hangares de aviación
- Artículo 514 Gasolinerías y estacionamientos de servicio
- Artículo 515 Plantas de almacenamiento a granel
- Artículo 516 Procesos de aplicación por rociado, inmersión y recubrimiento
- Artículo 517 Instalaciones en lugares de atención de la salud
- Artículo 518 Lugares de reunión
- Artículo 520 Teatros, áreas de audiencia en cines y estudios de televisión y lugares similares
- Artículo 525 Atracciones móviles, circos, ferias y eventos similares
- Artículo 530 Estudios de cine, televisión y lugares similares
- Artículo 540 Proyectores de cine
- Artículo 545 Edificios prefabricados
- Artículo 547 Construcciones agrícolas
- Artículo 550 Casas móviles, casas prefabricadas y sus estacionamientos
- Artículo 551 Vehículos de recreo y sus estacionamientos
- Artículo 552 Remolques estacionados
- Artículo 553 Construcciones flotantes
- Artículo 555 Marinas y muelles

4.6. Capítulo 6: Equipos especiales

- Artículo 600 Anuncios luminosos y alumbrado de realce
- Artículo 604 Sistemas de alambrado prefabricados
- Artículo 605 Instalaciones en oficina
- Artículo 610 Grúas y polipastos
- Artículo 620 Elevadores, montacargas, escaleras eléctricas y pasillos móviles, escaleras y elevadores para sillas de rueda
- Artículo 625 Equipos para carga de vehículos eléctricos
- Artículo 630 Máquinas de soldar eléctricas
- Artículo 640 Equipos de grabación de sonido y similares
- Artículo 645 Equipos de procesamiento de datos y de cómputo electrónico
- Artículo 650 Órganos tubulares
- Artículo 660 Equipos de rayos X
- Artículo 665 Equipo de calentamiento por inducción y por pérdidas dieléctricas
- Artículo 668 Celdas electrolíticas

- Artículo 669 Galvanoplastia
- Artículo 670 Maquinaria industrial
- Artículo 675 Máquinas de riego operadas o controladas eléctricamente
- Artículo 680 Albercas, fuentes e instalaciones similares
- Artículo 685 Sistemas eléctricos integrados
- Artículo 690 Sistemas solares fotovoltaicos
- Artículo 695 Bombas contra incendios

4.7. Capítulo 7: Condiciones especiales

- Artículo 700 Sistemas de emergencia
- Artículo 701 Sistemas de reserva legalmente requeridos
- Artículo 702 Sistemas de reserva opcionales
- Artículo 705 Fuentes de producción de energía eléctrica conectada
- Artículo 710 Equipos que operan a tensiones eléctricas mayores de 600 V nominales
- Artículo 720 Circuitos y equipos que operan a menos de 50 V
- Artículo 725 Circuitos clase 1, clase 2 y clase 3 de control remoto, señalización y de potencia limitada
- Artículo 727 Cables para soportes tipo charola para conductores de instrumentación tipo ITC
- Artículo 760 Sistemas de alarma contra incendios
- Artículo 770 Cables y canalizaciones de fibra óptica
- Artículo 780 Sistemas de distribución de energía en lazo cerrado y programado

4.8. Capítulo 8: Sistemas de comunicación

- Artículo 800 Circuitos de comunicaciones
- Artículo 810 Equipos de radio y televisión
- Artículo 820 Sistemas de distribución de antenas comunitarias de radio y televisión
- Artículo 830 Sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red

4.9. Capítulo 9: Instalaciones destinadas al servicio público

- Artículo 920 Disposiciones generales
- Artículo 921 Puesta a tierra
- Artículo 922 Líneas aéreas
- Artículo 923 Líneas subterráneas
- Artículo 924 Subestaciones
- Artículo 930 Alumbrado público

4.10. Capítulo 10: Tablas

- Apéndices A, B1, B2, C y D.

DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

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

Este tema lo presentaremos a través de un ejemplo práctico e iremos paso a paso seleccionando cada uno de los componentes de la instalación eléctrica, hasta completarla. El ejemplo lo ejecutaremos en una casa habitación y es una metodología 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.

Planos de obra civil

Existen diferentes tipos de planos en la construcción de edificaciones, como son: planos de cimentación, planos estructurales, planos de distribución, planos de ocupación, plano arquitectónico, planos hidráulicos, etc. Para empezar a ejecutar una instalación eléctrica basta el plano de distribución como el que se muestra en la figura 4.1.

Como podemos observar, el plano de distribución nos permite identificar las áreas que el arquitecto y el dueño de la casa han definido para los diferentes usos. A partir de este momento empieza nuestra labor en el diseño de la instalación eléctrica.

Determinación de las cargas

El primer paso para el diseño de una instalación es la determinación de las cargas eléctricas que se requiere alimentar. Para llevar a cabo esto es necesario conocer los requerimientos del cliente y los requisitos mínimos que indica la NOM-001-SEDE-2005, en la sección 220.

Considerando el plano de distribución de la figura 4.1 de la página 216, tomaremos cada una de las áreas de ocupación y definiremos las cargas que se requieren, tanto en alumbrado como en contactos (receptáculos).

En el plano de distribución, el cual se conoce como *de Planta*, empezaremos a ubicar contactos y alumbrado. Para ubicar la posición horizontal y vertical de los componentes eléctricos, es recomendable conocer físicamente la construcción y/o los planos de corte y elevación del inmueble. Como no se cuenta con esta información 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 sólo el plano, usaremos para nuestro caso la distribución de áreas y haremos un pequeño diagrama isométrico en el que se indiquen las dimensiones horizontales y verticales. Esto nos permitirá cuantificar los accesorios, tuberías y cables requeridos en la instalación.

Para familiarizarse con la simbología eléctrica se recomienda consultar el capítulo correspondiente de esta publicación.

Notas de la NOM-001-SEDE-2005

El artículo 210-52, inciso a), de la NOM-001-SEDE-2005, indica que con objeto de reducir el uso de cordones a través de puertas, chimeneas y aberturas similares, en cada cocina, sala de estar, comedor, recibidor, vestíbulo, biblioteca, terraza, recámara, cuarto de recreo o cualquier habitación similar, se deben instalar salidas para receptáculos de modo que cubran las necesidades particulares de cada local, independientemente de satisfacer lo que para el efecto señalen 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.

Patio frontal, área AO1

Para alumbrar este patio, por requerimiento del usuario, ubicaremos cuatro arbotantes incandescentes intemperie y una salida de centro incandescente. En la figura 4.2 de la página 219, ilustramos su ubicación. Estos cuatro arbotantes y la lámpara incandescente van a ser controlados por dos apagadores sencillos ubicados en la entrada del recibidor. La potencia de cada arbotante intemperie y la salida incandescente es de 100 W, a un voltaje monofásico de 127 V.

Cochera, área AO2

Como segunda área a electrificar de la casa se encuentra la cochera. Aquí, por requerimientos del usuario, colocaremos tres salidas incandescentes de 100 W cada una, a un voltaje monofásico de 127 V. Estas tres lámparas incandescentes serán controladas por medio de un apagador sencillo, ubicado en el acceso de la casa. También se ha considerado la colocación de contactos o receptáculos dobles (dos juegos), los cuales cuentan con un interruptor con protección de falla a tierra. En la figura 4.3 de la página 219, ilustraremos su ubicación.

Notas de la NOM-001-SEDE-2005

El artículo 210-52, inciso d), de la NOM-001-SEDE-2005, indica que en las viviendas unifamiliares, en cada sótano y en cada cochera adyacentes y en las cocheras independientes con instalación eléctrica, se debe instalar por lo menos una salida para receptáculo o contacto, además de la prevista para la lavadora.

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).

Pasillo 1 y cuarto de lavado, área AO3

En esta parte de la casa, por ser áreas pequeñas y adyacentes, se han colocado dos lámparas incandescentes de 100 W cada una, a un voltaje monofásico de 127 V, al centro de cada área. Cada lámpara incandescente está controlada por medio de un apagador sencillo. Al cuarto de lavado le hemos colocado contactos dobles (un juego), los cuales cuentan con interruptor con protección a falla de tierra. En la figura 4.4 de la página 219, ilustramos su ubicación.

Notas de la NOM-001-SEDE-2005

El artículo 210-52, inciso e), de la NOM-001-SEDE-2005, indica que en las unidades de vivienda se debe instalar por lo menos un receptáculo o contacto por lavadora.

Baño común, área AO4

En esta área hemos colocado una salida incandescente de 100 W, a un voltaje monofásico de 127 V, la cual está controlada por medio de un apagador sencillo. En el área del tocador hemos colocado dos contactos, los cuales cuentan con interruptor con protección de falla a tierra. En la figura 4.5 de la página 219, ilustramos las ubicaciones de las cargas.

Notas de la NOM-001-SEDE-2005

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.

Guardarropas 1 y 2, áreas AO5 Y AO6

En estas áreas generalmente se almacenan ropa y maletas, por lo que sólo instalaremos una salida incandescente de 100 W, a un voltaje monofásico de 127 V, en cada una de ellas, controlándolas por medio de un apagador sencillo. En la figura 4.6 de la página 219, podemos ver la ubicación de estas cargas.

Recámaras 1 y 2, áreas AO7 Y AO8

En cada una de estas áreas hemos colocado dos salidas incandescentes, distribuidas simétricamente, de 100 W cada una, a un voltaje monofásico de 127 V. Ambas salidas incandescentes están controladas por medio de un solo apagador sencillo. Por requerimientos del usuario se ha colocado un juego de contactos dobles en tres de las paredes de cada área, para facilidad de conexión de pequeños aparatos domésticos. En la figura 4.7 de la página 220, ilustramos la ubicación de estas cargas.

Guardarropa 3, área AO9

En esta área generalmente se almacenan ropa y maletas, por lo que sólo instalaremos una salida incandescente de 100 W, a un voltaje monofásico de 127 V, controlándola por medio de un apagador sencillo. En la figura 4.8 de la página 220, podemos ver la ubicación de esta carga.

Pasillo 2, área AO10

Con el objeto de no dejar en penumbra esta zona, hemos colocado dos salidas incandescentes de 100 W cada una a un voltaje monofásico de 127 V. Estas lámparas están controladas por medio de dos apagadores de tres vías o de escalera. Hemos colocado un juego de contactos dobles en esta área para conectar equipo de limpieza, como una aspiradora o lava-alfombras. En la figura 4.9 de la página 220, ilustramos la ubicación de estas cargas.

Recámara principal, área AO11

En esta área hemos colocado dos salidas incandescentes, distribuidas simétricamente, de 100 W cada una, a un voltaje monofásico de 127 V. Ambas salidas incandescentes están controladas por medio de un solo apagador sencillo. Por requerimientos del usuario se ha colocado un juego de contactos dobles en tres de las paredes de esta área, para facilidad de conexión de pequeños aparatos domésticos. En la figura 4.10 de la página 220, ilustramos la ubicación de estas cargas.

Guardarropa principal, área AO12

En esta área generalmente se almacenan ropa y maletas, por lo que sólo instalaremos una salida incandescente de 100 W, a un voltaje monofásico de 127 V, controlándola por medio de un apagador sencillo. En la figura 4.11 de la página 221, podemos ver la ubicación de esta carga.

Baño principal, área AO13

En esta área hemos colocado dos salidas incandescentes de 100 W cada una, a un voltaje monofásico de 127 V. Cada una está controlada independientemente por medio de un apagador sencillo. En el área del tocador hemos colocado dos contactos, los cuales entran con interruptor con protección de falla a tierra. En la figura 4.12 de la página 221, ilustramos las ubicaciones de las cargas.

Sala de descanso, área AO14

En esta sala hemos colocado, por el lado de la entrada principal, una salida incandescente de 100 W, a un voltaje monofásico de 127 V, controlada por un apagador sencillo. Adicionalmente, hemos colocado cuatro salidas incandescentes, distribuidas uniformemente en el área mayor, cada una de 100 W, a un voltaje de 127 V. Como estas lámparas se van a controlar desde tres puntos, se requieren tres apagadores de escalera, dos de tres vías y uno de cuatro vías. Por requerimientos del usuario se ha colocado un juego de contactos dobles en tres de las paredes de esta área, para facilidad de conexión de pequeños aparatos domésticos. En la figura 4.13 de la página 221, ilustramos la ubicación de estas cargas.

Comedor, área AO15

En esta área hemos colocado cuatro salidas incandescentes, distribuidas uniformemente, cada una de 100 W, a un voltaje de 127 V. Como estas lámparas se van a controlar desde dos puntos, se requiere de dos apagadores de escalera de tres vías. Por requerimientos del usuario se ha colocado un juego de contactos dobles en tres de las paredes de esta área, para facilidad de conexión de pequeños aparatos domésticos. En la figura 4.14 de la página 221, ilustramos la ubicación de estas cargas.

Cocina, área AO16

En esta área hemos colocado cuatro salidas incandescentes, distribuidas uniformemente, cada una de 100 W, a un voltaje de 127 V, controladas por un apagador sencillo. Adicionalmente, en la alacena hemos colocado una salida incandescente de 100 W, a un voltaje de 127 V, controlada por un apagador sencillo. Por requerimientos del usuario se han colocado tres juegos de contactos dobles con interruptor con protección contra falla a tierra, en tres de las paredes de esta área, para facilidad de conexión de pequeños aparatos electrodomésticos. En la figura 4.15 de la página 221, ilustramos la ubicación de estas cargas.

Notas de la NOM-001-SEDE-2005

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.

Patio de servicio, área AO17

Para alumbrar este patio, por requerimiento del usuario, ubicamos un arbotante incandescente intemperie de 100 W, a un voltaje monofásico de 127 V. En esta área está colocada la cisterna y se tiene una bomba para llenar el tinaco que se encuentra sobre el techo del comedor. La bomba es monofásica de ½ caballo, para 127 Volts. En la figura 4.16 de la página 221, se muestra la ubicación de estas cargas.

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 empleando las fórmulas 2.12 ó 2.13 de la sección *Potencia real y potencia aparente en circuitos de corriente alterna*, de la página 61.

Algunos equipos indican en su información técnica, o en placa de datos, la corriente que consumen los que no pueden ahorrar el cálculo (en tabla 1 se presenta una lista con la corriente aproximada que consumen los aparatos eléctricos empleados en el hogar). 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. Al final de esta sección se encuentra una copia de estas tablas. De acuerdo con esto, a continuación vamos a determinar la corriente que consume cada salida o carga:

Motores

La corriente que consume la bomba monofásica de ½ HP a 127 Volts, que se encuentra en el patio área AO17, de acuerdo con la tabla 430-148 de la NOM-001-SEDE-2005, es de 8,9 amperes.

Salidas incandescentes

En las salidas incandescentes, como son las salidas de centro incandescente y los arbotantes incandescentes, empleamos la fórmula 2.11 de la página 61, para calcular la potencia aparente. Como el factor de potencia para estas lámparas es igual a 1, la potencia aparente es igual a la potencia real en watts, por lo tanto la potencia aparente para cada salida incandescente es igual a 100 VA. Con este valor y con la fórmula 2.12 de la página 61, calculamos la corriente.

$$I = \frac{100 \text{ (VA)}}{127 \text{ (V)}} = 0,8 \text{ A}$$

Tabla 1

**Corriente consumida por aparatos eléctricos empleados en el hogar a 127 volts
(excepto donde se indica otro voltaje)**

Aparato	Amperes	Aparato	Amperes
Aire acondicionado central	21 (240 volts)	Secadora de pelo	5 a 10
Aire acondicionado de ventana	6 a 13	Calentador portátil	7 a 12
Licuada	2 a 4	Horno de microondas	6 a 13
Parrilla	12,5	Horno o estufa de cocina	16 a 32 (240 volts)
Abrelatas	1,2	Refrigerador	7 a 15
Sierra circular	10 a 12	Acanalador Router	8
Cafetera	4 a 8	Lijadora portátil	2 a 5
Secador de ropa	16,5 a 34 (240 volts)	Lijadora de mesa	7 a 10
Plancha	9	Máquina de coser	1
Computadora	4 a 7	Estéreo	2,5 a 4
Lavaplatos	8,5 a 12,5	Televisión blanco y negro	2
Taladro portátil	2 a 8	Televisión a color	2,5
Ventilador de techo	3,5	Tostador	9
Ventilador portátil	2	Empacador de basura	4 a 8
Congelador	2 a 4	Aspiradora	6 a 11
Sartén eléctrico	9	Wafflera	7,5
Horno, gas a presión	6,5 a 13	Lavadora	13
Triturador de basura	3,5 a 7,5	Calentador de agua	10,5 a 21 (240 volts)
Molino de carne	10	Regulador de voltaje	5 a 10

Contactos o receptáculos de uso general

Los contactos para uso general se consideran como de 180 VA cada uno. Si son contactos múltiples en una misma placa, también se considera el conjunto como de 180 VA. Esto cubre a todos los contactos de las recámaras, baños y cochera. La corriente requerida por cada contacto empleando la fórmula 2.12 de la página 61, es de:

$$I = \frac{180 \text{ (VA)}}{127 \text{ (V)}} = 1,5 \text{ A}$$

Notas de la NOM-001-SEDE-2005

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.

Contactos o receptáculos para pequeños aparatos eléctricos

La sección 220-4, inciso *b*), de la NOM-001-SEDE-2005, requiere que se instalen dos o más circuitos derivados independientes de 20 A, cada uno, para pequeños aparatos eléctricos 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. Para cada uno de estos receptáculos vamos a considerar una carga de 4 A.

Contacto para lavadora

La sección 220-4, inciso *c*), de la NOM-001-SEDE-2005, indica que debe existir al menos un circuito derivado independiente de 20 A, para conectar las salidas para receptáculos de lavadoras, y este circuito no debe tener otras salidas. Para este circuito, de acuerdo con la tabla 1, vamos a considerar una corriente de 13 A.

Contacto para horno de microondas

Debido a la alta corriente que consume, es recomendable emplear un circuito derivado independiente para el horno de microondas. Para este circuito, de acuerdo con la tabla 1, vamos a considerar una corriente de 13 A.

Tabla 430-148

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

Los siguientes valores de corriente eléctrica a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par motor pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad. En estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos. Las tensiones eléctricas listadas son nominales de motores. Las corrientes eléctricas listadas deben utilizarse para tensiones eléctricas de sistemas en los intervalos de 110 V hasta 120 V y 220 V hasta 240 V.

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
0,37	½	9,8	8,9	5,4	4,9
0,56	¾	13,8	11,5	7,6	6,9
0,75	1	16	14,0	8,8	8
1,12	1-½	20	18,0	11	10
1,50	2	24	22,0	13,2	12
2,25	3	34	31,0	18,7	17
3,75	5	56	51,0	30,8	28
5,60	7-½	80	72,0	44	40
7,50	10	100	91,0	55	50

Tabla 430-149**Corriente a plena carga, en amperes (A), de motores a dos fases de corriente alterna (ca) (cuatro hilos)**

Los siguientes valores de corriente eléctrica a plena carga corresponden a motores que funcionan a las velocidades normales de motores con bandas y a motores con par normal. Los motores construidos especialmente para baja velocidad o alto par pueden tener corrientes eléctricas mayores. Los motores de varias velocidades tienen corriente eléctrica que varía con la velocidad, en cuyo caso se deben utilizar las corrientes eléctricas nominales que indique su placa de características. La corriente eléctrica del conductor común de los sistemas de dos fases tres hilos será de 1,41 veces el valor dado.

Las tensiones eléctricas son las nominales de los motores. Las corrientes eléctricas listadas son las permitidas para instalaciones a 110 V-120 V, 220 V-240 V, 440 V-480 V y 550 V-600 V y 2, 200 V-2,400 V.

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	½	4 4,8 6,4	2 2,4 3,2	1 1,2 1,6	0,8 1,0 1,3	— — —
1,12	1 ½	9 11,8	4,5 5,9 8,3	2,3 3 4,2	1,8 2,4 3,3	— — —
3,75	5	— — —	13,2 19 24	6,6 9 12	5,3 8 10	— — —
11,2	15	— — —	36 47 59	18 23 29	14 19 24	— — —
22,4	30	— — —	69 90 113	35 45 56	28 36 45	— — —
44,8	60	— — —	133 166 218	67 83 109	53 66 87	14 18 23
93,0	125	— — —	270 312 416	135 156 208	108 125 167	28 32 43

Tabla 430-150

Corriente eléctrica a plena carga de motores trifásicos de ca

Los siguientes valores de corriente eléctrica a plena carga son típicos para motores que funcionan a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par pueden requerir corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples deben tener una corriente a plena carga que varía con la velocidad. En estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos. Las tensiones eléctricas listadas son nominales de motores. Las corrientes listadas deben usarse para sistemas de tensiones eléctricas nominales de 110 V hasta 120 V, 220 V hasta 240 V, 440 V hasta 480 V y 550 V hasta 600 V.

kW	CP	Motor de inducción jaula de ardilla y rotor devanado, 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.

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 (véanse figuras 4.1 a 4.16 de las páginas 214 a la 219)

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.

Tabla 2
Número de salidas y cargas consideradas como alumbrado general

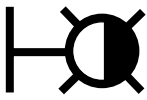
Área de ocupación				
Patio frontal AO1	4	1		
Cochera AO2		3		2
Pasillo 1 y cuarto de lavado AO3		2		
Baño común AO4		1		1
Guardarropa 1 AO5		1		
Guardarropa 2 AO6		1		
Recámara 1 AO7		2	3	
Recámara 2 AO8		2	3	
Guardarropa 3 AO9		1		
Pasillo 2 AO10		2	1	
Recámara principal AO11		2	3	
Guardarropa principal AO12		1		
Baño principal AO13		2		1
Sala de descanso AO14		5		
Comedor AO15		4		
Cocina AO16		5		
Patio de servicio AO17	1			
SUMA =	5	35	10	4

Tabla 3

Corrientes de las cargas o salidas consideradas como alumbrado general

Área de ocupación				
Patio frontal AO1	4 x 0,8 A = 3,2 A	1 x 0,8 A = 0,8 A		
Cochera AO2		3 x 0,8 A = 2,4 A		2 x 1,5 A = 3,0 A
Pasillo 1 y cuarto de lavado AO3		2 x 0,8 A = 1,6 A		
Baño común AO4		1 x 0,8 A = 0,8 A		1 x 1,5 A = 1,5 A
Guardarropa 1 AO5		1 x 0,8 A = 0,8 A		
Guardarropa 2 AO6		1 x 0,8 A = 0,8 A		
Recámara 1 AO7		2 x 0,8 A = 1,6 A	3 x 1,5 A = 4,5 A	
Recámara 2 AO8		2 x 0,8 A = 1,6 A	3 x 1,5 A = 4,5 A	
Guardarropa 3 AO9		1 x 0,8 A = 0,8 A		
Pasillo 2 AO10		2 x 0,8 A = 1,6 A	1 x 1,5 A = 1,5 A	
Recámara principal AO11		2 x 0,8 A = 1,6 A	3 x 1,5 A = 4,5 A	
Guardarropa principal AO12		1 x 0,8 A = 0,8 A		
Baño principal AO13		2 x 0,8 A = 1,6 A		1 x 1,5 A = 1,5 A
Sala de descanso AO14		5 x 0,8 A = 4,0 A		
Comedor AO15		4 x 0,8 A = 3,2 A		
Cocina AO16		5 x 0,8 A = 4,0 A		
Patio de servicio AO17	1 x 0,8 A = 0,8 A			
SUMA =	4 A	28 A	15 A	6 A
TOTAL = 53 A				

De acuerdo con la Norma Oficial de Instalaciones Eléctricas, debemos cumplir con una carga mínima para alumbrado, la cual está en función de las dimensiones exteriores de la vivienda.

Para nuestro ejemplo debemos recordar que estamos hablando de una casa habitación de una planta, la cual tiene un ancho de 16,30 m, y un largo de 12,55 m. Para efectos de los cálculos de las cargas de alumbrado el área total de la vivienda es de: $16,30 \text{ m} \times 12,55 \text{ m} = 204 \text{ m}^2$.

Aplicando los valores indicados en la tabla 220-3 (b), de la NOM-001-SEDE-2005, para el cálculo de la carga de alumbrado mínima, resulta: $204 \text{ m}^2 \times 30 \text{ VA/m}^2 = 6\,120 \text{ VA}$.

La corriente total calculada, conforme al número de lámparas y contactos que instalamos en la vivienda, es de 53 A. Pasando esta corriente a unidades de potencia aparente tenemos: $53 \text{ A} \times 127 \text{ V} = 6\,731 \text{ VA}$.

Como esta potencia es superior a lo que nos indica la norma de instalaciones, NOM-001-SEDE-2005, para alumbrado general (6 120 VA), nuestro proyecto cumple completamente con lo requerido por la norma de instalaciones, que a continuación reproducimos:

Notas de la NOM-001-SEDE-2005

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 que aparece a continuación para los edificios indicados en la misma. 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.

Cargas de alumbrado general por tipo del inmueble

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

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.

Dentro de este tipo de circuitos tenemos al motor de la bomba de agua y al horno de microondas de la cocina.

Tabla 4
Número de salidas y cargas para circuitos de otras cargas

Área de ocupación		
Cocina AO16	1	
Patio de servicio AO17		1
Suma =	1	1

Tabla 5
Corriente en circuitos para otras cargas

Área de ocupación		
Cocina AO16	1 x 13 A = 13 A	
Patio de servicio AO17		1 x 8,9 A = 8,9 A
Suma =	13 A	8,9 A
Total = 21,9 A		

Circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda

En nuestro ejemplo, la casa habitación cuenta con una sala de descanso, un comedor y una cocina donde se pueden conectar pequeños aparatos eléctricos de más de 3 A.

Tabla 6
Número de salidas y cargas para circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda

Área de ocupación		
Sala de descanso AO14	3	
Comedor AO15	3	
Cocina AO16		2
Suma =	6	2

Tabla 7

Corriente en circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda

Área de ocupación		
Sala de descanso AO14	3 x 4 A = 12 A	
Comedor AO15	3 x 4 A = 12 A	
Cocina AO16		2 x 4 A = 8 A
Suma =	24 A	8 A
Total = 32 A		

Circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda

En nuestro ejemplo requerimos un circuito derivado independiente de 20 A para conectar las salidas para receptáculos de lavadoras.

Tabla 8

Número de salidas en circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda

Área de ocupación	
Pasillo 1 y cuarto de lavado AO3	1
Suma =	1

Tabla 9

Corriente en circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda

Área de ocupación	
Pasillo 1 y cuarto de lavado AO3	1 x 13 = 13 A
Suma =	13 A
Total = 13 A	

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).

Con objeto de aclarar lo anterior, a continuación lo expresamos en la siguiente fórmula:

$$CD \geq NC + 1,25 \text{ cc} \quad (4.1)$$

Donde:

CD = Capacidad nominal del circuito derivado, en amperes.

NC = Suma de las corrientes de las cargas no continuas que alimentan el circuito derivado, en amperes.

cc = Suma de las corrientes de las cargas continuas que alimentan el circuito derivado, en amperes.

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.

En nuestro ejemplo, las únicas cargas continuas que tenemos son el alumbrado general y la bomba para agua.

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 siguientes características para los circuitos derivados de 15 A a 50 A.

Resumen de requisitos de los circuitos derivados

Clasificación de circuito (A)	15	20	30	40	50
Conductores (tamaño o designación nominal mínimo mm ² -AWG):					
Conductores del circuito*	2,08(14)	3,31(12)	5,26(10)	8,37(8)	13,3(6)
Derivaciones	2,08(14)	2,08(14)	2,08(14)	3,31(12)	3,31(12)
Cables y cordones de artefactos eléctricos, véase 240-4					
Protección contra sobrecorriente (A)	15	20	30	40	50
Dispositivos de salida:					
Portalámparas permitidos	De cualquier tipo	De cualquier tipo	Servicio pesado	Servicio pesado	Servicio pesado
Valor nominal del receptáculo**	15 A máx.	15 A o 20 A	30 A	40 A o 50 A	50 A
Carga máxima, en amperes (A)	15	20	30	40	50
Carga permisible	Véase 210-23(a)	Véase 210-23(a)	Véase 210-23(b)	Véase 210-23(c)	Véase 210-23(c)

* Estos tamaños se refieren a conductores de cobre.

** Para la capacidad de conducción de corriente de los artefactos eléctricos de alumbrado por descarga conectados con cordón y clavija, véase 410-30(c).

Tomando en cuenta lo anterior, a continuación vamos a determinar los circuitos derivados y sus protecciones para cada uno de los siguientes tipos de circuitos de nuestro ejemplo:

- 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.

Circuitos derivados de alumbrado general

En el apartado de la página 155 de este documento, incluimos a todos los receptáculos de nuestro ejemplo en los circuitos de alumbrado general, menos a los receptáculos de los circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos, a los receptáculos de los circuitos de 20 A para lavadoras y al receptáculo de la cocina para el horno de microondas. Esto es debido a que 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, excepto 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, y los receptáculos para otras cargas.

Los receptáculos comerciales de uso general para unidades de vivienda son de 15 A o 20 A. Para nuestro ejemplo vamos a considerar circuitos de 15 A y 20 A para las cargas y salidas de alumbrado general, por lo mencionado en el párrafo anterior y porque, de acuerdo con la tabla de resumen de los requisitos de circuitos derivados que presentamos, los receptáculos de 15 A sólo se pueden instalar en circuitos de 15 A o 20 A y los receptáculos de 20 A sólo se pueden instalar en circuitos de 20 A.

Tomando en cuenta esto, definimos los siguientes circuitos derivados para alumbrado general:

Tabla 10
Circuito derivado de alumbrado general no. 1

Área de ocupación	Número de cargas o salidas de cada tipo			Corriente total por área de ocupación
				
Patio frontal AO1	4	1		$4 \times 0,8 \text{ A} + 1 \times 0,8 \text{ A}$ $= 3,2 \text{ A} + 0,8 \text{ A}$ $= 4 \text{ A}$
Cochera AO2		3	2	$3 \times 0,8 \text{ A} + 2 \times 1,5 \text{ A}$ $= 2,4 \text{ A} + 3,0 \text{ A}$ $= 5,4 \text{ A}$
Pasillo 1 y cuarto de lavado AO3		2		$2 \times 0,8 \text{ A}$ $= 1,6 \text{ A}$ $= 1,6 \text{ A}$
Baño común AO4		1	1	$1 \times 0,8 \text{ A} + 1 \times 1,5 \text{ A}$ $= 0,8 \text{ A} + 1,5 \text{ A}$ $= 2,3 \text{ A}$
	Corriente total en el circuito =			13,3 A
	Capacidad mínima del circuito (considerando 25% de incremento por cargas continuas) =			$13,3 \text{ A} \times 1,25$ $= 16,62 \text{ A}$

Para este circuito escogemos una capacidad nominal de 20 A. De acuerdo con la tabla 210-24 de la NOM-001-SEDE-2005, este circuito debe tener un interruptor contra sobrecorriente de 20 A. En la figura 4.17 de la página 222 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

Tabla 11

Circuito derivado de alumbrado general no. 2

Área de ocupación	Número de cargas o salidas de cada tipo		Corriente total por área de ocupación
			
Guardarropa 1 AO5	1		1 x 0,8 A = 0,8 A
Guardarropa 2 AO6	1		1 x 0,8 A = 0,8 A
Recámara 1 AO7	2	3	2 x 0,8 A + 3 x 1,5 A = 1,6 A + 4,5 A = 6,1 A
Recámara 2 AO8	2	3	2 x 0,8 A + 3 x 1,5 A = 1,6 A + 4,5 A = 6,1 A
Corriente total en el circuito = Capacidad mínima del circuito (considerando 25% de incremento por cargas continuas) =			13,8 A 13,8 A x 1,25 = 17,25 A

Para este circuito escogemos una capacidad nominal de 20 A. De acuerdo con la tabla 210-24 de la NOM-001-SEDE-2005, este circuito debe tener un interruptor contra sobrecorriente de 20 A. En la figura 4.18 de la página 223 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

Tabla 12

Circuito derivado de alumbrado general No. 3

Área de ocupación	Número de cargas o salidas de cada tipo			Corriente total por área de ocupación
				
Guardarropa 3 AO9	1			1 x 0,8 A = 0,8 A
Pasillo 2 AO10	2	1		2 x 0,8 A + 2 x 1,5 A = 1,6 A + 3 A = 4,6 A
Recámara principal AO11	2	3		2 x 0,8 A + 3 x 1,5 A = 1,6 A + 4,5 A = 6,1 A
Guardarropa principal AO12	1			1 x 0,8 A = 0,8 A
Baño principal AO13	2		1	2 x 0,8 A + 1 x 1,5 A = 1,6 A + 1,5 A = 3,1 A
Corriente total en el circuito =				15,4 A
Capacidad mínima del circuito (considerando 25% de incremento por cargas continuas) =				15,4 A x 1,25 = 19,25 A

Para este circuito escogemos una capacidad nominal de 20 A. De acuerdo con la tabla 210-24, de la NOM-001-SEDE-2005, este circuito debe tener un interruptor contra sobrecorriente de 20 A. En la figura 4.19 de la página 224 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

Tabla 13
Circuito derivado de alumbrado general No. 4

Área de ocupación	Número de cargas o salidas de cada tipo		Corriente total por área de ocupación
			
Sala de descanso AO14		5	5 x 0,8 A = 4 A
Comedor AO15		4	4 x 0,8 A = 3,2 A
Cocina AO16		5	5 x 0,8 A = 4 A
Patio de servicio AO17	1		1 x 0,8 A = 0,8 A
	Corriente total en el circuito = Capacidad mínima del circuito (considerando 25% de incremento por cargas continuas) =		12 A 12 A x 1,25 = 15 A

Para este circuito escogemos una capacidad nominal de 15 A. De acuerdo con la tabla 210-24, de la NOM-001-SEDE-2005, este circuito debe tener un interruptor contra sobrecorriente de 15 A. En la figura 4.20 de la página 225 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

Circuitos derivados 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

Para este tipo de circuitos tenemos dos cargas: la bomba para agua y el horno de microondas. Como se mencionó anteriormente, es conveniente tener un circuito independiente para el horno de microondas, por lo que debemos contar con otro circuito independiente para la bomba para agua.

Tabla 14
Circuito derivado para otras cargas No. 1

Área de ocupación	Número de cargas o salidas de cada tipo	Corriente total por área de ocupación
		
Cocina AO16	1	1 x 13 A = 13 A
Corriente total en el circuito = Capacidad mínima del circuito =		13 A =13 A

Como la capacidad nominal comercial, inmediata superior, de los interruptores para sobrecorriente es de 15 A, seleccionamos esta capacidad para este circuito derivado y para su protección contra sobrecorriente. En la figura 4.21 de la página 226 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

Tabla 15
Circuito derivado para otras cargas No. 2

Área de ocupación	Número de cargas o salidas de cada tipo	Corriente total por área de ocupación
	M	
Patio de servicio 1 AO17 = 8,9 A	1	1 x 8,9 A = 8,9 A
	Corriente total en el circuito = Capacidad mínima del circuito. Un solo motor (Art. 430-22) 125% Inom =	8,9 A 8,9 A x 1,25 = 11,1 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). Por lo tanto, la capacidad de conducción de corriente de este circuito debe ser al menos de 11,1 A.

Nota de la NOM-001-SEDE-2005

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:

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

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
 $I_{\text{MOTORMAYOR}}$ = Corriente eléctrica a plena carga del motor mayor, en amperes
 $I_{\text{OTRAS CARGAS}}$ = 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 reproducimos a continuación. 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.

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	300	175	800	250
Otros que no sean diseño E	300	175	1 100	250
Diseño E	300	175		
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.

Como vamos a seleccionar un interruptor termomagnético como dispositivo contra cortocircuito y falla a tierra, del circuito derivado del motor de la bomba para agua, su valor nominal máximo, con base en la tabla 430-152, es: $8,9 \text{ A} \times 2,5 = 22,25 \text{ A}$. Sin embargo, como no existe un valor comercial para esta capacidad, vamos a emplear el siguiente valor comercial que es de 30 A.

La protección contra sobrecarga de los circuitos derivados para motores se encuentra por lo general en los arrancadores, que por conveniencia se localizan lo más cerca posible del motor. Para motores de 746 W (1 HP) o menores, con arranque automático (que es nuestro caso, ya que el motor va a estar controlado automáticamente por los niveles de agua del tanque y de la cisterna), 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

De acuerdo con lo anterior, la capacidad nominal máxima del dispositivo de protección contra sobrecarga de la bomba para agua debe ser de $8,9\text{ A} \times 1,15 = 10,24\text{ A}$.

Nota de la NOM-001-SEDE-2005

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

Adicionalmente a las protecciones que requiere el motor, vamos a usar un interruptor con protección de falla a tierra en este circuito, ya que es muy peligroso que una persona entre en contacto con el conductor vivo que alimenta a los interruptores de flotador en el tinaco y la cisterna.

En la figura 4.22 de la página 227 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

Circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda

Como vimos anteriormente, la NOM-001-SEDE-2005 requiere un mínimo de dos circuitos derivados de 20 A, para alimentar pequeños aparatos eléctricos. Tomando en cuenta esto, definimos los siguientes circuitos:

Tabla 16
Circuito para pequeños aparatos No. 1

Área de ocupación	Número de cargas o salidas de cada tipo	Corriente total por área de ocupación
		
Sala de descanso AO14	3	$3 \times 4\text{ A}$ $= 12\text{ A}$
	Corriente total en el circuito = Capacidad mínima del circuito =	12 A $= 20\text{ A}$

Tabla 17
Circuito para pequeños aparatos No. 2

Área de ocupación	Número de cargas o salidas de cada tipo		Corriente total por área de ocupación
			
Comedor AO15	3		3 x 4 A = 12 A
Cocina AO16		2	2 x 4 A = 8 A
	Corriente total en el circuito = Capacidad mínima del circuito =		20 A = 20 A

Para estos dos circuitos, de acuerdo con la tabla 210-24 de la NOM-001-SEDE-2005, estos deben tener un interruptor contra sobrecorriente de 20 A cada uno, ya que su capacidad nominal es de 20 A. En las figuras 4.23 y 4.24 de las páginas 228 y 229 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para estos circuitos, y se indican sus dimensiones horizontales.

Circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda

Como vimos anteriormente, la NOM-001-SEDE-2005 requiere como mínimo un circuito derivado de 20 A, para alimentar a la lavadora. Por lo tanto para este caso tenemos el siguiente circuito:

Tabla 18
Circuito para lavadora

Área de ocupación	Número de cargas o salidas de cada tipo		Corriente total por área de ocupación
			
Pasillo 1 y cuarto de lavado AO3	1		1 x 13 A = 13 A
	Corriente total en el circuito = Capacidad mínima del circuito =		13 A = 20 A

De acuerdo con la tabla 210-24 de la NOM-001-SEDE-2005, este circuito debe tener un interruptor contra sobrecorriente de 20 A, ya que su capacidad nominal es de 20 A. En la figura 4.25 de la página 230 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

A continuación presentamos una tabla resumen con las capacidades de los circuitos derivados de nuestro ejemplo:

Nombre del circuito	Cargas que alimenta el circuito	Corriente total en el circuito (A)	Carga mínima que debe soportar (A)	Capacidad nominal del circuito derivado (A)	Valor nominal del dispositivo de protección del circuito (A)
Circuito derivado de alumbrado general No. 1	Lámparas incandescentes y receptáculos en: Patio frontal AO1 Cochera AO2 Pasillo 1 y cuarto de lavado AO3 Baño común AO4	13,3	16,62	20	20
Circuito derivado de alumbrado general No. 2	Lámparas incandescentes y receptáculos en: Guardarropa 1 AO5 Guardarropa 2 AO6 Recámara 1 AO7 Recámara 2 AO8	13,8	17,25	20	20
Circuito derivado de alumbrado general No. 3	Lámparas incandescentes y receptáculos en: Guardarropa 3 AO9 Pasillo 2 AO10 Recámara principal AO11 Guardarropa principal AO12 Baño principal AO13	15,4	19,25	20	20
Circuito derivado de alumbrado general No. 4	Lámparas incandescentes en: Sala de descanso AO14 Comedor AO15 Cocina AO16 Patio de servicio AO17	12	15	15	15
Circuito derivado para otras cargas No. 1	Receptáculo para horno de microondas en: Cocina AO16	13	13	15	15
Circuito derivado para otras cargas No. 2	Bomba para agua en: Patio de servicio AO17	8,9	11,1	11,1	Contra cortocircuito y falla a tierra: 30 A Contra sobrecarga = 10,24 A
Circuito para pequeños aparatos No. 1	Receptáculos en: Sala de descanso AO14	12	20	20	20
Circuito para pequeños aparatos No. 2	Receptáculos en: Comedor AO15 Cocina AO16	20	20	20	20
Circuito para lavadora	Receptáculo para lavadora en: Pasillo 1 y cuarto de lavado AO3	13	20	20	20

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:

$$FD = \frac{DM}{CTC} \times 100 \quad (4.2)$$

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:

$$DM = \frac{FD \cdot CTC}{100} \quad (4.3)$$

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, la cual reproducimos a continuación.

Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado

Tipo de local	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (en VA)	Factor de demanda %
Almacenes	Primeros 12 500 o menos	100
	A partir de 12 500	50
Hospitales*	Primeros 50 000 o menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los bloques de apartamentos sin cocina*	Primeros 20 000 o menos	50
	De 20 001 a 100 000	40
	A partir de 100 000	30
Unidades de vivienda	Primeros 3 000 o menos	100
	De 3 001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Todos los demás	Total VA	100

*Los factores de demanda de esta tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.

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 el horno de microondas y la bomba de agua, que son circuitos independientes, vamos a considerar un factor de demanda de 100%.

Tomando en cuenta todo lo anterior, vamos a calcular la suma de las demandas máxima para determinar el alimentador:

En alumbrado general tenemos una carga de 53 A, que de acuerdo con la fórmula 2.9 de este documento corresponde a: $53 \text{ A} \times 127 \text{ V} = 6\,731 \text{ VA}$. Por ser carga continua tenemos una carga ficticia para cálculos del alimentador $= 6\,731 \text{ VA} \times 1,25 = 8\,413 \text{ VA}$.

En pequeños aparatos eléctricos y lavadoras tenemos tres circuitos, cada uno con una carga de 1 500 VA, que corresponde a una total de: $1\,500 \text{ VA} \times 3 = 4\,500 \text{ VA}$.

La carga total que podemos considerar como alumbrado general es de: $8\,413 \text{ VA} + 4\,500 \text{ VA} = 12\,913 \text{ VA}$. De acuerdo con la tabla, los primeros 3 000 VA tienen un factor de demanda de 100%; de 3 001 a 120 000 se tiene un factor de demanda de 35%. Con esto la carga total de alumbrado general que debe soportar el alimentador, empleando la fórmula 4.3, es de:

Primeros 3 000 VA:

$$DM = \frac{100 \cdot 3\,000 \text{ VA}}{100} = 3\,000 \text{ VA}$$

Segundos 9 913 VA:

$$DM = \frac{35 \cdot 9\,913 \text{ VA}}{100} = 3\,469 \text{ VA}$$

La carga total de alumbrado que debe soportar el alimentador es de:

$$DM = 3\,000 \text{ VA} + 3\,469 \text{ VA} = 6\,469 \text{ VA}$$

El factor de la demanda general para la carga total de alumbrado de acuerdo con la ecuación 4.2 es de:

$$FD = \frac{6\,469 \text{ VA}}{12\,913 \text{ VA}} \times 100 = 50,09\%$$

La carga de la bomba es de 8,9 A, que por ser carga continua queda en una carga ficticia para cálculos del alimentador de $= 8,9 \text{ A} \times 1,25 = 11,1 \text{ A}$. De acuerdo con la fórmula 2.9 de este documento, corresponde a:

$$11,1 \text{ A} \times 127 \text{ V} = 1\,409 \text{ VA}$$

La carga del horno de microondas es de 13 A, que de acuerdo con la fórmula 2.9 de este documento corresponde a:

$$13 \text{ A} \times 127 \text{ V} = 1\,651 \text{ VA}$$

La carga total de la bomba más el horno de microondas que debe soportar el alimentador es de:

$$1\,409 \text{ VA} + 1\,651 \text{ VA} = 3\,060 \text{ VA}$$

La suma total de las demandas máximas que debe soportar el alimentador es de:

$$\text{DM} = 6\,469 \text{ VA} + 3\,060 \text{ VA} = 9\,529 \text{ VA}$$

En ocasiones algunas compañías suministradoras de energía eléctrica, como Luz y Fuerza del Centro, pueden aplicar algunas reglas para determinar el número de fases que emplean para alimentar a unidades de vivienda, como la que se muestra a continuación:

Demanda contratada (kW)	Número de fases
Menor o igual a 4 kW	Una fase
Mayor de 4 kW y menor o igual a 8 kW	Dos fases
Mayor a 8 kW	Tres fases

En nuestro ejemplo tenemos una demanda de 9 529 VA. Para convertir esta cantidad a kW empleamos la ecuación 2.11 de la página 61. Como no conocemos el factor de potencia para aplicar esta ecuación, suponemos que es igual a uno, que es el mayor que puede tomar, para obtener la demanda mayor que se puede presentar en kW:

$$P = 9\,529 \text{ VA} \times 1 = 9\,529 \text{ W} = 9,53 \text{ kW}$$

Donde:

P = Demanda máxima real en W o kW.

De acuerdo con esto, para nuestro ejemplo le corresponde una alimentación en tres fases, ya que es mayor a 8 kW.

Cuando se tiene una alimentación trifásica o bifásica, se debe repartir la carga entre las fases, lo que se conoce como balanceo de cargas. El balanceo de cargas se lleva a cabo por lo siguiente:

- Para evitar que el voltaje de cada una de las fases se desvíe del valor nominal (en este caso, 127 V), ya que una desviación grande del valor nominal provoca que los equipos conectados a la(s) fase(s) que presenta(n) la desviación no operen correctamente.
- Para que los conductores de cada fase del alimentador manejen aproximadamente la misma corriente, para evitar subutilizar o sobrecargar alguno.
- En sistemas trifásicos en estrella, para que el neutro transmita la menor corriente de retorno posible.

El balanceo exacto en muchos casos es imposible de obtener, pero se debe tratar de balancear la corriente que va a circular por cada fase del alimentador de la mejor forma posible. A continuación presentamos una tabla con las corrientes de cada circuito derivado de nuestro ejemplo, considerando los factores de demanda indicados en la NOM-001-SEDE-2005.

Nombre del circuito	Corriente total en el circuito (A)	Ajuste de corriente a las cargas continuas ($\times 1,25$) (A)	Factor de demanda de la carga (%)	Corriente considerando el factor de demanda (A)
Circuito derivado de alumbrado general No. 1	13,3	$13,3 \times 1,25 = 16,62$	50,09	$16,62 \times 50,09/100 = 8,32$
Circuito derivado de alumbrado general No. 2	13,8	$13,8 \times 1,25 = 17,25$	50,09	$17,25 \times 50,09/100 = 8,64$
Circuito derivado de alumbrado general No. 3	15,4	$15,4 \times 1,25 = 19,25$	50,09	$17,38 \times 50,09/100 = 8,70$
Circuito derivado de alumbrado general No. 4	12	$12 \times 1,25 = 15$	50,09	$15 \times 50,09/100 = 7,51$
Circuito derivado para otras cargas No.1	13	13	100	13
Circuito derivado para otras cargas No.2	8,9	$8,9 \times 1,25 = 11,1$	100	11,1
Circuito para pequeños aparatos No.1	12	12	50,09	$1\ 500\ VA/127\ V$ $\times$ $50,09/100 = 5,91$
Circuito para pequeños aparatos No. 2	20	20	50,09	$1\ 500\ VA/127\ V$ $\times$ $50,09/100 = 5,91$
Circuito para lavadora	13	13	50,09	$1\ 500\ VA/127\ V$ $\times$ $50,09/100 = 5,91$
			Total =	75

La corriente total de 75 A se va a dividir entre las tres fases. Si el circuito se balanceara en forma exacta, a cada fase le correspondería: $75\ A/3\ \text{fases} = 25\ A$. Como esto no es posible, tenemos que dividir los circuitos por fase de la mejor manera que podamos, por ejemplo:

- **Fase A:** Conectamos a esta fase el Circuito derivado de alumbrado general No. 1, el Circuito derivado de alumbrado general No. 2 y el Circuito derivado de alumbrado general No. 3. Para esta fase resulta en una corriente de: $= 8,32\ A + 8,64\ A + 8,70\ A = 25,66\ A$.
- **Fase B:** Conectamos a esta fase el Circuito para pequeños aparatos No. 1, el Circuito para pequeños aparatos No. 2, el Circuito para lavadora y el Circuito derivado de alumbrado general No. 4. Para esta fase resulta en una corriente de: $5,91\ A + 5,91\ A + 5,91 + 7,51\ A = 25,24\ A$.
- **Fase C:** Conectamos a esta fase el Circuito derivado para otras cargas No. 1 y el Circuito derivado para otras cargas No. 2. Para esta fase resulta en una corriente de: $13\ A + 11,1\ A = 24,1\ A$.

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. En este ejemplo el desbalanceo es de:

$$\%D = \frac{(\text{carga mayor}) - (\text{carga menor})}{(\text{carga mayor})} \times 100 \qquad \%D = \frac{25,66 - 24,1}{25,66} \times 100 \qquad \%D = 6,0$$

que es mayor al 5%. Este balanceo de cargas es teórico: en la práctica se puede balancear mejor con base en los consumos históricos, para ahorrar en el pago a la compañía suministradora.

La corriente máxima que se va a transmitir en una fase es de 25,66 A. El dispositivo de protección contra sobrecorriente inmediato superior que existe en el mercado es de 30 A (3 x 30 A). Este valor debe ser mayor al de cualquier dispositivo de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados. En nuestro caso, el mayor es el de la bomba, que es de 30 A. En este caso el circuito alimentador va a suministrar energía eléctrica a la carga combinada del circuito derivado para otras cargas No. 1 y del circuito derivado para otras cargas No. 2. Esto corresponde a la carga combinada de un motor, que es la bomba, y de un aparato, que es el horno de microondas. La sección 430-63 de la NOM-001-SEDE-2005 indica que el valor nominal máximo del dispositivo de protección de un circuito alimentador de cargas combinadas, que consista de un motor y otras cargas, debe ser igual a la suma del valor nominal del dispositivo de protección contra cortocircuito del motor, más la carga de los circuitos de los aparatos. Es decir, en nuestro caso queda:

Valor nominal máximo del dispositivo de protección del circuito alimentador = 30 A + 13 A = 43 A.

Como éste es un valor máximo, podemos tomar el inmediato inferior que existe en el mercado y el cual es de 40 A, que cumple con ser mayor al valor nominal del dispositivo de protección del motor, que es de 30 A.

Nota de la NOM-001-SEDE-2005

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.

Anteriormente dijimos que 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 que protege. Por lo tanto, vamos a requerir de un circuito alimentador trifásico con una capacidad de conducción de corriente o valor nominal de 40 A.

NOTA. En caso de que la alimentación proporcionada por la compañía suministradora fuera de una sola fase con neutro, toda la corriente la tendría que transportar el conductor de la única fase del alimentador (y regresaría por el neutro). Esta corriente, de acuerdo con la fórmula 2.12, de la sección 2.9, es de:

$$I = \frac{9\,529\text{ VA}}{127\text{ V}} = 75,0\text{ A}$$

Para este caso se podría emplear un dispositivo de protección contra sobrecorriente de 100 A, ya que es el inmediato superior que existe en el mercado, y por lo tanto, el circuito alimentador monofásico debería tener una capacidad de conducción de corriente de 100 A.

Alambrado y canalizaciones

En la figura 4.26 de la página 231 se muestran todas las canalizaciones que se van a emplear para la unidad de vivienda de nuestro ejemplo, y se indican sus dimensiones horizontales.

En las figuras 4.27 a 4.58 de las páginas 232 a 263 se muestra el alambrado y los dibujos isométricos de las canalizaciones, indicando sus dimensiones, por área de ocupación. Para entender la forma en que se alambren los dispositivos, en las figuras 4.59 y 4.60 de las páginas 264 y 265 se muestra la conexión de lámparas, apagadores y contactos, sin indicar el conductor de puesta a tierra de partes metálicas ni las protecciones.

Los dibujos isométricos de las canalizaciones están basados en lo siguiente:

- El techo de la unidad de vivienda de nuestro ejemplo es de 2,50 m.
- En las zonas secas, como recámaras, sala, comedor y pasillos, se recomienda que la parte inferior de los contactos se encuentre a 30 cm de altura con respecto al nivel del piso, para que se puedan ocultar las extensiones de los aparatos que estén conectados a ellos, ya sea en forma definitiva o temporal.
- En las zonas que presentan o pueden presentar humedad, como son los baños, cochera, cocina y en zonas expuestas a la intemperie, para evitar riesgos de choque eléctrico y que los contactos se llenen de humedad y se presente corrosión, se recomienda que la parte inferior de los contactos se encuentre a 120 cm de altura con respecto al nivel del piso.
- Para que se puedan operar cómodamente, se recomienda que la parte inferior de los apagadores se encuentren a 120 cm de altura con respecto al nivel del piso.

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 (véanse características técnicas de *Alambres y cables Vinanel XXI RoHS^{M.R.} THW-LS/THHW-LS, 90 °C 600 V*). Este cable tiene conductor de cobre y aislamiento de PVC. Para nuestro ejemplo vamos a emplear este tipo de cable en toda la instalación.

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.
El significado de esto se representa en la siguiente fórmula:

$$CCC \geq \sum I_{\text{MOTOR}} + 0,25 I_{\text{MOTORMAYOR}} + I_{\text{OTRAS CARGAS}} \quad (4.4)$$

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

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

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

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 mm² a 42,4 mm² (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 mm² (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.

Notas 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, como en todos nuestros circuitos la corriente es menor a 100 A, para determinar la capacidad de conducción de corriente vamos a emplear la columna de 60 °C de la tabla 310-16. A continuación presentamos una reproducción de esta tabla.

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.

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)					
mm²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW*, CCE, TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHW-2, XHHW*, XHHW-2, DRS
		Cobre			Aluminio		
0,824	18	---	---	14	---	---	---
1,31	16	---	---	18	---	---	---
2,08	14	20*	20*	25*	---	---	---
3,31	12	25*	25*	30*	---	---	---
5,26	10	30	35*	40*	---	---	---
8,37	8	40	50	55	---	---	---
13,3	6	55	65	75	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,5	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	190	230	255
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	355	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	310	375	420
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	450
458	900	435	520	585	355	425	480
507	1 000	455	545	615	375	445	500
633	1 250	495	590	665	405	485	545
760	1 500	520	625	705	435	520	585
887	1 750	545	650	735	455	545	615
1 010	2 000	560	665	750	470	560	630

* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar 15 A para 2,08 mm² (14 AWG); 20 A para 3,31 mm² (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm² (10 AWG), todos de cobre.

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

Para nuestro ejemplo vamos a determinar el calibre de los conductores del circuito de alumbrado general No. 3 y del circuito alimentador. Los demás circuitos se dejan como ejercicio para el lector. El circuito de alumbrado general No. 3 cubre el alumbrado general de las siguientes zonas:

- Guardarropa 3 AO9.
- Pasillo 2 AO10.
- Recámara principal AO11.
- Guardarropa principal AO12.
- Baño principal AO13.

De acuerdo con la sección de la página 168 el circuito de alumbrado general No. 3 tiene una protección contra sobrecorriente de 20 A, por lo tanto la capacidad de conducción de corriente de los cables de este circuito debe ser mayor o igual a 20 A. En la figura 4.19 de la página 224 se muestra una vista de planta de las canalizaciones de este circuito. En las figuras 4.27, 4.29, 4.36, 4.37, 4.42, 4.43, 4.44, 4.45, 4.46, 4.47, 4.48 y 4.49 de las páginas 232, 234, 241, 242 y de la 247 a la 254 se muestra el alambrado y el dibujo isométrico de las canalizaciones de este circuito.

Entre las dos lámparas del pasillo 2 AO10, existen cuatro conductores activos en la misma canalización, como se puede apreciar en las figuras 4.42 y 4.44 de las páginas 247 y 249. Estos conductores son el neutro del circuito, el vivo del circuito que va al apagador de tres vías tipo escalera y a la recámara

principal AO11, uno solo de los conductores que van entre los dos apagadores de tres vías tipo escalera y el vivo que va entre los dos focos. Para entender el alambrado de una lámpara con apagadores tipo escalera se recomienda ver la figura 4.59 de la página 265. Como se puede apreciar en las figuras 4.27, 4.29, 4.36, 4.37, 4.42, 4.43, 4.44, 4.45, 4.46, 4.47, 4.48 y 4.49 de las páginas 232, 234, 241, 242 y de la 247 a la 254, esta canalización es la que lleva más conductores activos del circuito general de alumbrado No. 3, y por lo tanto es el lugar más crítico del circuito, en lo que se refiere a capacidad de conducción de corriente. Si calculamos el calibre de los conductores para esta canalización, vamos a estar protegidos en las demás canalizaciones de este circuito.

Como lo mencionamos anteriormente, los conductores para este circuito tienen que ser de 60 °C, ya que maneja menos de 100 A. Vamos a considerar que la unidad de vivienda de nuestro ejemplo se encuentra en la ciudad de Monterrey y que la temperatura ambiente máxima es de 40 °C. De acuerdo con la columna para cables de 60 °C de la tabla 310-16, de la NOM-001-SEDE-2005, a la capacidad de conducción de corriente de un cable indicada en dicha tabla le corresponde un factor de corrección por temperatura de 0,82. De acuerdo con la tabla indicada arriba, para cuatro conductores activos, a la capacidad de conducción de corriente de un cable indicada en la tabla 310-16, de la NOM-001-SEDE-2005, le corresponde un factor de corrección por agrupamiento de 80%. Esto significa que, para este caso, la capacidad de conducción de corriente de los cables indicada en la tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005, debe multiplicarse por 0,82 y por 0,80. Tomando en cuenta esto, tenemos:

Tamaño nominal mm ² (AWG)	Capacidad de conducción de corriente para cobre de acuerdo con la tabla 310-16 A	Capacidad de conducción de corriente para cobre de acuerdo con la tabla 310-16 corregida por temperatura ambiente y por agrupamiento (x 0,82 x 0,80) A
2,082 (14)	20	13
3,307 (12)	25	16
5,26 (10)	30	20
8,367 (8)	40	26

De acuerdo con esto, para el circuito de alumbrado general No. 3, le corresponde por capacidad de conducción de corriente un calibre mínimo de 5,26 mm² (10 AWG).

Para el caso del circuito alimentador, de acuerdo con la sección 4.3.6, el dispositivo de protección de sobrecorriente es de 30 A, por lo tanto la capacidad de conducción de corriente de los cables para este circuito (incluyendo el neutro), debe ser mayor o igual a 30 A. En las figuras 4.27 y 4.28 de las páginas 232 y 233, se aprecia que existen cuatro conductores activos en la misma canalización para este circuito, que son las tres fases y el neutro. De acuerdo con la tabla presentada anteriormente, para cuatro conductores activos, a la capacidad de conducción de corriente de un cable indicada en la tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005, se le debe aplicar un factor de corrección por agrupamiento de 80%. Como lo mencionamos anteriormente, los conductores para este circuito tienen que ser de 60 °C, ya que maneja menos de 100 A. De acuerdo con la columna para cables de 60 °C de la tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005, a la capacidad de conducción de corriente de un cable indicada en dicha tabla le corresponde un factor de corrección por temperatura de 0,82, ya que la temperatura ambiente máxima es de 40 °C. Esto significa que para este caso la capacidad de conducción de corriente de los cables indicada en la tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005 debe multiplicarse por 0,80 y por 0,82. Tomando en cuenta esto, tenemos:

Tamaño nominal mm ² (AWG)	Capacidad de conducción de corriente para cobre de acuerdo con la tabla 310-16 A	Capacidad de conducción de corriente para cobre de acuerdo con la tabla 310-16 corregida por temperatura ambiente y por agrupamiento (x 0,8 x 0,82) A
8,367 (8)	40	26
13,3 (6)	55	36
21,15 (4)	70	46

De acuerdo con esto, para el circuito de alimentación le corresponde –por capacidad de conducción de corriente– un calibre mínimo de 21,15 mm² (4 AWG). Es importante mencionar que de acuerdo con el artículo 215-2, inciso b), de la NOM-001-SEDE-2005:

La capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador no debe ser inferior a la de los conductores de entrada de acometida cuando los conductores del alimentador transporten el total de la carga alimentada por los conductores entrada de acometida con una capacidad de conducción de corriente de 55 A o menos.

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:

$$\Delta V = \frac{2ZLI}{V_o} 100 \quad (4.5)$$

- Para circuitos trifásicos:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}ZLI}{V_{ff}} 100 \quad (4.6)$$

Donde:

ΔV = 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 = Voltaje de fase a tierra, en volts

V_{ff} = Voltaje entre fases, en volts

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

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2} \quad (4.7)$$

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

A continuación presentamos una tabla que contiene la resistencia en corriente alterna a 75 °C, la reactancia inductiva y la impedancia de cables de cobre dentro de un tubo (conduit). En nuestro caso, los cables van a operar a una temperatura de 60 °C, porque manejan una corriente menor o igual a 100 A. Sin embargo, la diferencia entre estas resistencias es pequeña y haciendo los cálculos de caída de tensión utilizando una resistencia eléctrica a 75 °C, en lugar de 60 °C, nos resultan un valor protegido.

Tamaño nominal del conductor		Reactancia inductiva (ohm/km)		Resistencia en corriente alterna a 75 °C (ohm/km)			Impedancia (ohm/km)		
mm ²	AWG kcmil	Conduit de PVC o Al	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Al	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Al	Conduit de acero
2,082	14	0,190	0,240	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
3,307	12	0,177	0,223	6,562	6,56	6,56	6,56	6,56	6,57
5,26	10	0,164	0,207	3,937	3,94	3,94	3,94	3,94	3,94
8,367	8	0,171	0,213	2,559	2,56	2,56	2,56	2,56	2,57
13,3	6	0,167	0,210	1,608	1,61	1,61	1,62	1,62	1,62
21,15	4	0,157	0,197	1,017	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04
26,67	3	0,154	0,194	0,820	0,820	0,820	0,835	0,835	0,843
33,62	2	0,148	0,187	0,623	0,656	0,656	0,641	0,673	0,682
42,41	1	0,151	0,187	0,492	0,525	0,525	0,515	0,546	0,557
53,48	1/0	0,144	0,180	0,394	0,427	0,394	0,419	0,450	0,433
67,43	2/0	0,141	0,177	0,328	0,328	0,328	0,357	0,357	0,373
85,01	3/0	0,138	0,171	0,253	0,269	0,259	0,288	0,302	0,310
107,2	4/0	0,135	0,167	0,203	0,220	0,207	0,244	0,258	0,266
126,67	250	0,135	0,171	0,171	0,187	0,177	0,217	0,230	0,246
152,01	300	0,135	0,167	0,144	0,161	0,148	0,197	0,210	0,223
177,34	350	0,131	0,164	0,125	0,141	0,128	0,181	0,193	0,208
202,68	400	0,131	0,161	0,108	0,125	0,115	0,170	0,181	0,198
253,35	500	0,128	0,157	0,089	0,105	0,095	0,156	0,166	0,184
304,02	600	0,128	0,157	0,075	0,092	0,082	0,149	0,158	0,178
380,03	750	0,125	0,157	0,062	0,079	0,069	0,139	0,147	0,172
506,71	1000	0,121	0,151	0,049	0,062	0,059	0,131	0,136	0,162

Para el circuito de alumbrado general No. 3 de nuestro ejemplo, tenemos que la longitud a la salida más lejana es desde el tablero, hasta uno de los contactos que se encuentra en la Recámara principal AO11. De acuerdo con las figuras 4.19 y 4.46 de las páginas 224 y 251, esta longitud es de:

$$L = 1,5 \text{ m} + 1,2 \text{ m} + 1,2 \text{ m} + 2,3 \text{ m} + 4,3 \text{ m} + 1,9 \text{ m} + 2,3 \text{ m} + 2,2 \text{ m} = 16,9 \text{ m}$$

De acuerdo con la fórmula 4.5 y con la tabla indicada arriba, tenemos que la caída máxima de tensión en este circuito derivado, considerando el conductor de 5,26 mm² (10 AWG) que calculamos por capacidad de conducción de corriente, es de (vamos a emplear conduits de PVC como canalización):

$$\Delta V = \frac{2 (3,94 \text{ ohm/km}) 0,0169 \text{ km} (20 \text{ A})}{127 \text{ V}} 100 = 2,1\%$$

Como la caída es menor al 3%, el calibre 5,26 mm² (10 AWG) que se seleccionó por capacidad de conducción de corriente cumple también con caída de voltaje. En algunos casos, sin embargo, si la caída de voltaje en el alimentador es de 3%, la caída máxima de voltaje en el circuito derivado debe ser de 2%, para que el total sea de menos del 5%. Si este fuera el caso, sería necesario seleccionar un calibre mayor que cumpliera con una caída máxima de 2%. Seleccionando el calibre 8,367 mm² (8 AWG), tenemos la siguiente caída de voltaje:

$$\Delta V = \frac{2 (2,56 \text{ ohm/km}) 0,0169 \text{ km} (20 \text{ A})}{127 \text{ V}} 100 = 1,4\%$$

De acuerdo con esto, con este calibre se cumple con una caída menor al 2%. En el caso del alimentador tenemos una distancia menor a 2 m. De acuerdo con la fórmula 4.5 (empleamos la fórmula para circuitos monofásicos, ya que puede darse el caso crítico de que sólo una fase esté conectada y funcione como circuito monofásico), y a la tabla indicada arriba, tenemos que la caída máxima de tensión en este circuito, considerando el conductor de 21,15 mm² (4 AWG) que calculamos por capacidad de conducción de corriente, es de (vamos a considerar ducto de PVC como canalización):

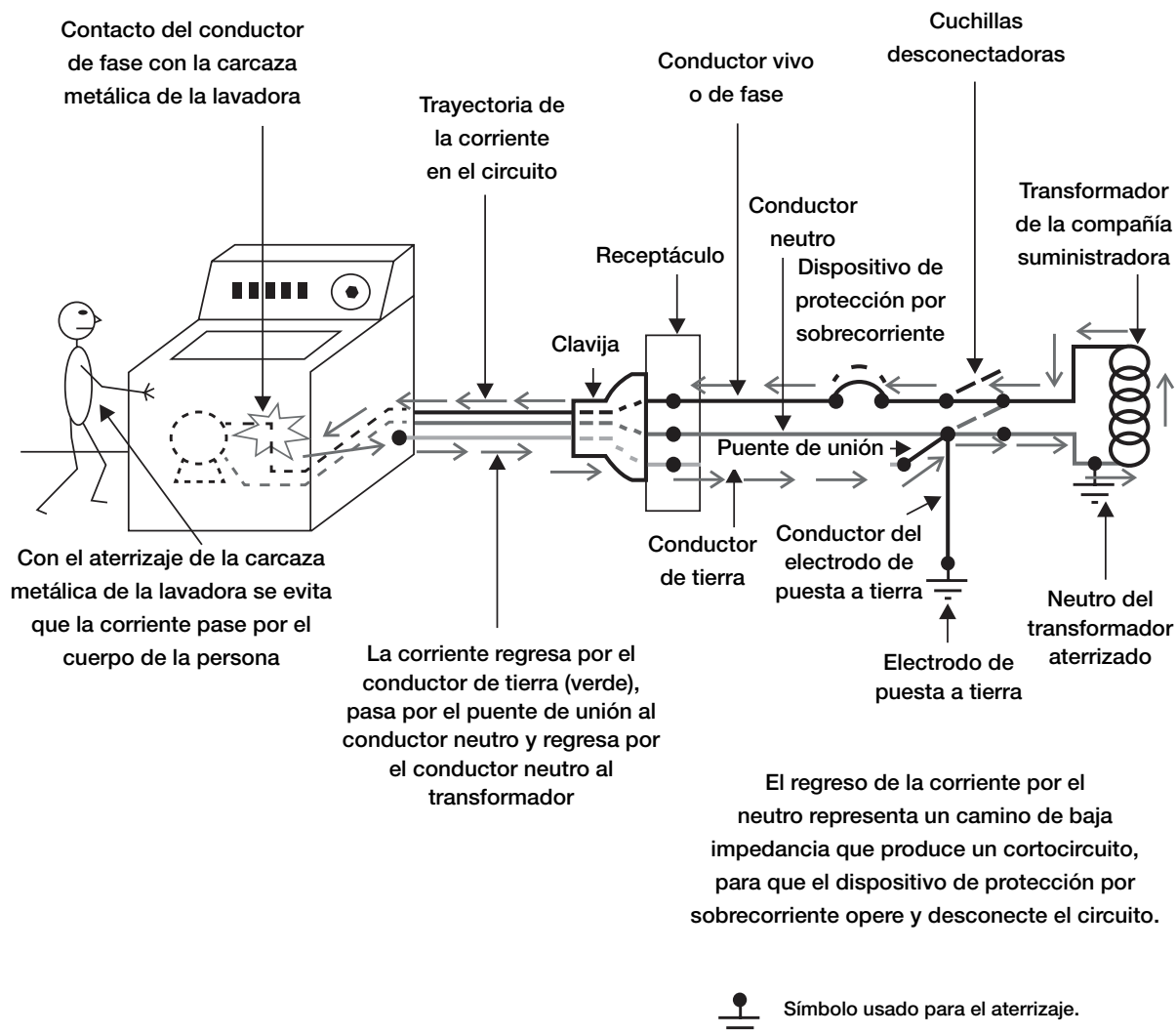
$$\Delta V = \frac{2 (1,03 \text{ ohm/km}) 0,002 \text{ km} (40 \text{ A})}{127 \text{ V}} 100 = 0,13\%$$

De acuerdo con esto, la caída de voltaje en el alimentador es menor al 3 y al 2%, por lo que el conductor de 21,15 mm² (4 AWG) que calculamos por capacidad de conducción de corriente, cumple con la caída de voltaje requerida.

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

En el apartado de la sección 51 de este documento se explica la finalidad de aterrizaje 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.

En la siguiente figura se presenta un esquema en el que se muestra la puesta a tierra de partes metálicas de equipos y objetos, en la que se pueden apreciar sus componentes y su función.



El aterrizaje comprende la interconexión de todas las envolventes metálicas del circuito y su conexión a tierra. Estas envolventes son: carcasas 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 reproducimos 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 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 ² (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,082 (14)	
20	3,307 (12)	
30	5,26 (10)	
40	5,26 (10)	
60	5,26 (10)	
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15 (4)
300	21,15 (4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	42,41 (1)	67,43 (2/0)
800	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
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)

Para el circuito general de alumbrado No. 3, como el dispositivo de protección contra sobrecorriente es de 20 A, le corresponde un conductor de puesta a tierra de cobre de 3,307 mm² (12 AWG). Para el circuito alimentador, como el dispositivo de protección contra sobrecorriente es de 100 A, le corresponde un conductor de puesta a tierra de cobre de 8,367 mm² (8 AWG).

Selección del calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra

En las figuras 4.27 y 4.29 de las páginas 232 y 234 se muestran las conexiones y la localización del conductor del electrodo de puesta a tierra, en nuestro ejemplo. 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 reproducimos 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 ² (AWG o kcmil)		Tamaño nominal del conductor al electrodo de tierra mm ² (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 mm² (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 mm² (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 mm² (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 mm² (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 mm² (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.

Electrodo de puesta a tierra

En las figuras 4.27 y 4.29 de las páginas 232 y 234 se muestran la conexión y la localización del electrodo de puesta a tierra, en nuestro ejemplo. 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 Ω .

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 puesto a tierra, la canalización de la acometida puesta a tierra o cualquier envolvente de la acometida puesto 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 mm² (6 AWG) o un cable de aluminio de 21,2 mm² (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 mm² (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 mm² (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 m² 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 Ω 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.

Para nuestro ejemplo vamos a considerar un electrodo de puesta a tierra que consiste en una varilla de acero recubierta de cobre de 3 m de largo con un diámetro de 16 mm. Esta varilla va a estar enterrada en el terreno donde indica la figura 4.29 de la página 234.

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 reproducimos 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 tubos se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{POC} = \frac{\text{ATC}}{\text{ATIT}} \cdot 100 \quad (4.8)$$

Donde:

POC = Porcentaje de ocupación del tubo (conduit)

ATC = Suma de las áreas transversales de cada cable que va a alojar el tubo, en mm². El área transversal de cada cable se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{AC} = \frac{3,1416}{4} \text{DEC}^2 \quad (4.9)$$

Donde:

AC = Área transversal de cable, en mm²

DEC = Diámetro exterior del cable, en mm

ATIT = Área transversal interna del tubo (conduit), en mm². El área transversal interna del tubo (conduit) se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{ATIT} = \frac{3,1416}{4} \text{DIT}^2 \quad (4.10)$$

Donde:

DIT = Diámetro interno del tubo (conduit), en mm

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 reproducimos 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 ²)	Área disponible para conductores (mm ²)		
			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, la cual reproducimos a continuación:

Tabla 10-5**Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos**

Tipos : RH, RHH, RHW, RHW-2				
Tipo	Tamaño nominal		Diámetro aprox. mm	Área aprox. mm ²
	mm ²	AWG-kcmil		
RH	2,082	14	4,14	13,5
	3,307	12	4,62	16,8
RH	2,082	14	4,90	18,9
RHH	3,307	12	5,38	22,8
RHW	5,26	10	5,99	28,2
RHW-2	8,367	8	8,28	53,9
	13,3	6	9,25	67,2
	21,15	4	10,5	86,1
	26,67	3	11,2	98,1
	33,62	2	12,0	113
	42,41	1	14,8	172
	53,48	1/0	15,8	196
	67,43	2/0	16,97	226,13
	85,01	3/0	18	263
	107,2	4/0	19,8	307
	126,67	250	22,7	406
	152,01	300	24,1	457
	177,34	350	25,4	508
	202,68	400	26,6	557
	253,35	500	28,8	650
	304,02	600	31,6	783
	354,69	700	33,4	875
	380,03	750	34,2	921
	405,37	800	35,1	965
	456,04	900	36,7	1 057
	506,71	1 000	38,2	1 143
	633,39	1 250	43,9	1 515
	760,07	1 500	47,0	1 738
	886,74	1 750	49,9	1 959
	1 013,42	2 000	52,6	2 175

Tipos RHH*, RHW*, RHW-2*, THW, THW-2				
Tipo	Tamaño nominal		Diámetro aprox. mm	Área aprox. mm ²
	mm ²	AWG-kcmil		
RHH*, RHW*, RHW-2*	2,082	14	4,14	13,5
	3,307	12	4,62	16,8
	5,26	10	5,23	21,5
	8,367	8	6,76	35,9
RHH*	2,082	14	3,38	8,97
RHW*	3,307	12	3,86	11,7
RHW-2*	5,26	10	4,47	15,7
TW	8,367	8	5,99	28,2
THW	13,3	6	7,72	46,8
THW-LS	21,15	4	8,94	62,8
THHW	26,67	3	9,65	73,2
THHW-LS	33,62	2	10,5	86,0
THW-2	42,41	1	12,5	123
	53,48	1/0	13,5	143
	67,43	2/0	14,7	169
	85,01	3/0	16,0	201
	107,2	4/0	17,5	240
	126,67	250	19,4	297
	152,01	300	20,8	341
	177,34	350	22,1	384
	202,68	400	23,3	427
	253,35	500	25,5	510
	304,02	600	28,3	628
	354,69	700	30,1	710
	380,03	750	30,9	752
	405,37	800	31,8	792
	456,04	900	33,4	875
	506,71	1 000	34,8	954
	633,39	1 250	39,1	1 200
	760,07	1 500	42,2	1 400
	886,74	1 750	45,1	1 598
	1 013,42	2 000	47,8	1 795

Tipos : TFN, TFFN, THWN, THWN-2				
Tipo	Tamaño nominal		Diámetro aprox. mm	Área aprox. mm ²
	mm ²	AWG-kcmil		
TFN	0,8235	18	2,13	3,55
TFFN	1,307	16	2,44	8,58
THHN	2,082	14	2,82	6,26
THWN	3,307	12	3,30	8,58
THWN-2	5,26	10	4,17	13,6
THHN	8,367	8	5,49	23,6
THWN	13,3	6	6,45	32,7
THWN-2	21,15	4	8,23	53,2
	26,67	3	8,94	62,8
	33,62	2	9,75	74,7
	42,41	1	11,3	100
	53,48	1/0	12,3	120
	67,43	2/0	13,5	143
	85,01	3/0	14,8	173
	107,2	4/0	16,3	209
	126,67	250	18	256
	152,01	300	19,5	297
	177,34	350	20,8	338
	202,68	400	21,9	378
	253,35	500	24,1	456
	304,02	600	26,7	560
	354,69	700	28	638
	380,03	750	29,4	677
	405,37	800	30,2	715
	456,04	900	31,8	794
	506,71	1 000	33,3	870

Tipos : XHH, XHHW, XHHW-2				
Tipo	Tamaño nominal		Diámetro aprox. mm	Área aprox. mm ²
	mm ²	AWG-kcmil		
XHH	2,082	14	3,38	8,97
XHHW	3,307	12	3,86	11,68
XHHW-2	5,26	10	4,47	15,68
	8,367	8	5,99	28,19
	13,3	6	6,96	38,06
	21,15	4	8,18	52,52
	26,67	3	8,89	62,06
	33,62	2	9,70	73,94
	42,41	1	11,23	98,97
	53,48	1/0	12,24	117,74
	67,43	2/0	13,41	141,29
	85,01	3/0	14,73	170,45
	107,2	4/0	16,21	206,26
	126,67	250	17,91	251,87
	152,01	300	19,30	292,64
	177,34	350	20,60	333,29
	202,68	400	21,79	373,03
	253,35	500	23,95	450,58
	304,02	600	26,75	561,87
	354,69	700	28,55	640,19
	380,03	750	29,41	679,48
	405,37	800	30,23	1 362,71
	456,04	900	31,85	769,84
	506,71	1 000	33,3	872,19
	633,39	1 250	37,6	1 108
	760,07	1 500	40,7	1 300
	886,74	1 750	43,6	1 492
	1 013,42	2 000	46,3	1 682

* Los cables tipo RHH, RHW, RHW-2, sin recubrimiento exterior.

Para nuestro ejemplo vamos a seleccionar el tubo (conduit) con PVC del circuito de alumbrado No. 3, de la canalización que va entre las dos lámparas que están en el Pasillo 2 AO10 (véanse figuras 4.42 y 4.44 de las páginas 247 y 249).

Esta canalización lleva los siguientes cables:

- Cinco conductores de circuito que son: el neutro del circuito, el vivo del circuito que va al apagador de tres vías tipo escalera y a la recámara principal AO11, dos conductores que van entre los dos

apagadores de tres vías tipo escalera y el vivo que va entre los dos focos. De acuerdo con la sección 4.3.8, el tamaño de cada uno de estos cables es de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG).

- Un conductor de puesta a tierra. De acuerdo con la sección 4.3.8, el tamaño de este conductor es de $3,307 \text{ mm}^2$ (12 AWG).

De acuerdo con la tabla 10-5, continuación 1, de la NOM-001-SEDE-2005, el área transversal de un conductor THW-LS de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG) es de $15,7 \text{ mm}^2$; y el área transversal de un conductor THW-LS de $3,307 \text{ mm}^2$ (12 AWG) es de $11,7 \text{ mm}^2$. La suma de las áreas transversales de cada cable que va a alojar el tubo es de $5 \times 15,7 \text{ mm}^2 + 11,7 \text{ mm}^2 = 90,2 \text{ mm}^2$.

En la siguiente tabla presentamos las dimensiones de tubería de PVC tipo normal, junto con su área interior, para determinar cuál es el tubo (conduit) de menor dimensión que cumple con lo requerido:

Diámetro nominal mm	Diámetro exterior mm	Diámetro interior mm	Espesor de la pared mm	Área interior mm^2
13	17,8	15,8	1,0	196
19	23,3	21,3	1,0	356
25	29,4	27,0	1,2	572
32	38,0	35,6	1,4	995
38	44,0	41,0	1,5	1 320
50	55,9	52,7	1,6	2 180

De acuerdo con la fórmula 4.8 de este documento, el porcentaje de ocupación de los cables para el tubo (conduit) de 13 mm es de:

$$\text{POC} = \frac{90,2}{196} \cdot 100 = 46\%$$

Que es mayor al 40% permitido por la tabla 10-1, de la NOM-001-SEDE-2005, para más de dos conductores en un tubo, por lo que se requiere una tubería mayor. El porcentaje de ocupación de los cables para el tubo (conduit) de 19 mm es de:

$$\text{POC} = \frac{90,2}{356} \cdot 100 = 25,3\%$$

Que es menor al 40% permitido para ocupación de tubos (conduit), por lo que se puede emplear este tamaño de tubo (conduit) de PVC tipo normal para la canalización indicada.

La NOM-001-SEDE-2005 proporciona en las tablas del anexo C el número máximo de cables que se puede alojar en los tubos (conduit): metálico tipo ligero, no metálico tipo ligero, metálico flexible y metálico tipo semipesado. Para evitar los cálculos en estos casos, a continuación reproducimos las tablas del anexo C:

Tabla C1

**Número máximo de conductores y cables de aparatos en tubo (conduit) metálico tipo ligero
(según la Tabla 1 Capítulo 10)**

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm									
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
RH	2,082	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
	3,307	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
RHH	2,082	14	4	7	11	20	27	46	80	120	157	201
RHW	3,307	12	3	6	9	17	23	38	66	100	131	167
RHW-2												
RH	5,26	10	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
RHH	8,367	8	1	2	4	7	9	16	28	42	55	70
RHW	13,3	6	1	1	3	5	8	13	22	34	44	56
RHW-2	21,15	4	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	26,67	3	1	1	1	4	5	9	15	23	30	38
	33,62	2	1	1	1	3	4	7	13	20	26	33
	42,41	1	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	53,48	1/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	67,43	2/0	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17
	85,01	3/0	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14
	107,2	4/0	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12
	126,67	250	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	152,01	300	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	177,34	350	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	253,35	500	0	0	0	0	1	1	2	3	4	6
	304,02	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	354,69	700	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	380,03	750	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	405,37	800	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	456,04	900	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	633,39	1 250	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	760,07	1 500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	886,74	1 750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1 013,4	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
TW	2,082	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
THW	3,307	12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm									
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
THHW	5,26	10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
THW-2	8,367	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
RHH*	2,082	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
RHW*												
RHW-2*												
RHH*	3,307	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
RHW*	5,26	10	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177
RHW-2*												
TW	8,367	8	1	4	6	10	14	24	42	63	83	106
THW	13,3	6	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81
THHW	21,15	4	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
THW-2	26,67	3	1	1	3	5	7	12	20	31	40	52
	33,62	2	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	42,41	1	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31
	53,48	1/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	67,43	2/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	85,01	3/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	107,2	4/0	0	0	1	1	1	3	6	9	12	16
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	152,01	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	11
	177,34	350	0	0	0	1	1	1	4	6	7	10
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	304,02	600	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	380,03	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	405,37	800	0	0	0	0	1	1	1	3	3	5
	456,04	900	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	633,39	1 250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	760,07	1 500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	886,74	1 750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	1 013,4	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
THHN	2,082	14	12	22	35	61	84	138	241	364	476	608
THWN	3,307	12	9	16	26	45	61	101	176	266	347	444

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm									
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
THWN-2	5,26	10	5	10	16	28	38	63	111	167	219	279
	8,367	8	3	6	9	16	22	36	64	96	126	161
	13,3	6	2	4	7	12	16	26	46	69	91	116
	21,15	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	71
	26,67	3	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	33,62	2	1	1	3	5	7	11	20	30	40	51
	42,41	1	1	1	1	4	5	8	15	22	29	37
	53,48	1/0	1	1	1	3	4	7	12	19	25	32
	67,43	2/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	85,01	3/0	0	1	1	1	3	5	8	13	17	22
	107,2	4/0	0	1	1	1	2	4	7	11	14	18
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	6	9	11	15
	152,01	300	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	177,34	350	0	0	1	1	1	2	4	6	9	11
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	4	6	8	10
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	304,02	600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	354,69	700	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6
	380,03	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	405,37	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	456,04	900	0	0	0	0	1	1	1	3	3	4
	506,71	1 000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
XHH	2,082	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
XHHW	3,307	12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
XHHW-2	5,26	10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
	8 367	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
	13,3	6	1	3	6	10	14	22	39	60	78	100
	21,15	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	72
	26,67	3	1	1	3	6	8	14	24	36	48	61
	33,62	2	1	1	3	5	7	11	20	31	40	51
	42,41	1	1	1	1	4	5	8	15	23	30	38
	53,48	1/0	1	1	1	3	4	7	13	19	25	32
	67,43	2/0	0	1	1	2	3	6	10	16	21	27
	85,01	3/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	107,2	4/0	0	1	1	1	2	4	7	11	14	18

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm									
	mm²	AWG kcmil	6	21	27	35	41	53	63	78	91	103
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	6	9	12	15
	152,01	300	0	0	1	1	1	3	5	8	10	13
	177,34	350	0	0	1	1	1	2	4	7	9	11
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	4	6	8	10
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	304,02	600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	6
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	2	3	4	6
	380,03	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	405,37	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	456,04	900	0	0	0	0	1	1	1	3	3	4
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	663,39	1 250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	760,07	1 500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3
	886,74	1 750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	1 013,4	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

* Los cables RHH, RHW y RHW-2, sin recubrimiento externo.

Tabla C2

**Número máximo de conductores y cables de aparatos en tubo (conduit) no metálico tipo ligero
(según la Tabla 1 Capítulo 10)**

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm					
	mm²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53
RH	2,082	14	4	8	15	27	37	61
	3,307	12	3	7	12	21	29	49
RHH, RHW	2,082	14	3	6	10	19	26	43
RHW-2	3,307	12	2	5	9	16	22	36
							17	
RH, RHH, RHW	5,26	10	1	4	7	13	9	29
RHW-2	8,367	8	1	1	3	6	7	15
	13,3	6	1	1	3	5	6	12
	21,15	4	1	1	2	4	5	9
	26,67	3	1	1	1	3	4	8
	33,62	2	0	1	1	3	3	7
	42,41	1	0	1	1	1	2	5
	53,48	1/0	0	0	1	1	1	4
	67,43	2/0	0	0	1	1	1	3
	85,01	3/0	0	0	1	1	1	3
	107,2	4/0	0	0	1	1	1	2
	126,67	250	0	0	0	1	1	1
	152,01	300	0	0	0	1	1	1
	177,34	350	0	0	0	1	1	1
	202,68	400	0	0	0	1	1	1
	253,35	500	0	0	0	0	1	1
	304,02	600	0	0	0	0	1	1
	354,69	700	0	0	0	0	0	1
	380,03	750	0	0	0	0	0	1
	405,37	800	0	0	0	0	0	1
	456,04	900	0	0	0	0	0	1
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1
	633,39	1 250	0	0	0	0	0	0
	760,07	1 500	0	0	0	0	0	0
	886,74	1 750	0	0	0	0	0	0
	1 013,42	2 000	0	0	0	0	0	0
TW	2,082	14	7	13	22	40	55	92
THW	3,307	12	5	10	17	31	42	71

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm					
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53
THHW	5,26	10	4	7	13	23	32	52
THW-2	8,367	8	1	4	7	13	17	29
RHH*, RHW*	2,082	14	4	8	15	27	37	61
RHW-2*								
RHH*, RHW*	3,307	12	3	7	12	21	29	49
RHW-2*, TW	5,26	10	2	5	9	17	23	38
THW, THHW	8,367	8	1	3	5	10	14	23
THW-2	13,3	6	1	2	4	7	10	17
	21,15	4	1	1	3	5	8	13
	26,67	3	1	1	2	5	7	11
	33,62	2	1	1	2	4	6	9
	42,41	1	0	1	1	3	4	6
	53,48	1/0	0	1	1	2	3	5
	67,43	2/0	0	1	1	1	3	5
	85,01	3/0	0	0	1	1	2	4
	107,2	4/0	0	0	1	1	1	3
	126,67	250	0	0	1	1	1	2
	152,01	300	0	0	0	1	1	2
	177,34	350	0	0	0	1	1	1
	202,68	400	0	0	0	1	1	1
	253,35	500	0	0	0	1	1	1
	304,02	600	0	0	0	0	1	1
	354,69	700	0	0	0	0	1	1
	380,03	750	0	0	0	0	1	1
	405,37	800	0	0	0	0	1	1
	456,04	900	0	0	0	0	0	1
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1
	633,39	1 250	0	0	0	0	0	1
	760,07	1 500	0	0	0	0	0	0
	886,74	1 750	0	0	0	0	0	0
	1 013,42	2 000	0	0	0	0	0	0
THHN, THWN	2,082	14	10	18	32	58	80	132
THWN-2	3,307	12	7	13	23	42	58	96
	5,26	10	4	8	15	26	36	60
	8,367	8	2	5	8	15	21	35

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm					
	mm²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53
	13,3	6	1	3	6	11	15	25
	21,15	4	1	1	4	7	9	15
	26,67	3	1	1	3	5	8	13
	33,62	2	1	1	2	5	6	11
	42,41	1	1	1	1	3	5	8
	53,48	1/0	0	1	1	3	4	7
	67,43	2/0	0	1	1	2	3	5
	85,01	3/0	0	1	1	1	3	4
	107,2	4/0	0	0	1	1	2	4
	126,67	250	0	0	1	1	1	3
	152,01	300	0	0	1	1	1	2
	177,34	350	0	0	0	1	1	2
	202,68	400	0	0	0	1	1	1
	253,35	500	0	0	0	1	1	1
	304,02	600	0	0	0	1	1	1
	354,69	700	0	0	0	0	1	1
	380,03	750	0	0	0	0	1	1
	405,37	800	0	0	0	0	1	1
	456,04	900	0	0	0	0	1	1
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1
XHH, XHHW	2,082	14	7	13	22	40	55	792
XHHW-2	3,307	12	5	10	17	31	42	71
	5,26	10	4	7	13	23	32	52
	8,367	8	1	4	7	13	17	29
	13,3	6	1	3	5	9	13	21
	21,15	4	1	1	4	7	9	15
	26,67	3	1	1	3	6	8	13
	33,62	2	1	1	2	5	6	11
	42,41	1	1	1	1	3	5	8
	53,48	1/0	0	1	1	3	4	7
	67,43	2/0	0	1	1	2	3	6
	85,01	3/0	0	1	1	1	3	5
	107,2	4/0	0	0	1	1	2	4
	126,67	250	0	0	1	1	1	3
	152,01	300	0	0	1	1	1	3

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm					
	mm²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53
	177,34	350	0	0	1	1	1	2
	202,68	400	0	0	0	1	1	1
	253,35	500	0	0	0	1	1	1
	304,02	600	0	0	0	1	1	1
	354,69	700	0	0	0	0	1	1
	380,03	750	0	0	0	0	1	1
	405,37	800	0	0	0	0	1	1
	456,04	900	0	0	0	0	1	1
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1
	633,39	1 250	0	0	0	0	0	1
	760,07	1 500	0	0	0	0	0	1
	886,74	1 750	0	0	0	0	0	0
	1 013,42	2 000	0	0	0	0	0	0

*Los cables RHH, RHW y RHW-2, sin recubrimiento externo.

Tabla C3

**Número máximo de conductores y cables de aparatos en tubo (conduit) metálico flexible
(según la Tabla 1 Capítulo 10)**

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm									
	mm²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
RH	2,082	14	6	10	15	24	35	62	94	135	184	240
	3,307	12	5	8	12	19	28	50	75	108	148	193
RHH, RHW	2,082	14	4	7	11	17	25	44	67	96	131	171
RHW-2	3,307	12	3	6	9	14	21	37	55	80	109	142
RH, RHH	5,26	10	3	5	7	11	17	30	45	64	88	115
RHW	8,367	8	1	2	4	6	9	15	23	34	46	60
RHW-2	13,3	6	1	1	3	5	7	12	19	27	37	48
	21,15	4	1	1	2	4	5	10	14	21	29	37
	26,67	3	1	1	1	3	5	8	13	18	25	33
	33,62	2	1	1	1	3	4	7	11	16	22	28
	42,41	1	0	1	1	1	2	5	7	10	14	19
	53,48	1/0	0	1	1	1	2	4	6	9	12	16
	67,43	2/0	0	1	1	1	1	3	5	8	11	14
	85,01	3/0	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12
	107,2	4/0	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	126,67	250	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	152,01	300	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	177,34	350	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	202,68	400	0	0	0	0	1	1	1	3	4	6
	253,35	500	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	304,02	600	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	354,69	700	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	380,03	750	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	405,37	800	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	456,04	900	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3
	633,39	1 250	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	760,07	1 500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	886,74	1 750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1 013,4	2 000	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
TW	2,082	14	9	15	23	36	53	94	141	203	277	361

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm									
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
THW	3,307	12	7	11	18	28	41	72	108	156	212	277
THHW	5,26	10	5	8	13	21	30	54	81	116	158	207
THW-2	8,367	8	3	5	7	11	17	30	45	64	88	115
RHH*	2,082	14	6	10	15	24	35	62	94	135	184	240
RHW*												
RHW-2*	3,307	12	5	8	12	19	28	50	75	108	148	193
RHH*	5,26	10	4	6	10	15	22	39	59	85	115	151
RHW*	8,367	8	1	4	6	9	13	23	35	51	69	90
RHW-2*	13,3	6	1	3	4	7	10	18	27	39	53	69
THHW	21,15	4	1	1	3	5	7	13	20	29	39	51
THW	26,67	3	1	1	3	4	6	11	17	25	34	44
THW-2	33,62	2	1	1	2	4	5	10	14	21	29	37
	42,41	1	1	1	1	2	4	7	10	15	20	26
	53,48	1/0	0	1	1	1	3	6	9	12	17	22
	67,43	2/0	0	1	1	1	3	5	7	10	14	19
	85,01	3/0	0	1	1	1	2	4	6	9	12	16
	107,2	4/0	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11
	152,01	300	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	177,34	350	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	304,02	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	380,03	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	405,37	800	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4
	456,04	900	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	633,39	1 250	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	760,07	1 500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	886,74	1 750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1 013,4	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
THHN	2,082	14	13	22	33	52	76	134	202	291	396	518
THWN	3,307	12	9	16	24	38	56	98	147	212	289	378
THWN-2	5,26	10	6	10	15	24	35	62	93	134	182	238

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm									
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
	8,367	8	3	6	9	14	20	35	53	77	105	137
	13,3	6	2	4	6	10	14	25	38	55	76	99
	21,15	4	1	2	4	6	9	16	24	34	46	61
	26,67	3	1	1	3	5	7	13	20	29	39	51
	33,62	2	1	1	3	4	6	11	17	24	33	43
	42,41	1	1	1	1	3	4	8	12	18	24	32
	53,48	1/0	1	1	1	2	4	7	10	15	20	27
	67,43	2/0	0	1	1	1	3	6	9	12	17	22
	85,01	3/0	0	1	1	1	2	5	7	10	14	18
	107,2	4/0	0	1	1	1	1	4	6	8	12	15
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12
	152,01	300	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11
	177,34	350	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	304,02	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	380,03	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	405,37	800	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	456,04	900	0	0	0	0	0	1	1	1	3	4
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
XHH	2,082	14	9	15	23	36	53	94	141	203	277	361
XHHW	3,307	12	7	11	18	28	41	72	108	156	212	277
XHHW-2	5,26	10	5	8	13	21	30	54	81	116	158	207
	8,367	8	3	5	7	11	17	30	45	64	88	115
	13,3	6	1	3	5	8	12	22	33	48	65	85
	21,15	4	1	2	4	6	9	16	24	34	47	61
	26,67	3	1	1	3	5	7	13	20	29	40	52
	33,62	2	1	1	3	4	6	11	17	24	33	44
	42,41	1	1	1	1	3	5	8	13	18	25	32
	53,48	1/0	1	1	1	2	4	7	10	15	21	27
	67,43	2/0	0	1	1	2	3	6	9	13	17	23
	85,01	3/0	0	1	1	1	3	5	7	10	14	19
	107,2	4/0	0	1	1	1	2	4	6	9	12	15
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm									
	mm²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
	152,01	300	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11
	177,34	350	0	0	1	1	1	2	4	5	7	9
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	3	4	5	7
	304,02	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	380,03	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	405,37	800	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	456,04	900	0	0	0	0	0	1	1	1	3	4
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	633,39	1 250	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3
	760,07	1 500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	886,74	1 750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1 013,4	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

*Los cables RHH, RHW y RHW-2, sin recubrimiento externo.

Tabla C4

Número máximo de conductores y cables de aparatos en tubo (conduit) metálico tipo semipesado (según la Tabla 1 Capítulo 10)

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm									
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
RH	2,082	14	6	11	18	31	42	69	98	151	202	261
	3,307	12	5	9	14	25	34	56	79	122	163	209
RHH, RHW	2,082	14	4	8	13	22	30	49	70	108	144	186
THW-2	3,307	12	4	6	11	18	25	41	58	89	120	154
RH, RHH	5,26	10	3	5	8	15	20	33	47	72	97	124
RHW	8,367	8	1	3	4	8	10	17	24	38	50	65
RHW-2	13,3	6	1	1	3	6	8	14	19	30	40	52
	21,15	4	1	1	3	5	6	11	15	23	31	41
	26,67	3	1	1	2	4	6	9	13	21	28	36
	33,62	2	1	1	1	3	5	8	11	18	24	31
	42,41	1	0	1	1	2	3	5	7	12	16	20
	53,48	1/0	0	1	1	1	3	4	6	10	14	18
	67,43	2/0	0	1	1	1	2	4	6	9	12	15
	85,01	3/0	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	107,2	4/0	0	0	1	1	1	3	4	6	9	11
	126,67	250	0	0	1	1	1	1	3	5	6	8
	152,01	300	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	177,34	350	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	304,02	600	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	380,03	750	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4
	405,37	800	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	456,04	900	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	633,39	1 250	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	760,07	1 500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	886,74	1 750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1 013,4	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
TW	2,082	14	10	17	27	47	64	104	147	228	304	392

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm									
	mm²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
THW	3,307	12	7	13	21	36	49	80	113	175	234	301
THHW	5,26	10	5	9	15	27	36	59	84	130	174	224
THW-2	8,367	8	3	5	8	15	20	33	47	72	97	124
RHH*, RHW*	2,082	14	6	11	18	31	42	69	98	151	202	261
RHW-2*												
RHH*, RHW*												
RHW-2*	3,307	12	5	9	14	25	34	56	79	122	163	209
	5,26	10	4	7	11	19	26	43	61	95	127	163
THHW, THW	8,367	8	2	4	7	12	16	26	37	57	76	98
	13,3	6	1	3	5	9	12	20	28	43	58	75
	21,15	4	1	2	4	6	9	15	21	32	43	56
	26,67	3	1	1	3	6	8	13	18	28	37	48
	33,62	2	1	1	3	5	6	11	15	23	31	41
	42,41	1	1	1	1	3	4	7	11	16	22	28
	53,48	1/0	1	1	1	3	4	6	9	14	19	24
	67,43	2/0	0	1	1	2	3	5	8	12	16	20
	85,01	3/0	0	1	1	1	3	4	6	10	13	17
	107,2	4/0	0	1	1	1	2	4	5	8	11	14
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12
	152,01	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	177,34	350	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	304,02	600	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	380,03	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	405,37	800	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	456,04	900	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	506,71	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	633,39	1 250	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3
	760,07	1 500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	886,74	1 750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1 013,4	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
THHN	2,082	14	14	24	39	68	91	149	211	326	436	562
THWN	3,307	12	10	17	29	49	67	109	154	238	318	410

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm									
	mm ²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
THWN-2	5,26	10	6	11	18	31	42	68	97	150	200	258
	8,367	8	3	6	10	18	24	39	56	86	115	149
	13,3	6	2	4	7	13	17	28	40	62	83	107
	21,15	4	1	3	4	8	10	17	25	38	51	66
	26,67	3	1	2	4	6	9	15	21	32	43	56
	33,62	2	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47
	42,41	1	1	1	2	4	5	9	13	20	27	35
	53,48	1/0	1	1	1	3	4	8	11	17	23	29
	67,43	2/0	1	1	1	3	4	6	9	14	19	24
	85,01	3/0	0	1	1	2	3	5	7	12	16	20
	107,2	4/0	0	1	1	1	2	4	6	9	13	17
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	5	8	10	13
	152,01	300	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12
	177,34	350	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	202,68	400	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	304,02	600	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	354,69	700	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	380,03	750	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	405,37	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	456,04	900	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	506,71	1 000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
XHH	2,082	14	10	17	27	47	64	104	147	228	304	392
XHHW	3,307	12	7	13	21	36	49	80	113	175	234	301
XHHW-2	5,26	10	5	9	15	27	36	59	84	130	174	224
	8,367	8	3	5	8	15	20	33	47	72	97	124
	13,3	6	1	4	6	11	15	24	35	53	71	92
	21,15	4	1	3	4	8	11	18	25	39	52	67
	26,67	3	1	2	4	7	9	15	21	33	44	56
	33,62	2	1	1	3	5	7	12	18	27	37	47
	42,41	1	1	1	2	4	5	9	13	20	27	35
	53,48	1/0	1	1	1	3	5	8	11	17	23	30
	67,43	2/0	1	1	1	3	4	6	9	14	19	25
	85,01	3/0	0	1	1	2	3	5	7	12	16	20
	107,2	4/0	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable		Diámetro nominal en mm									
	mm²	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14
	152,01	300	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12
	177,34	350	0	0	1	1	1	3	4	6	8	10
	202,68	400	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	304,02	600	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	354,69	700	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	380,03	750	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	405,37	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	456,04	900	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	506,71	1 000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	633,39	1 250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	760,07	1 500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	886,74	1 750	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	1 013,4	2 000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

*Los cables RHH, RHW y RHW-2, sin recubrimiento externo.

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.

A continuación reproducimos la tabla 370-16(a):

Tabla 370-16(a)**Cajas metálicas**

Dimensiones de la caja tamaño comercial en cm	Capacidad mínima en cm ²	Número máximo de conductores						
		0,82 mm ² (18 AWG)	1,3 mm ² (16 AWG)	2,08 mm ² (14 AWG)	3,3 mm ² (12 AWG)	5,2 mm ² (10 AWG)	8,3 mm ² (8 AWG)	13,3 mm ² (6 AWG)
10,2 x 3,2 redonda u octagonal	205	8	7	6	5	5	4	2
10,2 x 3,8 redonda u octagonal	254	10	8	7	6	6	5	3
10,2 x 5,4 redonda u octagonal	352	14	12	10	9	8	7	4
10,2 x 3,2 cuadrada	295	12	10	9	8	7	6	3
10,2 x 3,8 cuadrada	344	14	12	10	9	8	7	4
10,2 x 5,4 cuadrada	497	20	17	15	13	12	10	6
11,9 x 3,2 cuadrada	418	17	14	12	11	10	8	5
11,9 x 3,8 cuadrada	484	19	16	14	13	11	9	5
11,9 x 5,4 cuadrada	688	28	24	21	18	16	14	8
7,6 x 5,1 x 3,8 dispositivo	123	5	4	3	3	3	2	1
7,6 x 5,1 x 5,1 dispositivo	164	6	5	5	4	4	3	2
7,6 x 5,1 x 5,7 dispositivo	172	7	6	5	4	4	3	2
7,6 x 5,1 x 6,4 dispositivo	205	8	7	6	5	5	4	2
7,6 x 5,1 x 7,0 dispositivo	230	9	8	7	6	5	4	2
7,6 x 5,1 x 8,9 dispositivo	295	12	10	9	8	7	6	3
10,2 x 5,4 x 3,8 dispositivo	170	6	5	5	4	4	3	2
10,2 x 5,4 x 4,8 dispositivo	213	8	7	6	5	5	4	2
10,2 x 5,4 x 5,4 dispositivo	238	9	8	7	6	5	4	2
9,5 x 5,1 x 6,4 mampostería	230	9	8	7	6	5	4	2
9,5 x 5,1 x 8,9 mampostería	344	14	12	10	9	8	7	4
FS de prof. mínima 4,5 c/tapa	221	9	7	6	6	5	4	2
FD de prof. mínima 6,0 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FS de prof. mínima 4,5 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FD de prof. mínima 6,0 c/tapa	394	16	13	12	10	9	8	4

Las cajas que no coincidan con las de la tabla deben traer marcado su volumen en cm³.

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^3 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.

Tabla 370-16(b)

Volumen de las cajas por cada conductor

Tamaño nominal del conductor mm^2 (AWG)	Espacio libre en la caja para cada conductor cm^3
0,8235 (18)	25
1,307 (16)	29
2,082 (14)	33
3,307 (12)	37
5,26 (10)	41
8,367 (8)	49
13,30 (6)	82

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. Para nuestro ejemplo, vamos a calcular el tamaño en la caja del primer foco que se encuentra en el Pasillo 2 AO10 (véase figura 4.42 de la página 247). Esta caja contiene los siguientes cables (el tamaño de los cables fue determinado en la sección 4.3.8 de este documento):
 - Cinco conductores vivos de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG) que entran a la caja y son empalmados dentro. De acuerdo con el inciso a) indicado arriba, estos cables son contados una vez cada uno. De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para

cada cable es de 41 cm^3 . Por lo tanto el volumen que se debe dejar para estos conductores es de $5 \times 41 \text{ cm}^3 = 205 \text{ cm}^3$.

- Tres conductores neutros de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG) que entran a la caja y son empalmados dentro. De acuerdo con el inciso a) indicado arriba, estos cables son contados una vez cada uno. De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para cada cable es de 41 cm^3 . Por lo tanto, el volumen que se debe dejar para estos conductores es de $3 \times 41 \text{ cm}^3 = 123 \text{ cm}^3$.
- Dos conductores vivos de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG) que atraviesan la caja y que son los que unen los dos apagadores tipo escalera de tres vías. De acuerdo con el inciso b) indicado arriba, estos cables son contados una vez cada uno. De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para cada cable es de 41 cm^3 . Por lo tanto, el volumen que se debe dejar para estos conductores es de $2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$.
- Cuatro conductores de puesta a tierra de $3,307 \text{ mm}^2$ (12 AWG). De acuerdo con el punto 5 indicado arriba, sólo se considera el volumen de un conductor. De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para el conductor de puesta a tierra es de 37 cm^3 .
- En la caja debe existir un accesorio de soporte del foco o lámpara. De acuerdo con el punto 3 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para este accesorio es una vez el volumen del conductor de mayor tamaño, que en este caso sería de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG). De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar es de $1 \times 41 \text{ cm}^3 = 41 \text{ cm}^3$.

De acuerdo con lo anterior, el volumen mínimo que debe tener la caja es de:

$$205 \text{ cm}^3 + 123 \text{ cm}^3 + 82 \text{ cm}^3 + 37 \text{ cm}^3 + 41 \text{ cm}^3 = 488 \text{ cm}^3$$

Para este caso podemos emplear una caja cuadrada de $11,9 \text{ cm} \times 5,4 \text{ cm}$, que tiene una capacidad mínima de 688 cm^3 , véase tabla 370-16(a).

En caso de que en lugar de la lámpara existiera un apagador o un receptáculo, de acuerdo con el punto 4 indicado arriba, se tendría que considerar un volumen de dos veces el del conductor mayor, o sea del de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG), en lugar del volumen considerado para el accesorio de soporte del foco o lámpara. En pocas palabras, se tendría que considerar un volumen de $2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$.

De acuerdo con la sección 370-5 de la NOM-001-SEDE-2005, las cajas de paso (como los codos con tapas y los codos de entrada de acometidas dentro de los cuales se instalen conductores de tamaño nominal de $13,30 \text{ mm}^2$ (6 AWG) o menores, y que sólo estén previstos para completar la instalación de la canalización y los conductores contenidos en ella) no deben contener empalmes, salidas, ni dispositivos y deben ser de tamaño suficiente como para dejar espacio libre para todos los conductores incluidos en ellos.

De acuerdo con la sección 370-16, inciso c), de la NOM-001-SEDE-2005, las cajas de paso que contengan conductores de tamaño nominal de $13,30 \text{ mm}^2$ (6 AWG) o menores, y que sean distintos a las cajas de paso mencionadas en el párrafo anterior, deben tener un área de sección transversal no menor al doble del área de la sección transversal del mayor tubo (conduit) al que estén unidas. El número máximo de conductores permitidos debe corresponder al número máximo permitido para el tubo (conduit) unido al registro. Las cajas de paso no deben contener empalmes, conexiones ni dispositivos, excepto si están marcados por el fabricante de modo legible y duradero con su capacidad en cm^3 . El número máximo de conductores se debe calcular mediante el mismo procedimiento indicado arriba.

De acuerdo con la sección 370-24, de la NOM-001-SEDE-2005, ninguna caja de salida debe tener una profundidad inferior a $12,7 \text{ mm}$. Las cajas de salida proyectadas para contener dispositivos que queden a nivel deben tener una profundidad interior no menor a $23,8 \text{ mm}$.

De acuerdo con la sección 370-28, inciso a), de la NOM-001-SEDE-2005, en canalizaciones que contengan conductores de $21,15 \text{ mm}^2$ (4 AWG) o mayores y para los cables que contengan conductores de $21,15 \text{ mm}^2$ (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. Doblec es en ángulo o en U. Cuando se hagan dobleces 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.

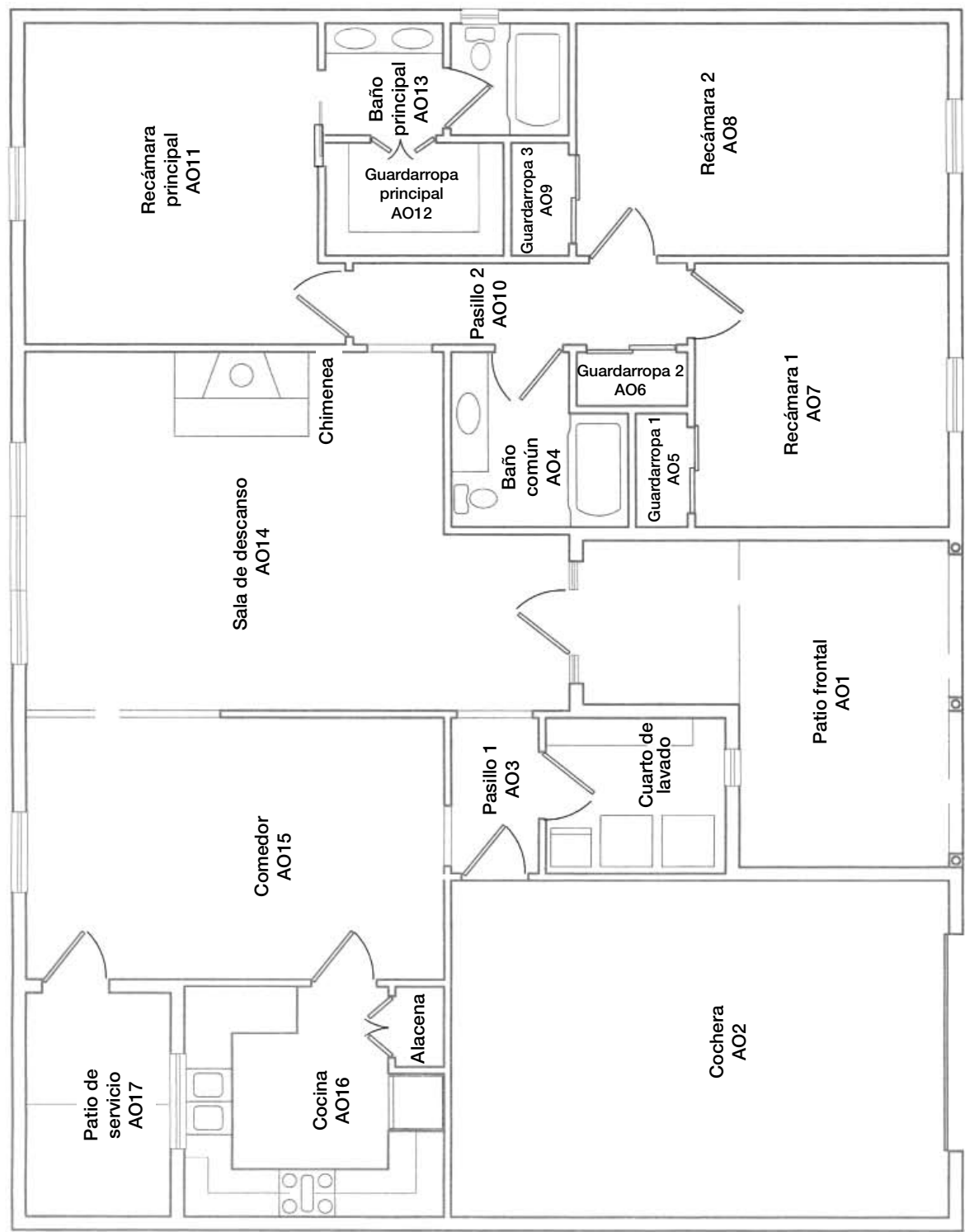


Figura 4.1. Plano de distribución de una casa habitación.

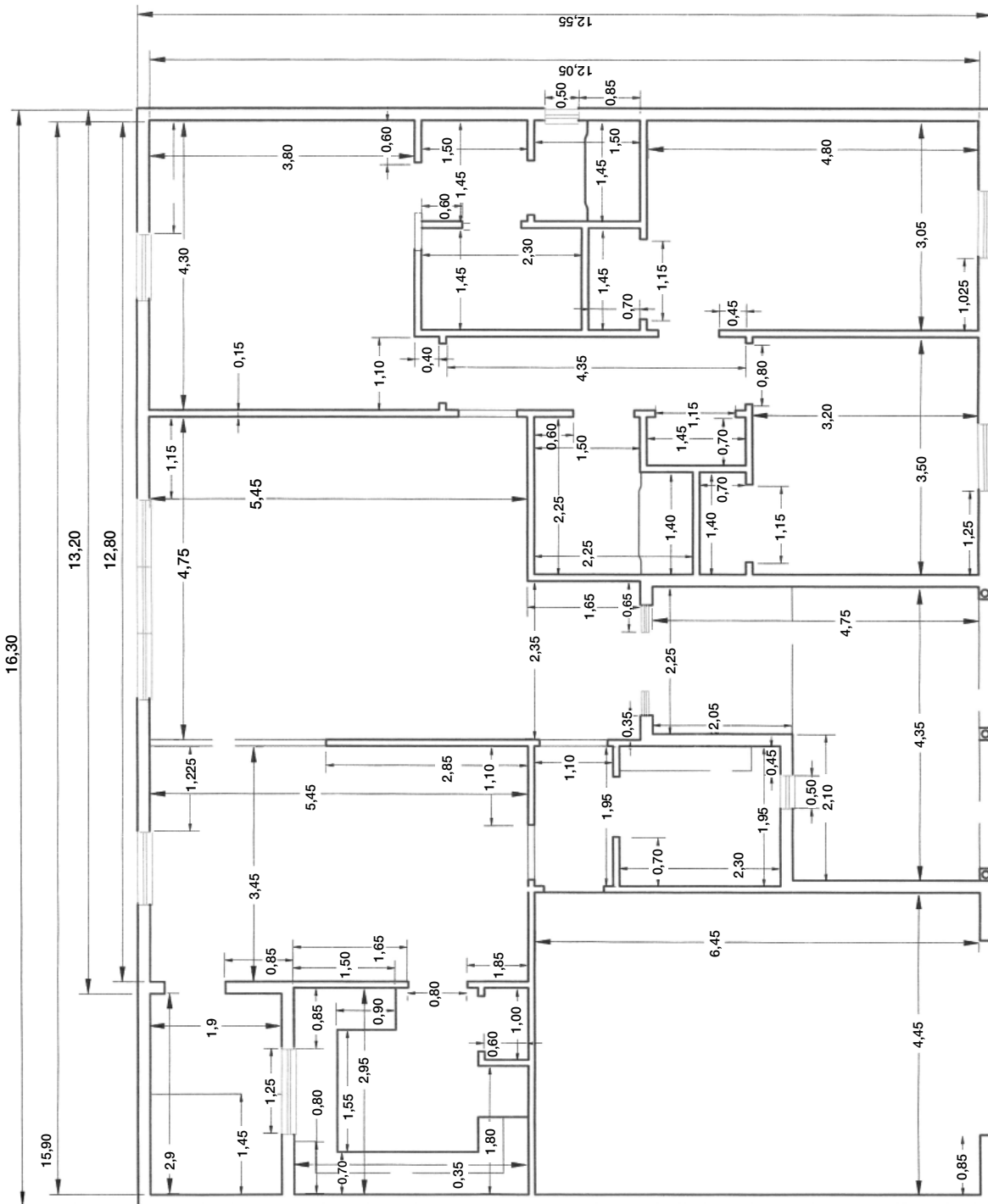


Figura 4.1-A. Dimensiones de una casa habitación.

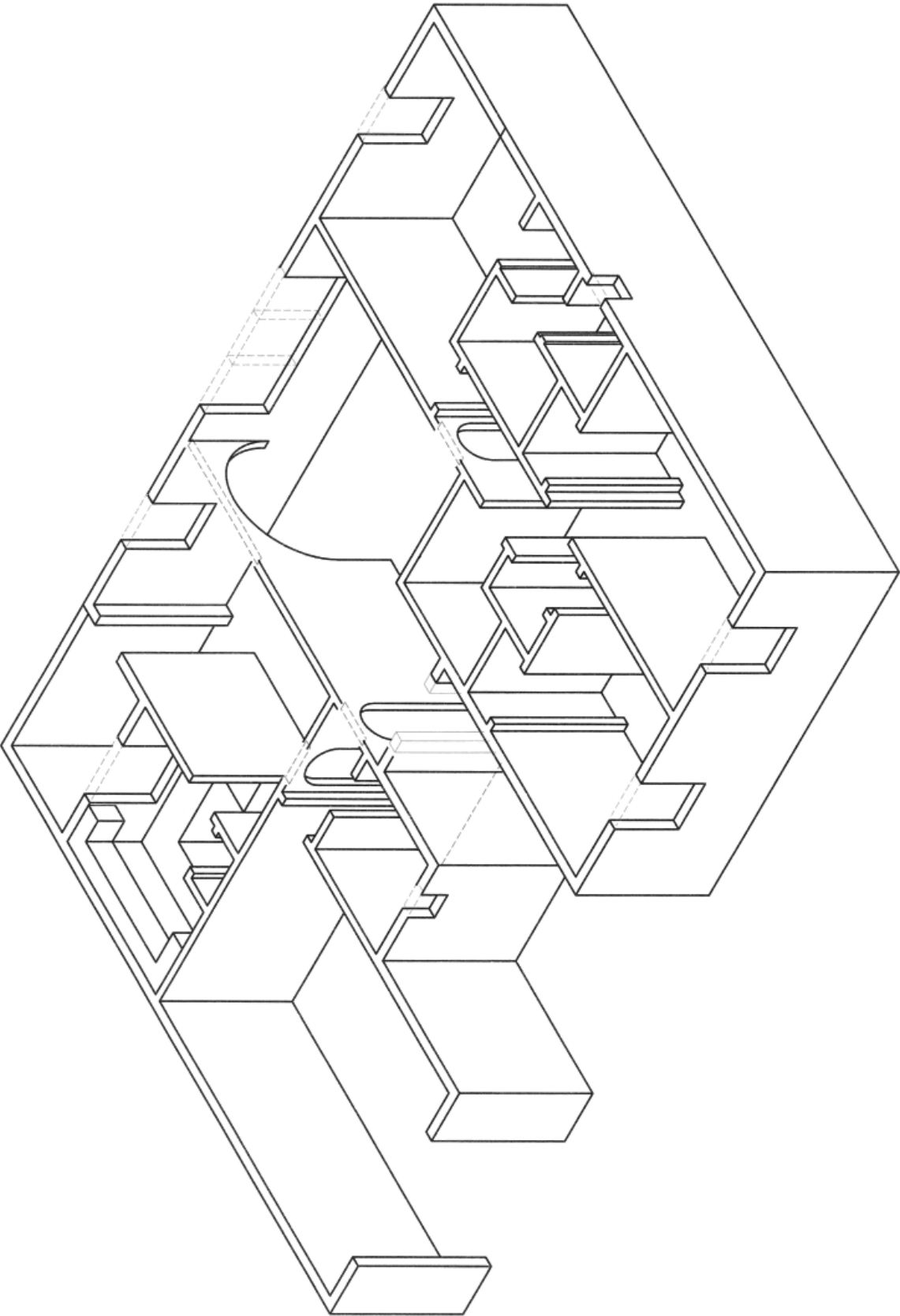


Figura 4.1-B. Isométrico de una casa habitación.

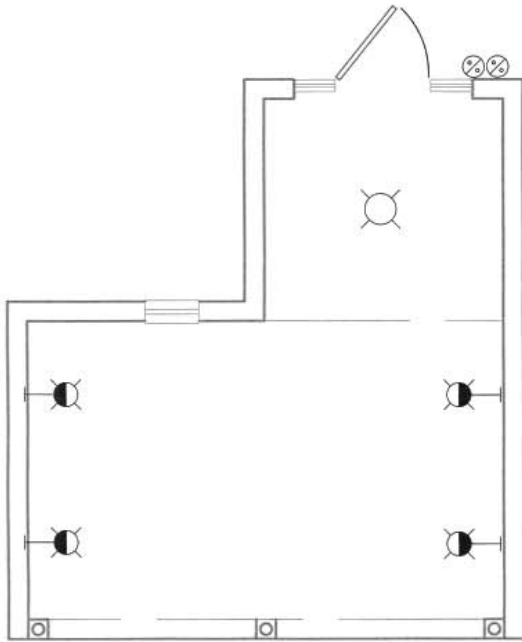


Figura 4.2. Patio frontal, área AO1.

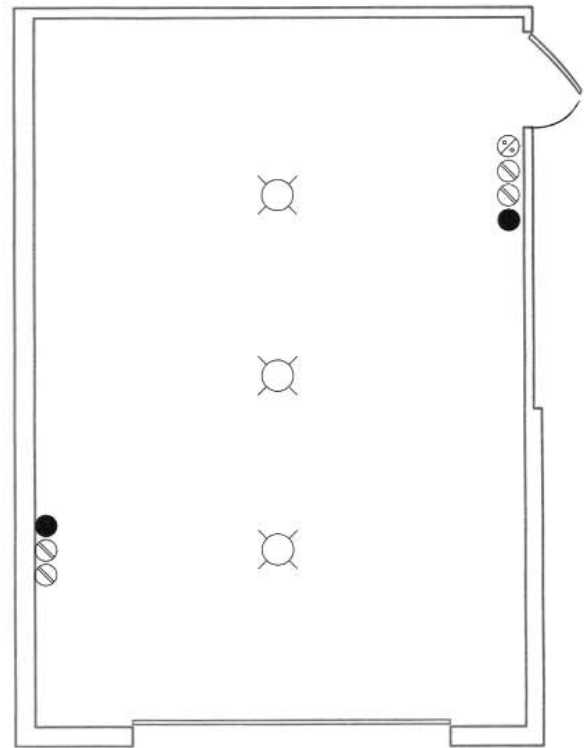


Figura 4.3. Cochera, área AO2.

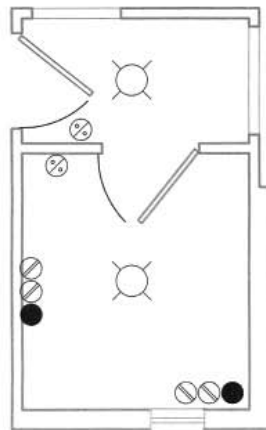


Figura 4.4. Pasillo uno y cuarto de lavado, área AO3.

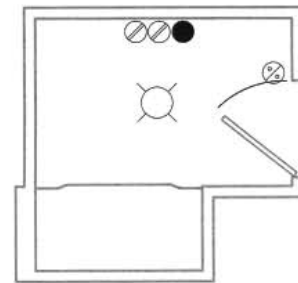


Figura 4.5. Baño común, área AO4.

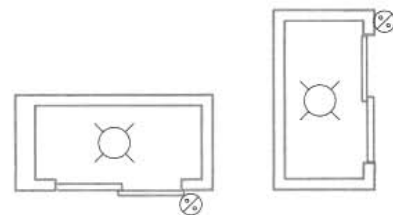


Figura 4.6. Guardarropas 1 y 2, áreas AO5 y AO6.

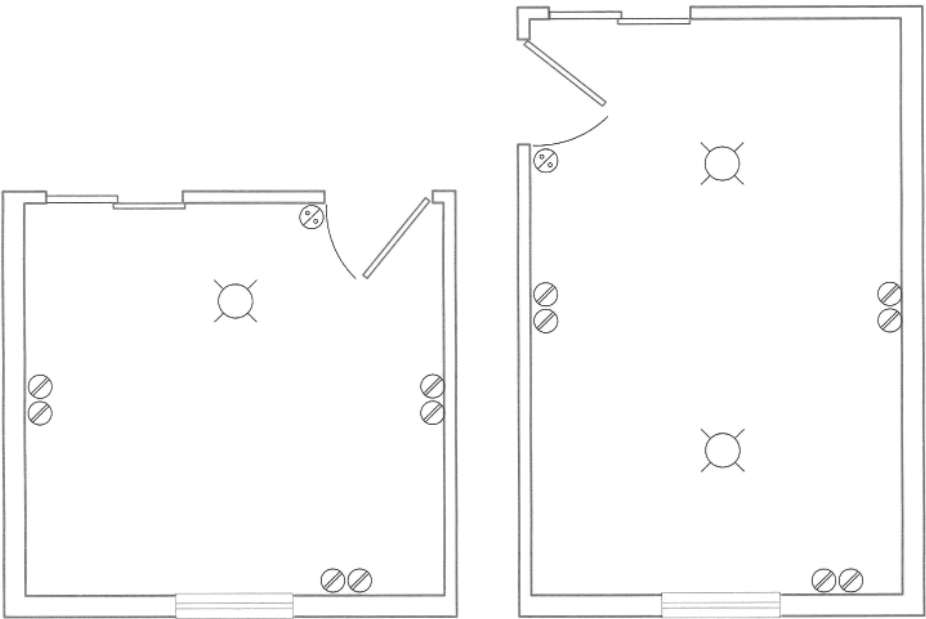


Figura 4.7. Recámaras 1 y 2, áreas AO7 y AO8.

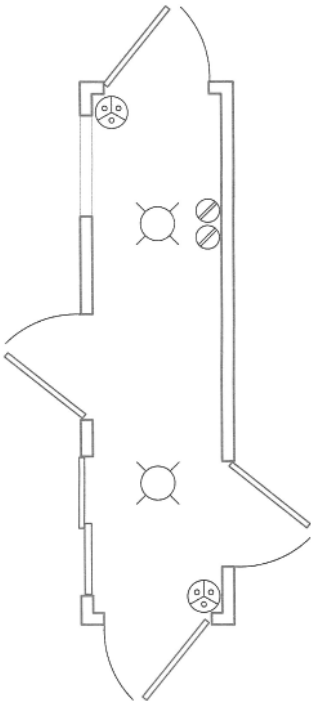


Figura 4.9. Pasillo dos, área AO10.

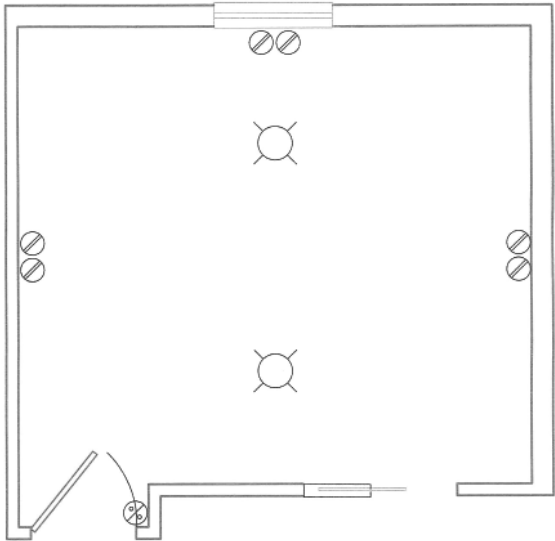


Figura 4.10. Recámara principal, área AO11.

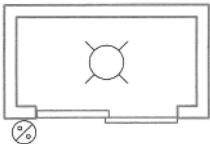


Figura 4.8. Guardarropa, área AO9.

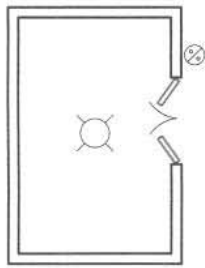


Figura 4.11. Guardarropa principal, área AO12.

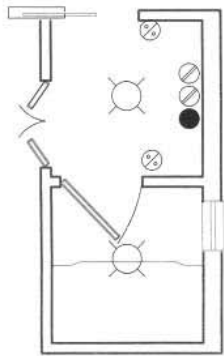


Figura 4.12. Baño principal, área AO13.

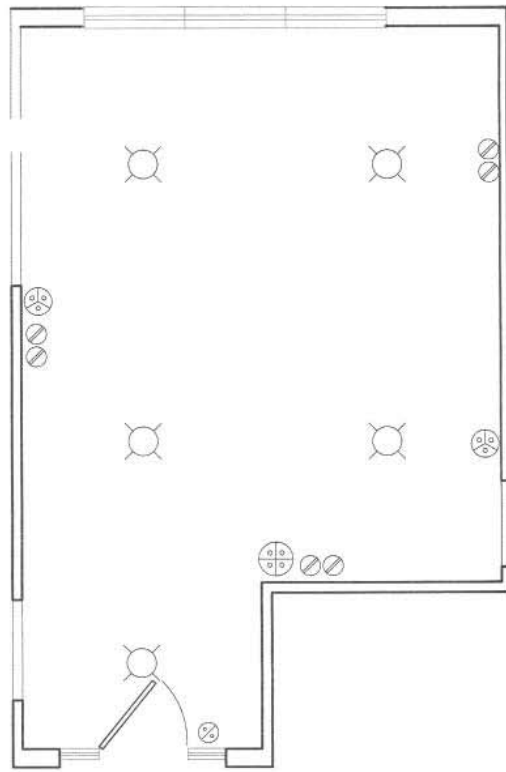


Figura 4.13. Sala de descanso, área AO14.

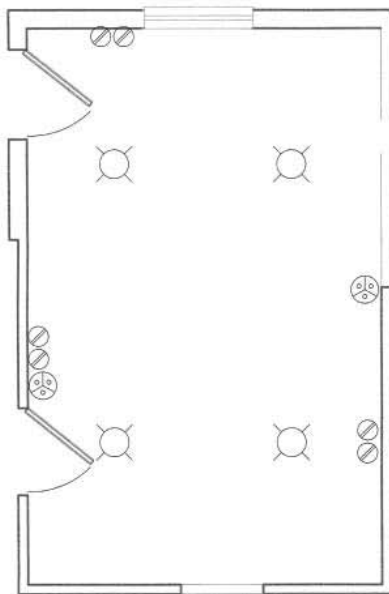


Figura 4.14. Comedor, área AO15.

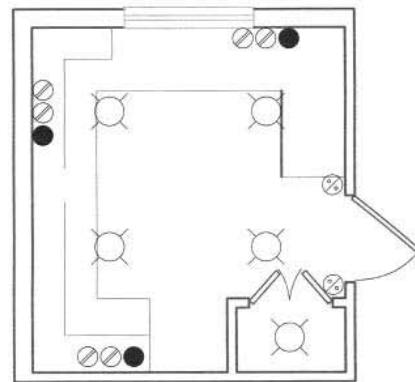


Figura 4.15. Cocina, área AO16.

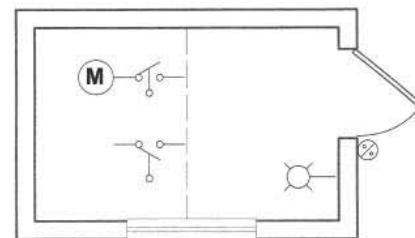


Figura 4.16. Patio de servicio, área AO17.

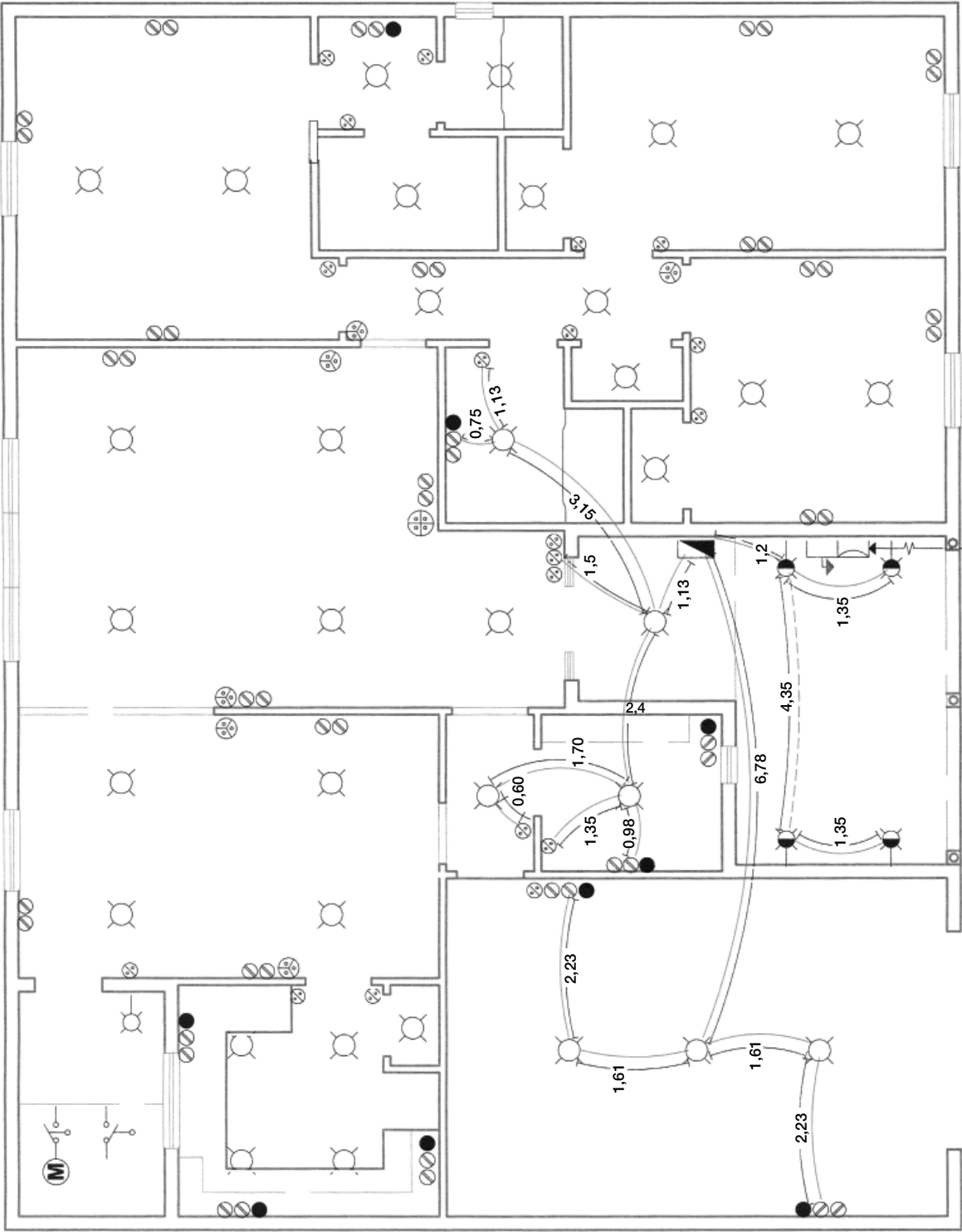


Figura 4.17. Alambrado circuito 1. Dimensiones.

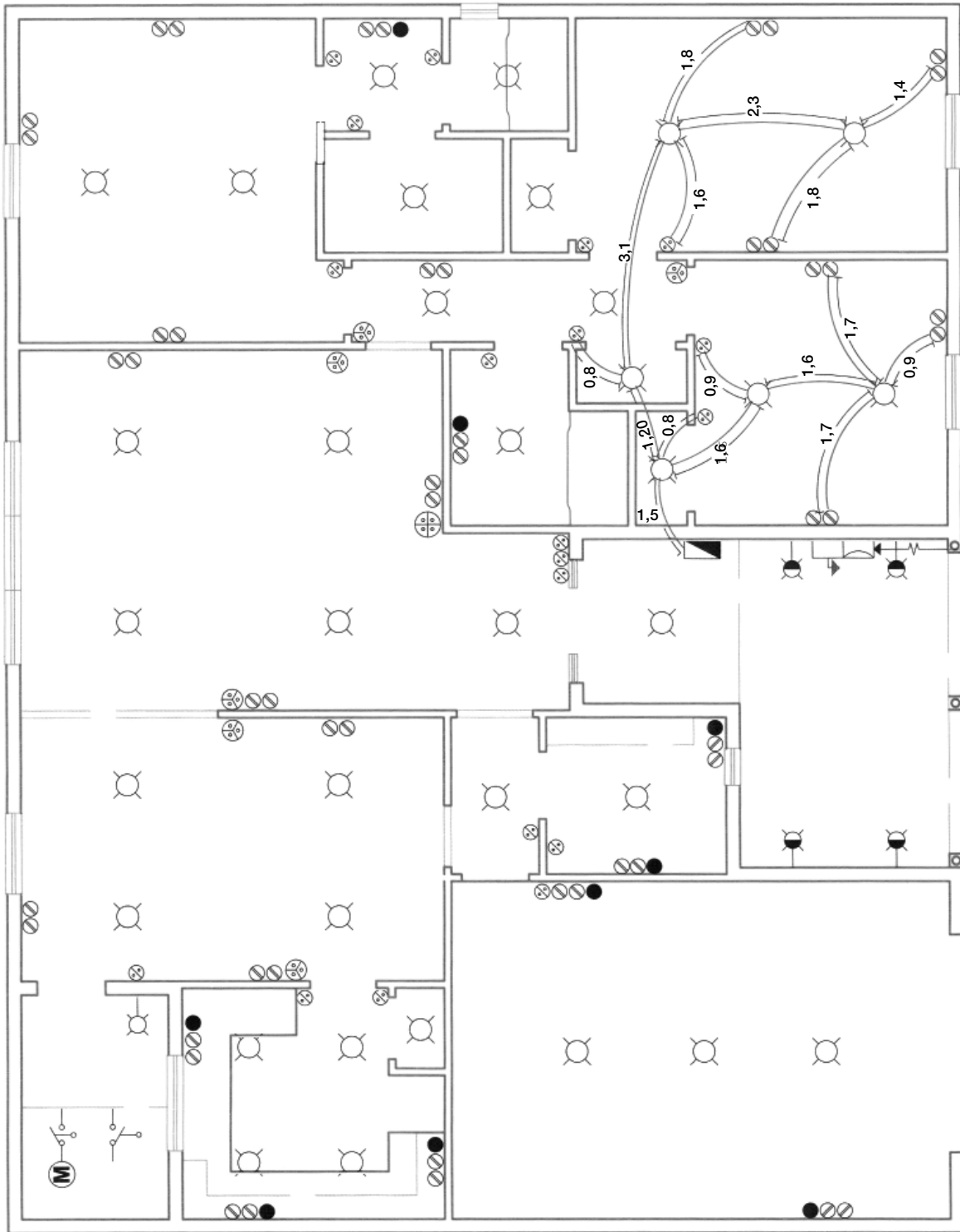


Figura 4.18. Alambrado Circuito 2. Dimensiones.

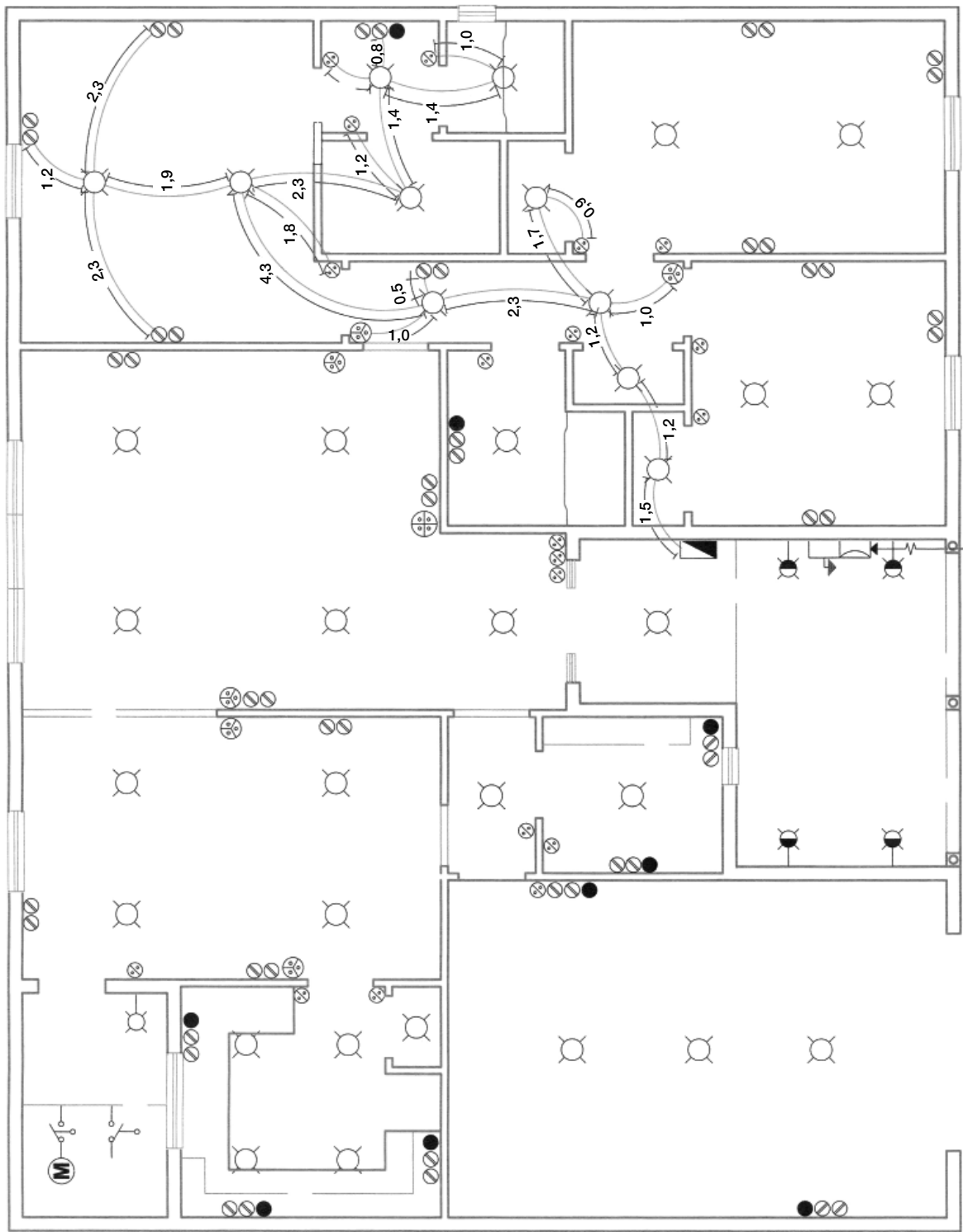


Figura 4.19. Alabrado circuito 3. Dimensiones.

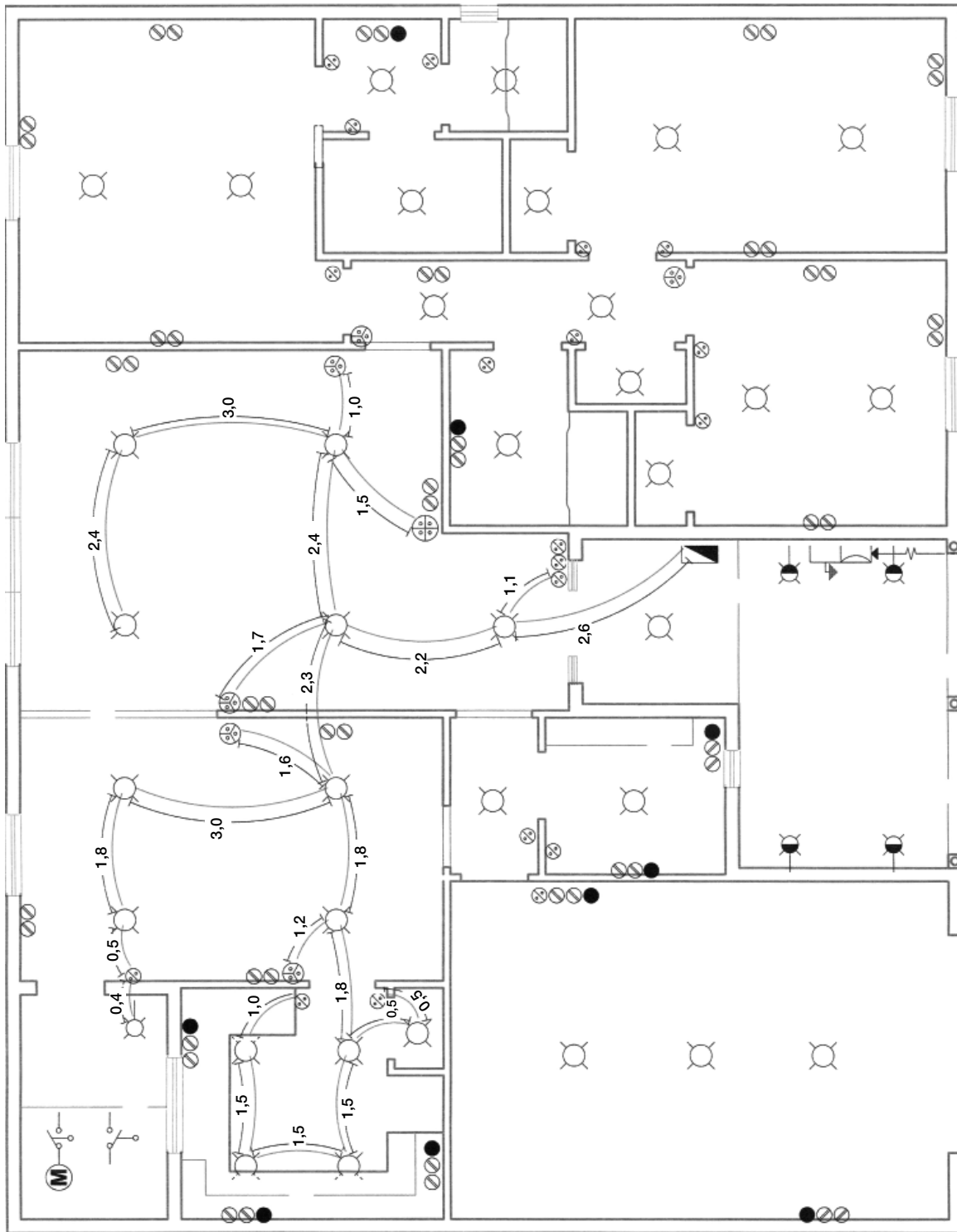


Figura 4.20. Alambro circuito 4. Dimensiones.

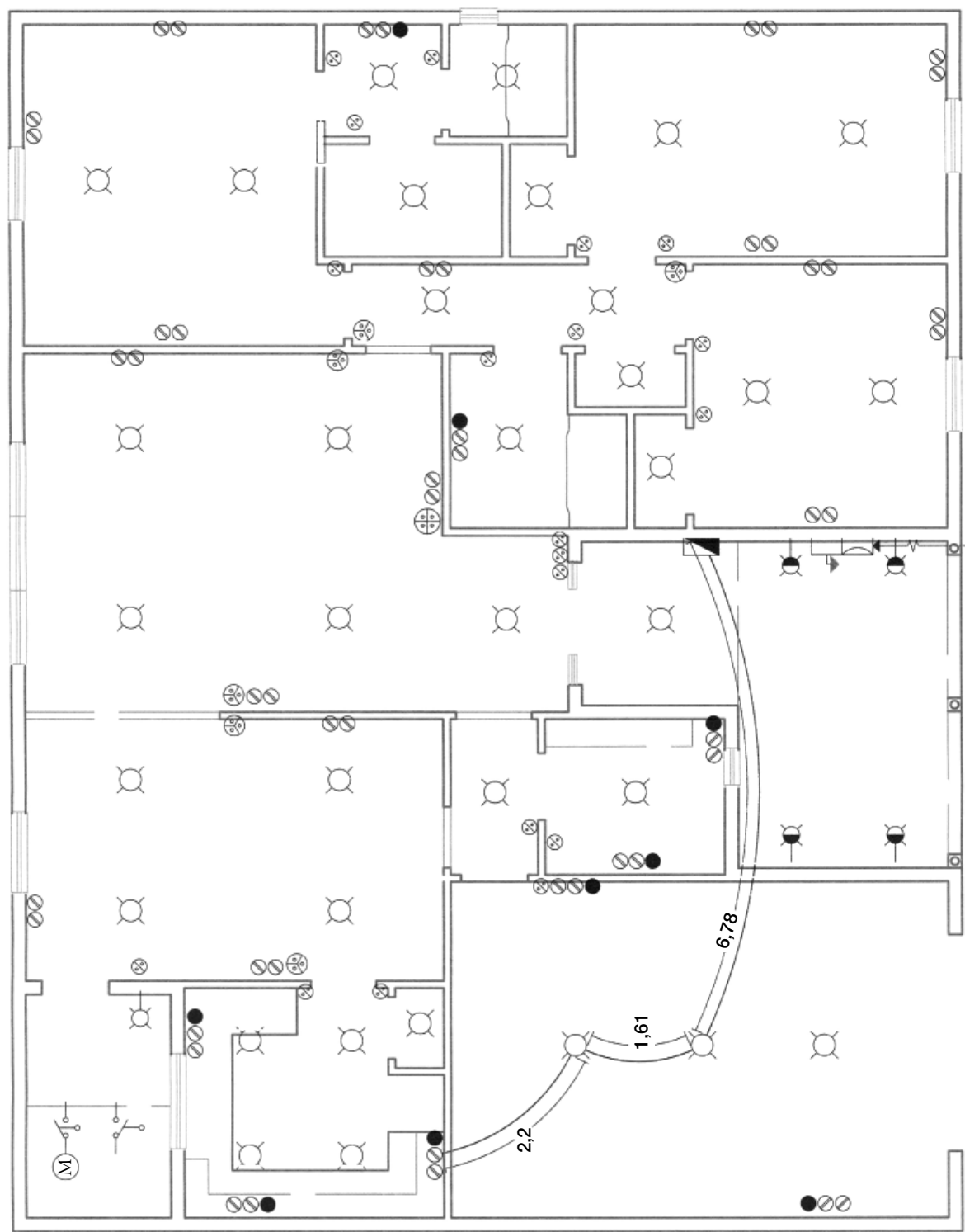


Figura 4.21. Alambrado circuito 5. Dimensiones.

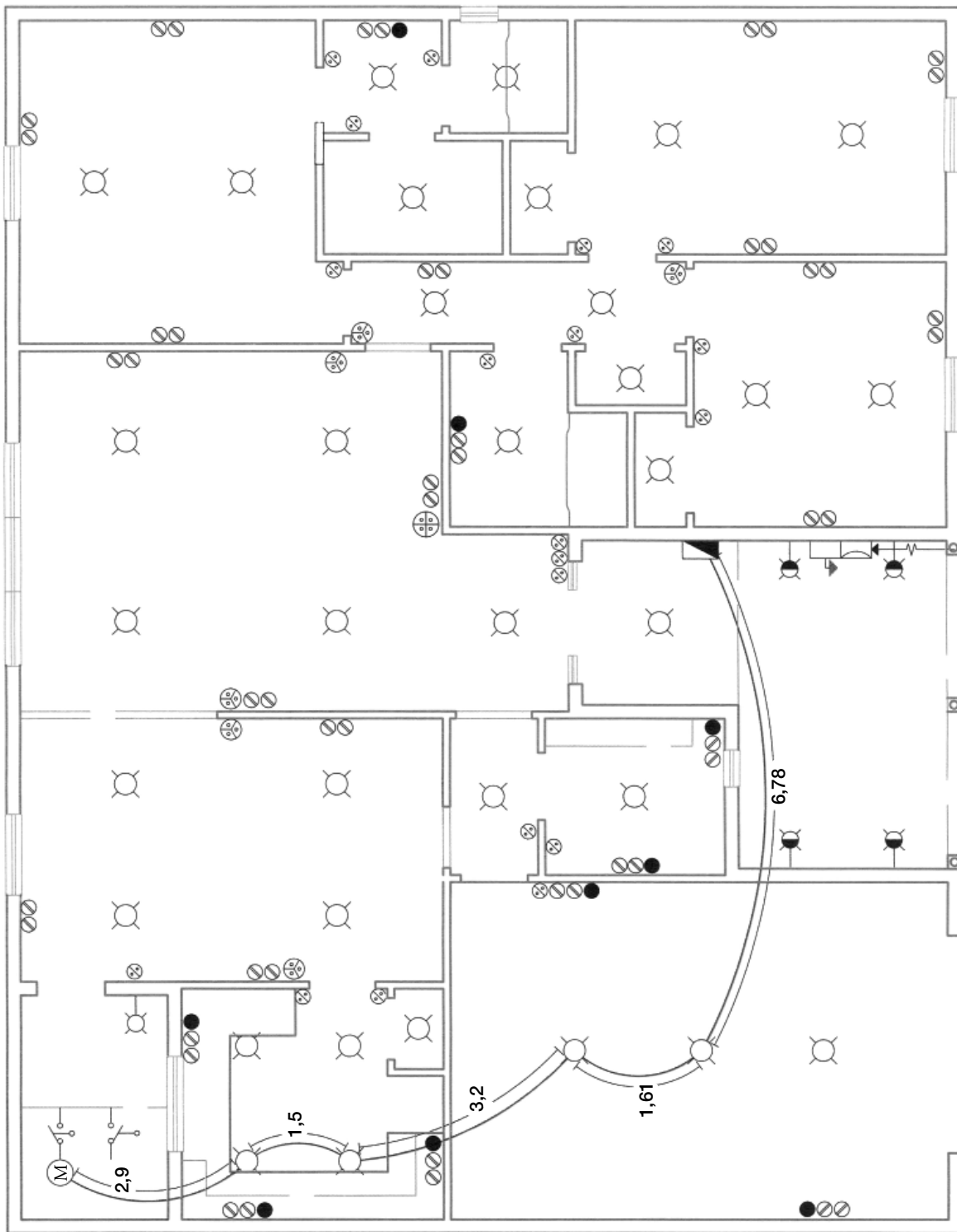


Figura 4.22 Alambrado circuito 6. Dimensiones.

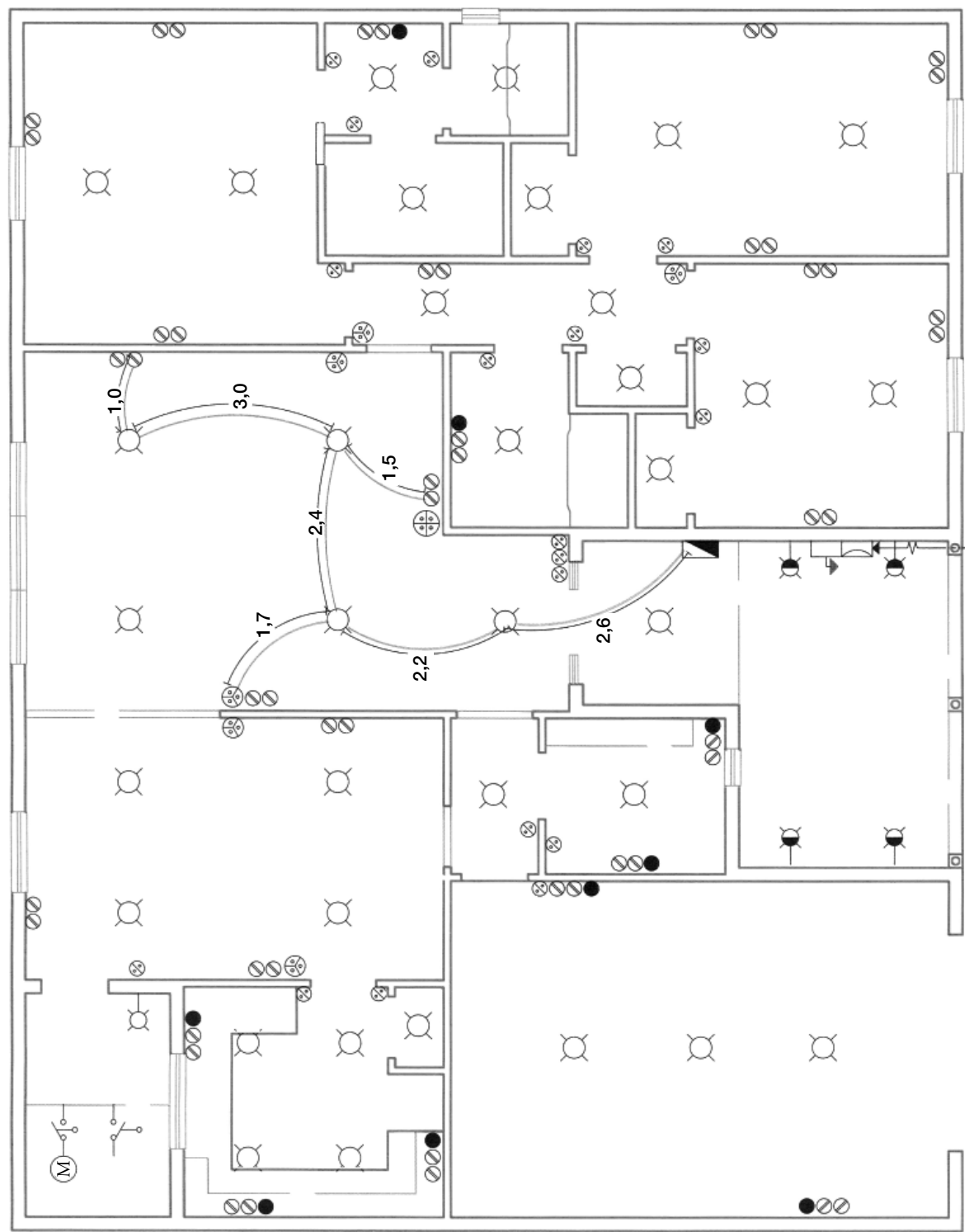


Figura 4.23. Alambrado circuito 7. Dimensiones.

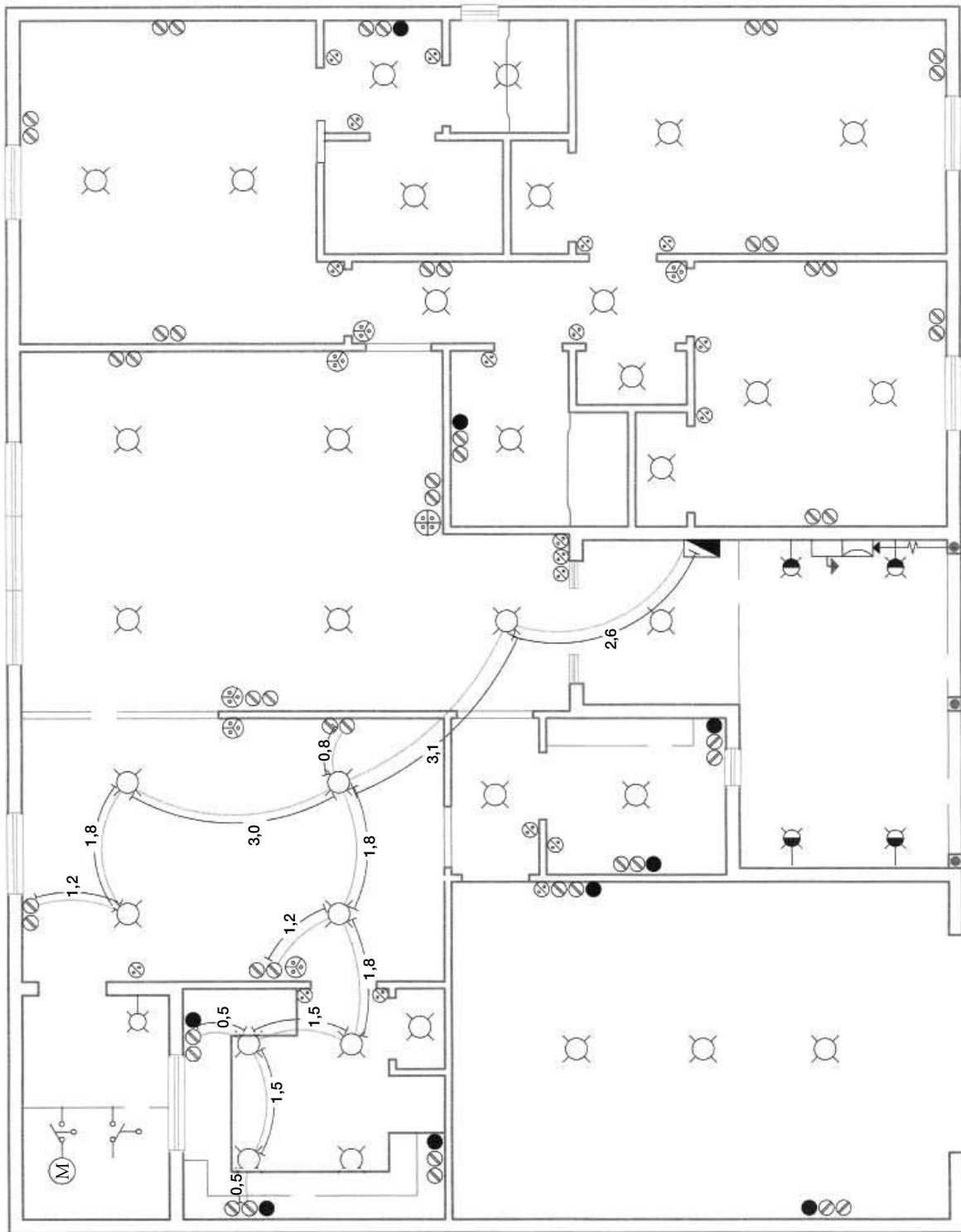


Figura 4.24 Alambrado circuito 8. Dimensiones.

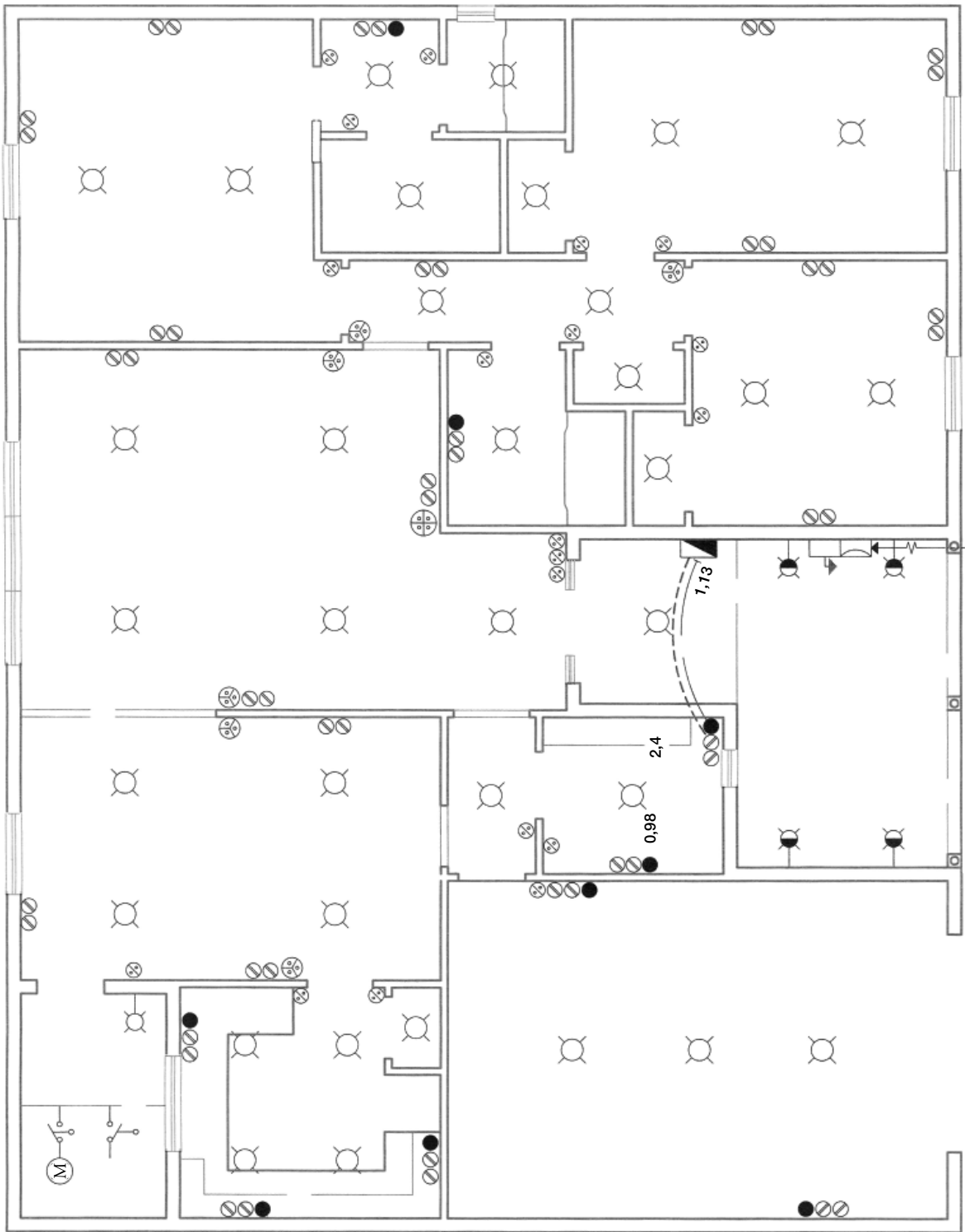


Figura 4.25. Alambrado circuito 9. Dimensiones.

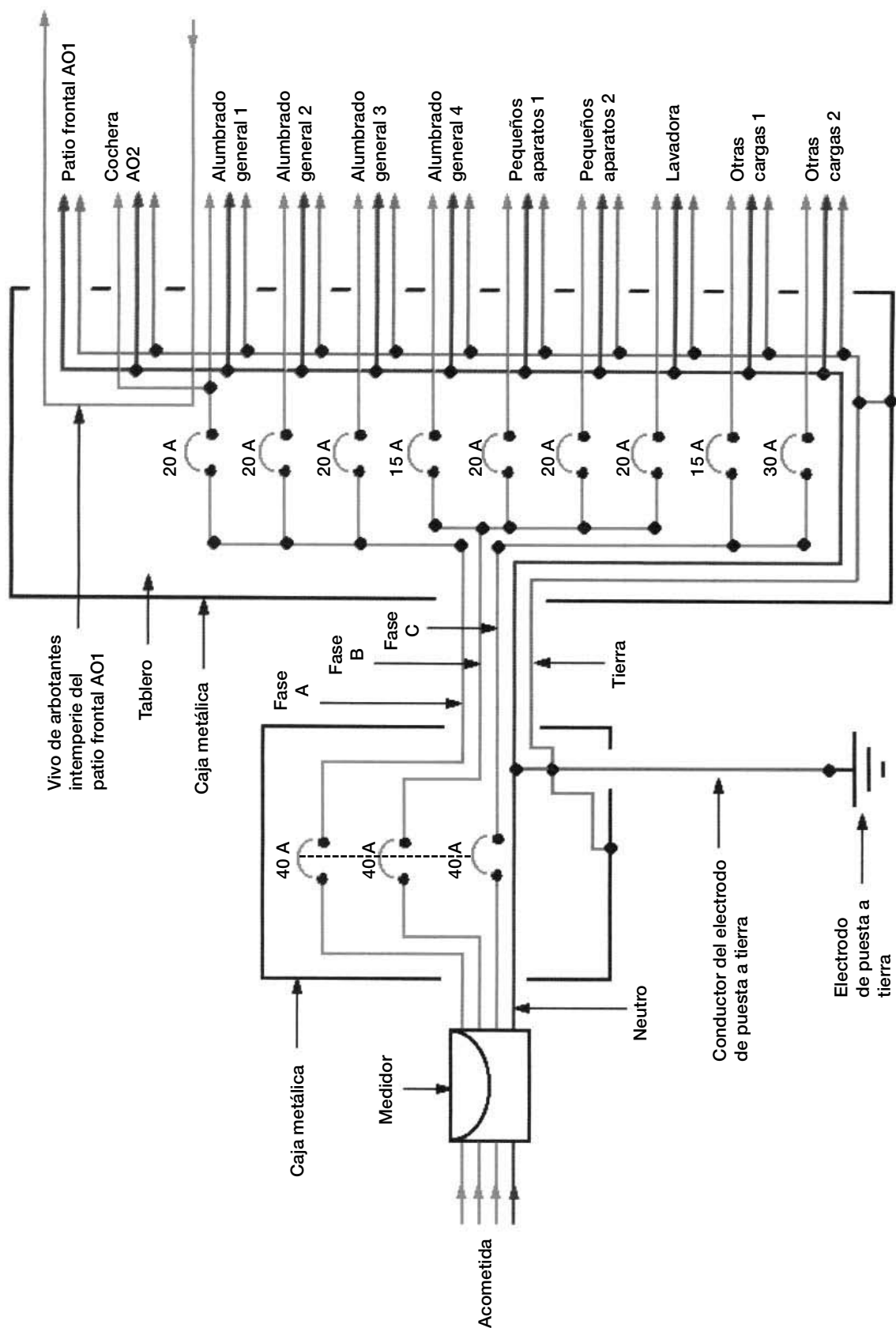


Figura 4.27. Patio frontal, área AO1. Circuito para acometida, alimentador y tablero.

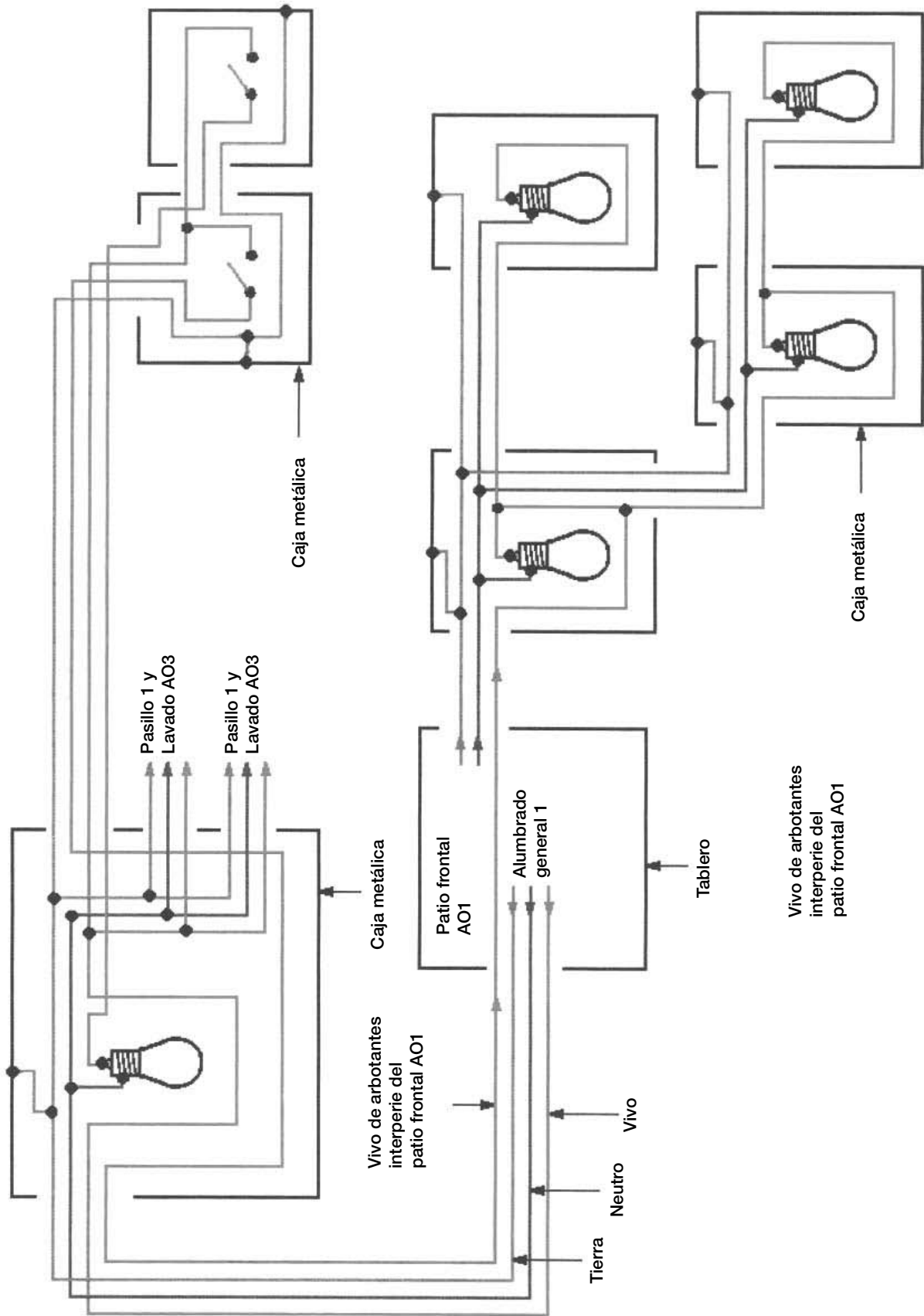


Figura 4.28. Cochera, área AO2. Circuito de alambrado.

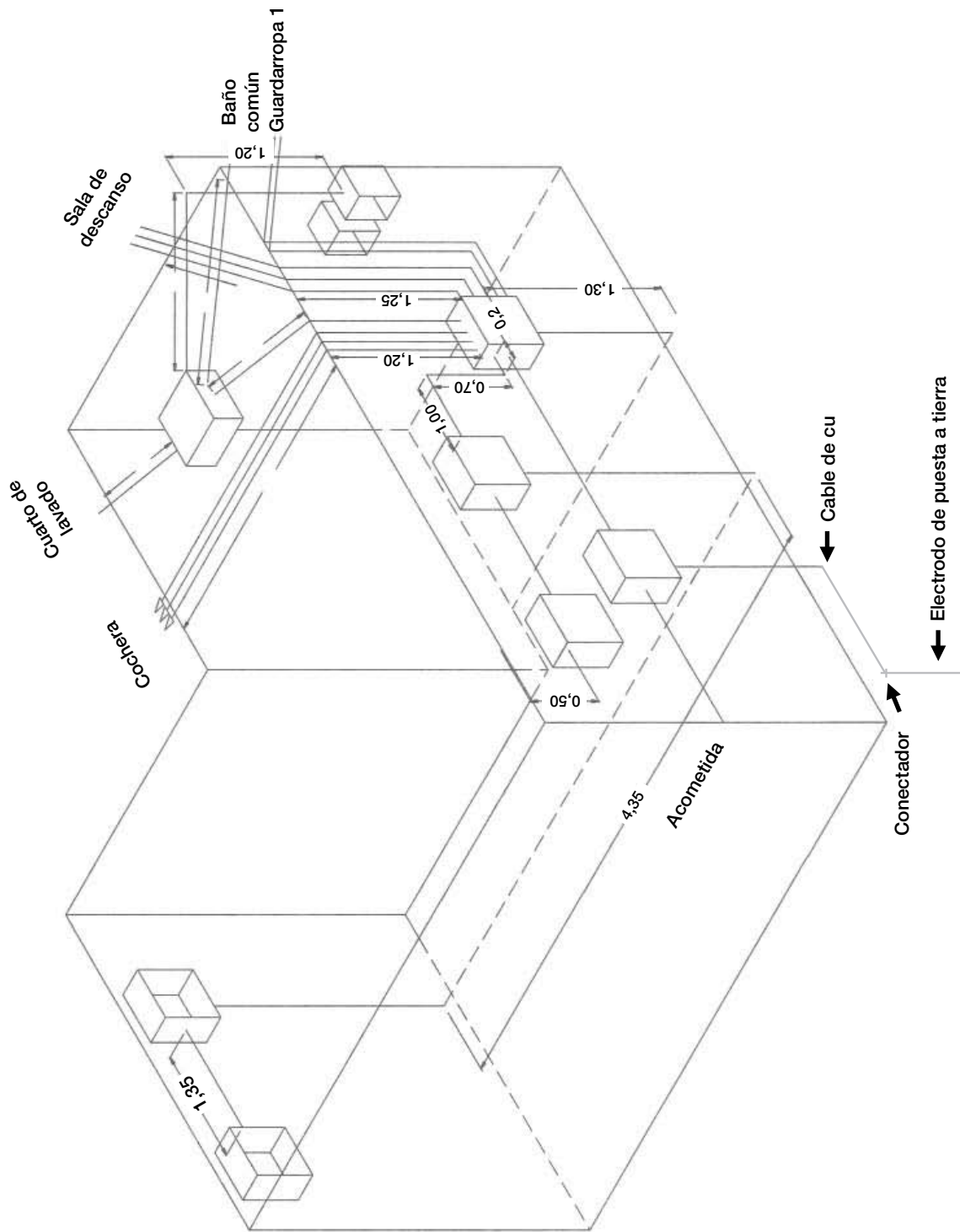


Figura 4.29. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Patio frontal, área AO1.

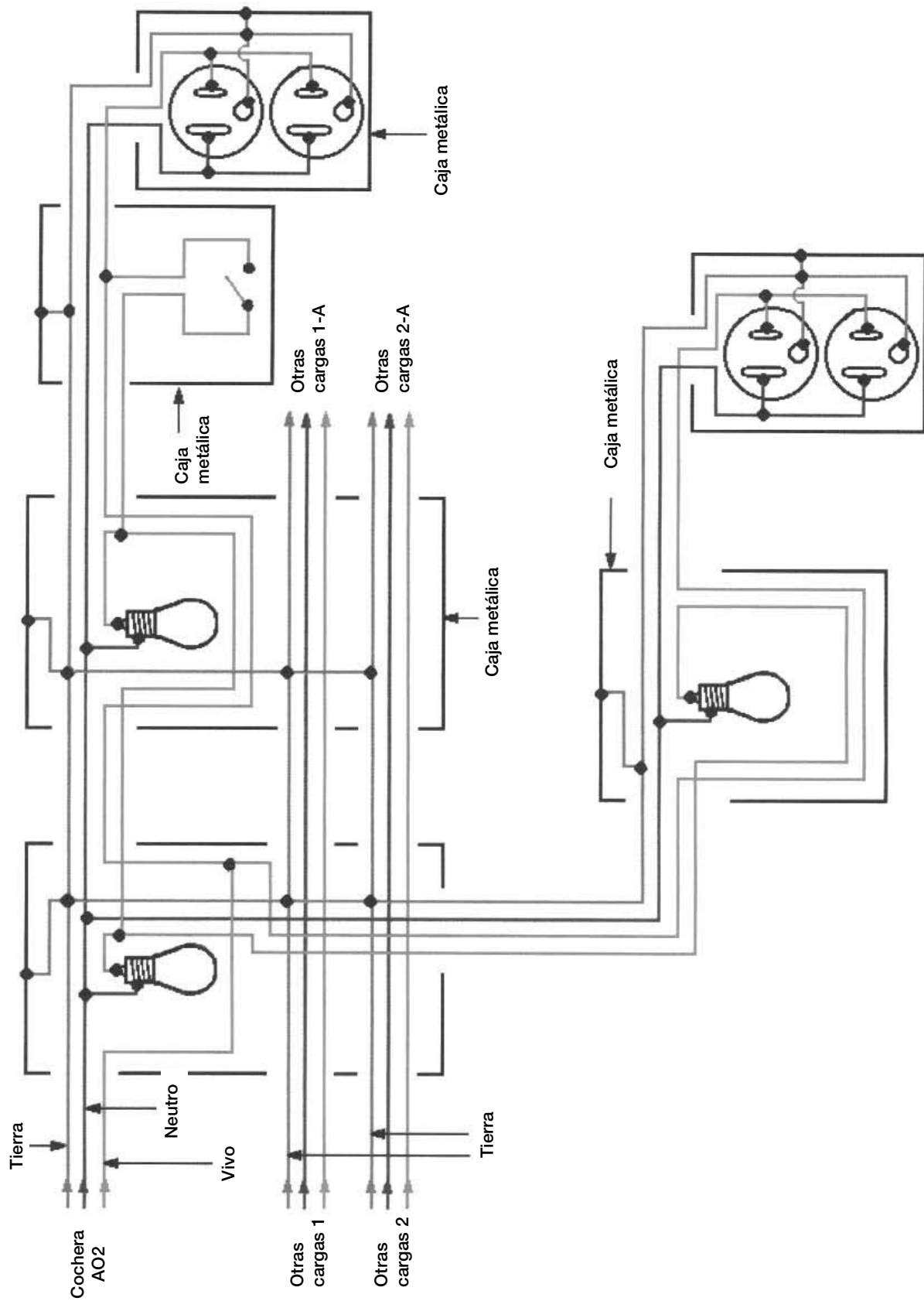


Figura 4.30. Cochera, área AO2. Circuito de alambrado.

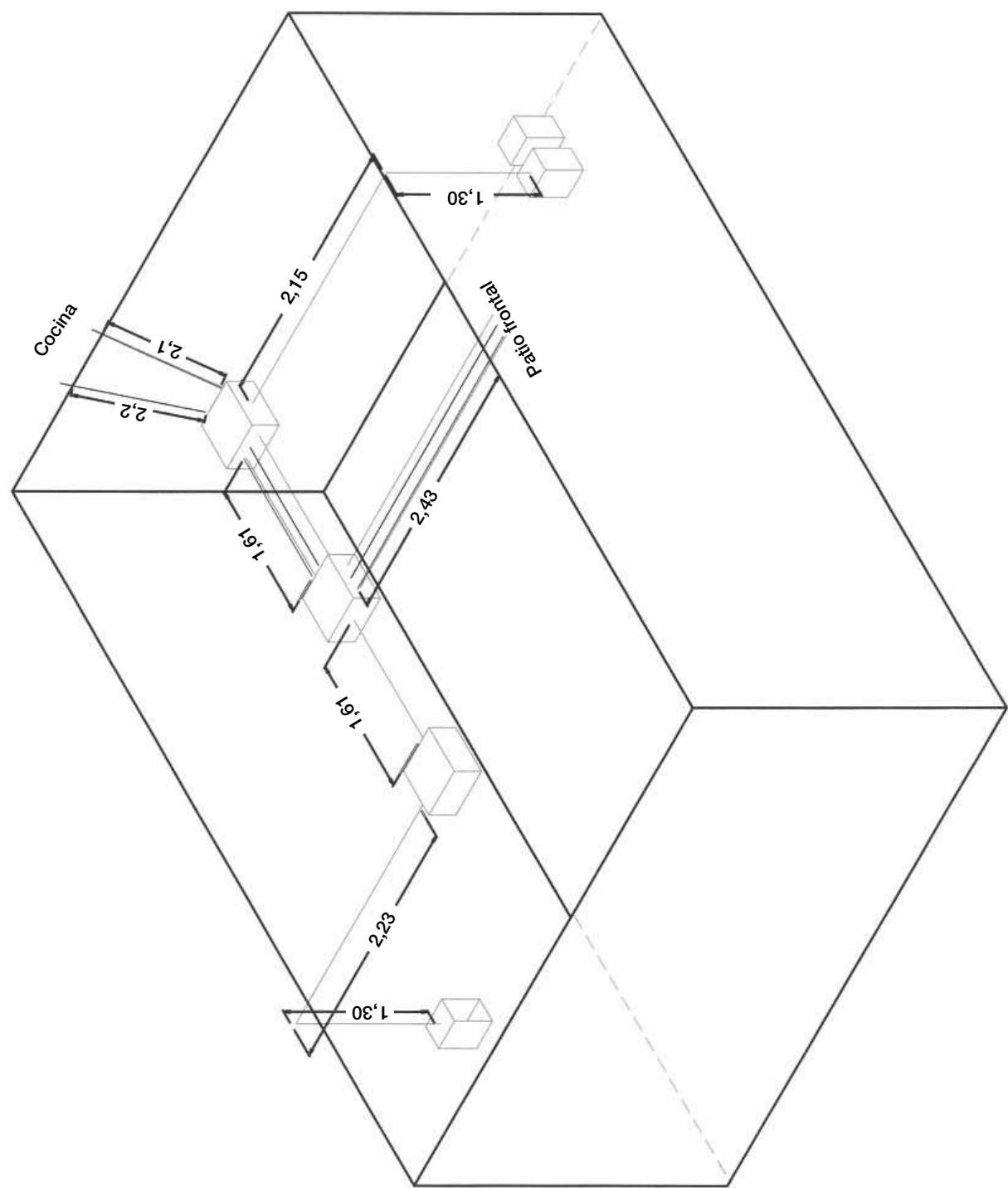


Figura 4.31. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Cochera, área AO2.

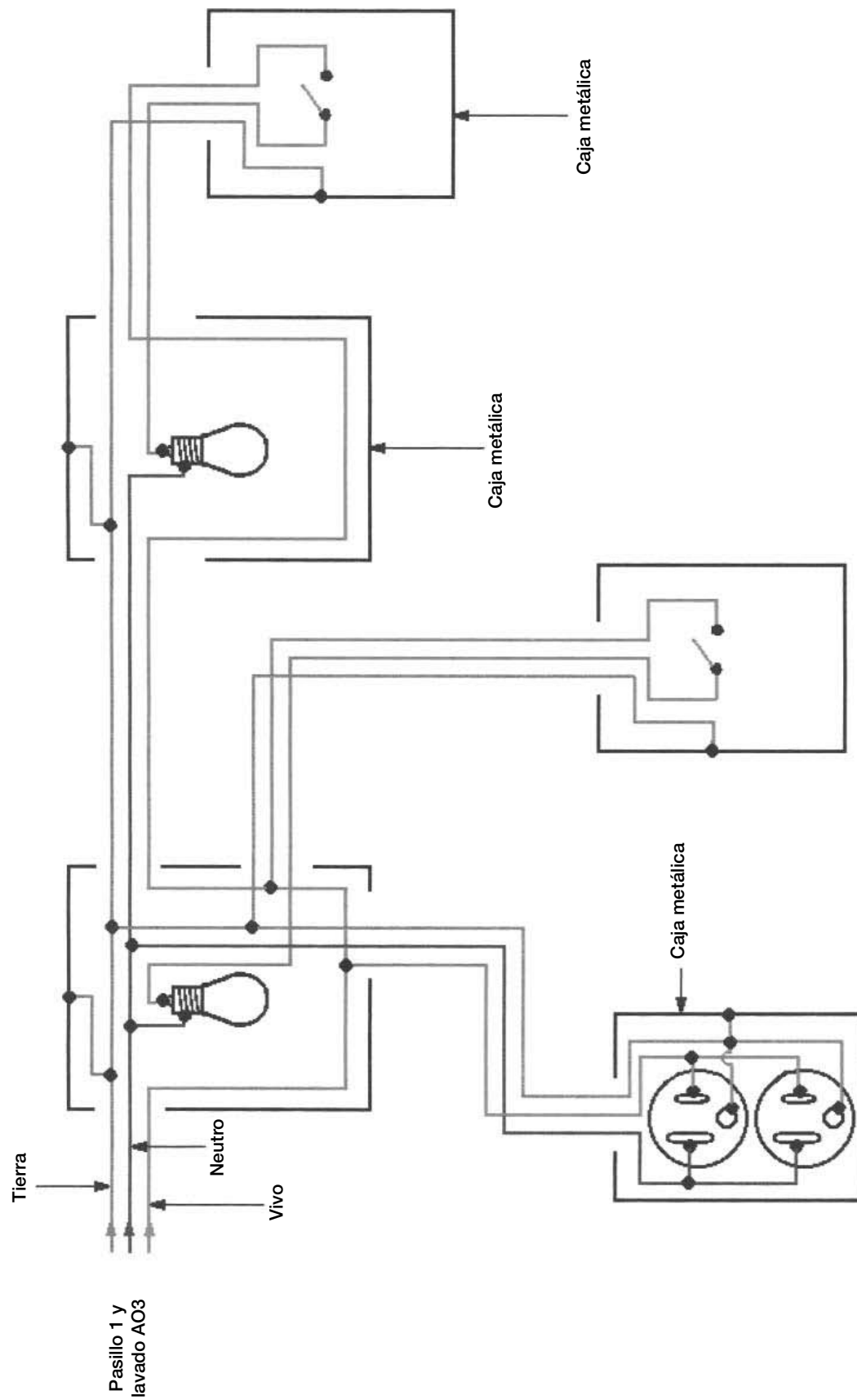


Figura 4.32. Pasillo 1 y cuarto de lavado, área AO3. Circuito de alambrado.

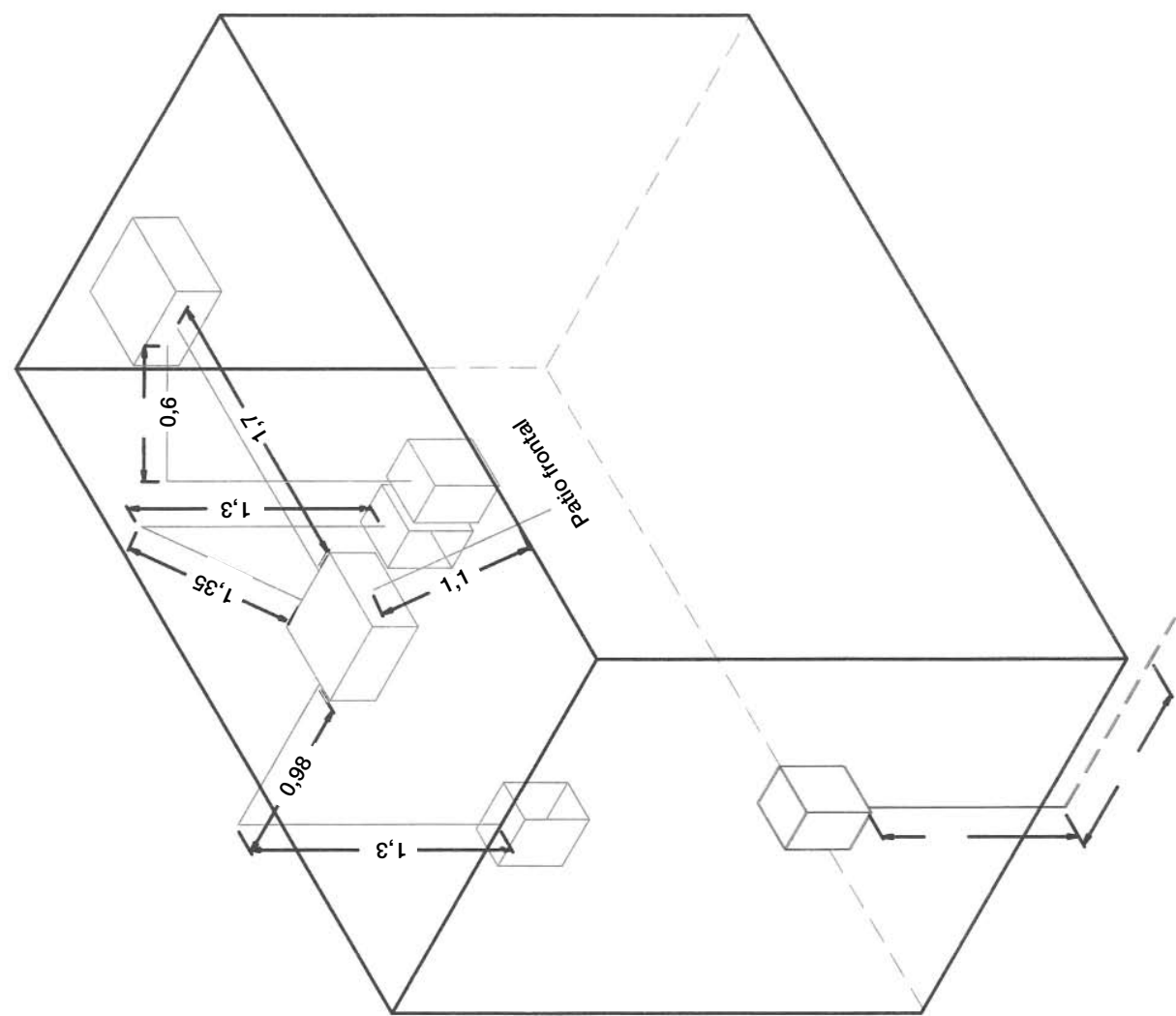


Figura 4.33. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Pasillo 1 y cuarto de lavado, área AO3.

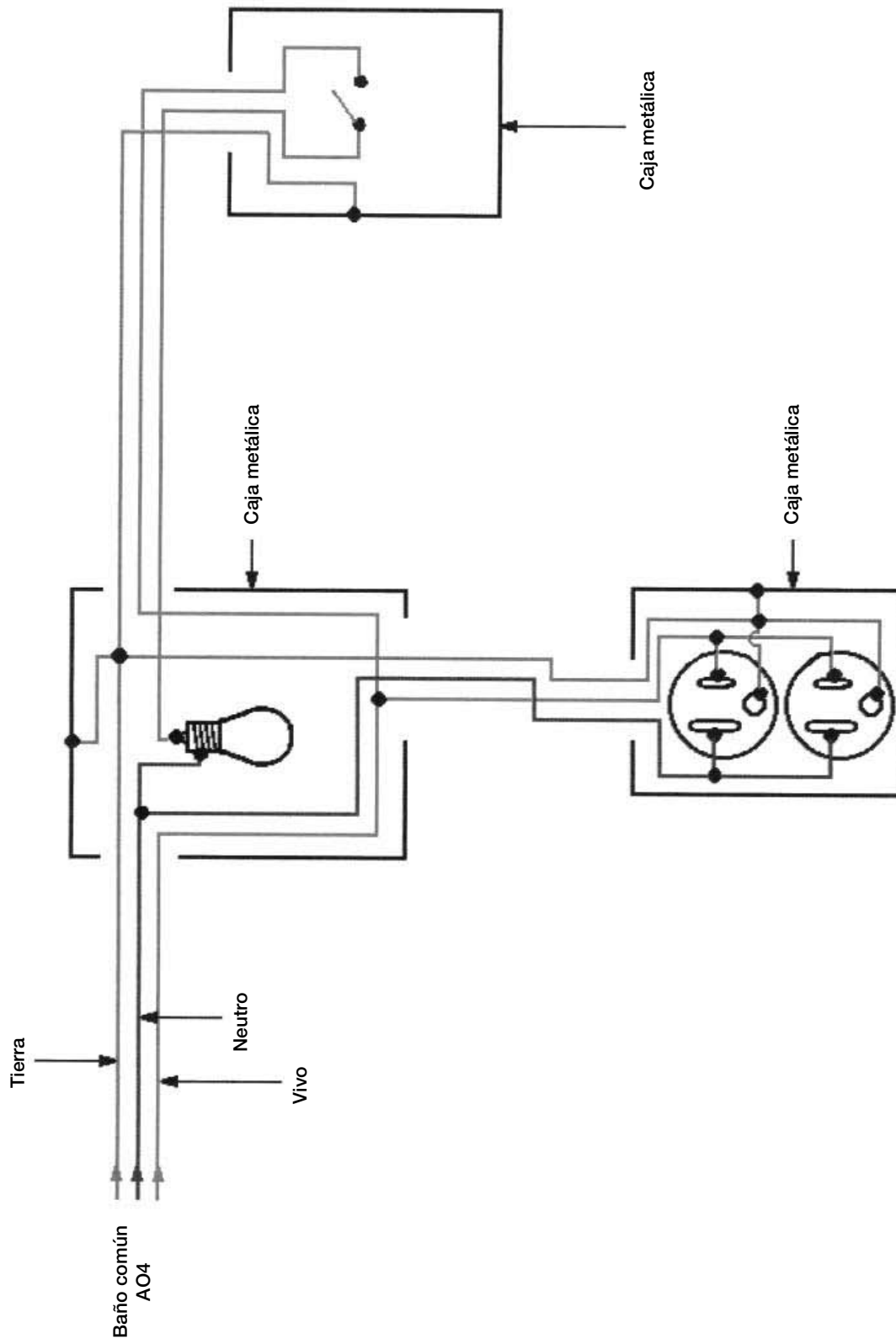


Figura 4.34. Baño común AO4. Circuito de alambreado

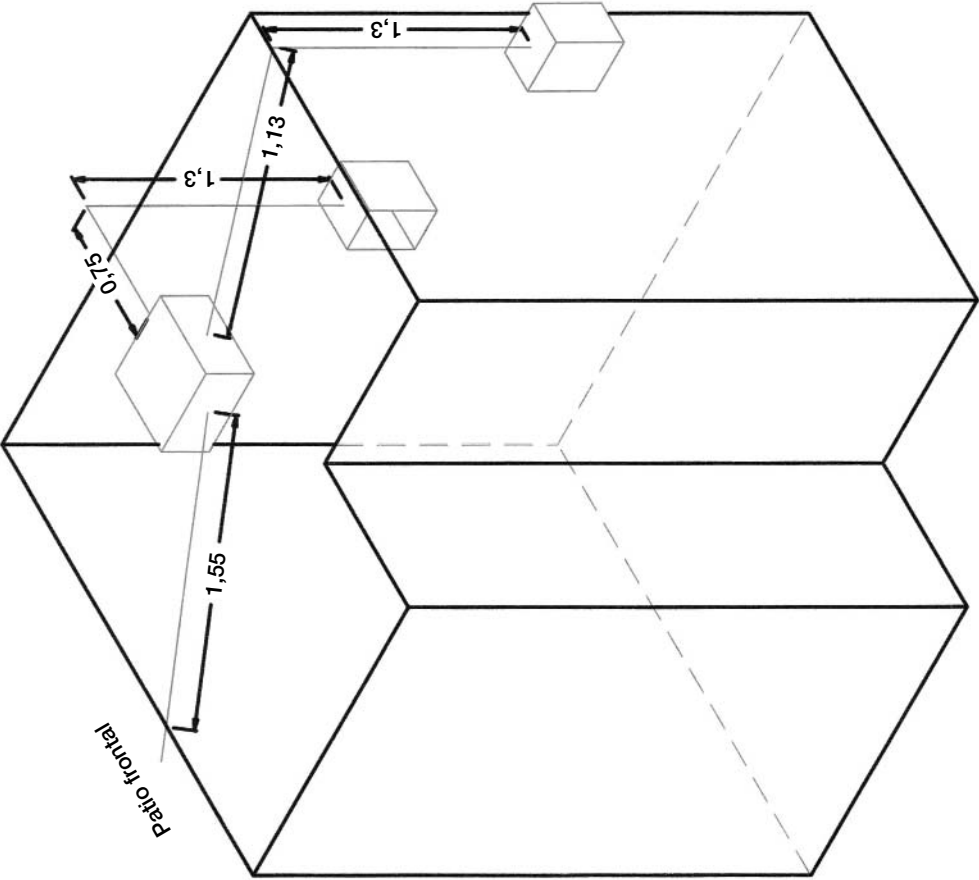


Figura 4.35. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Baño común, área AO4.

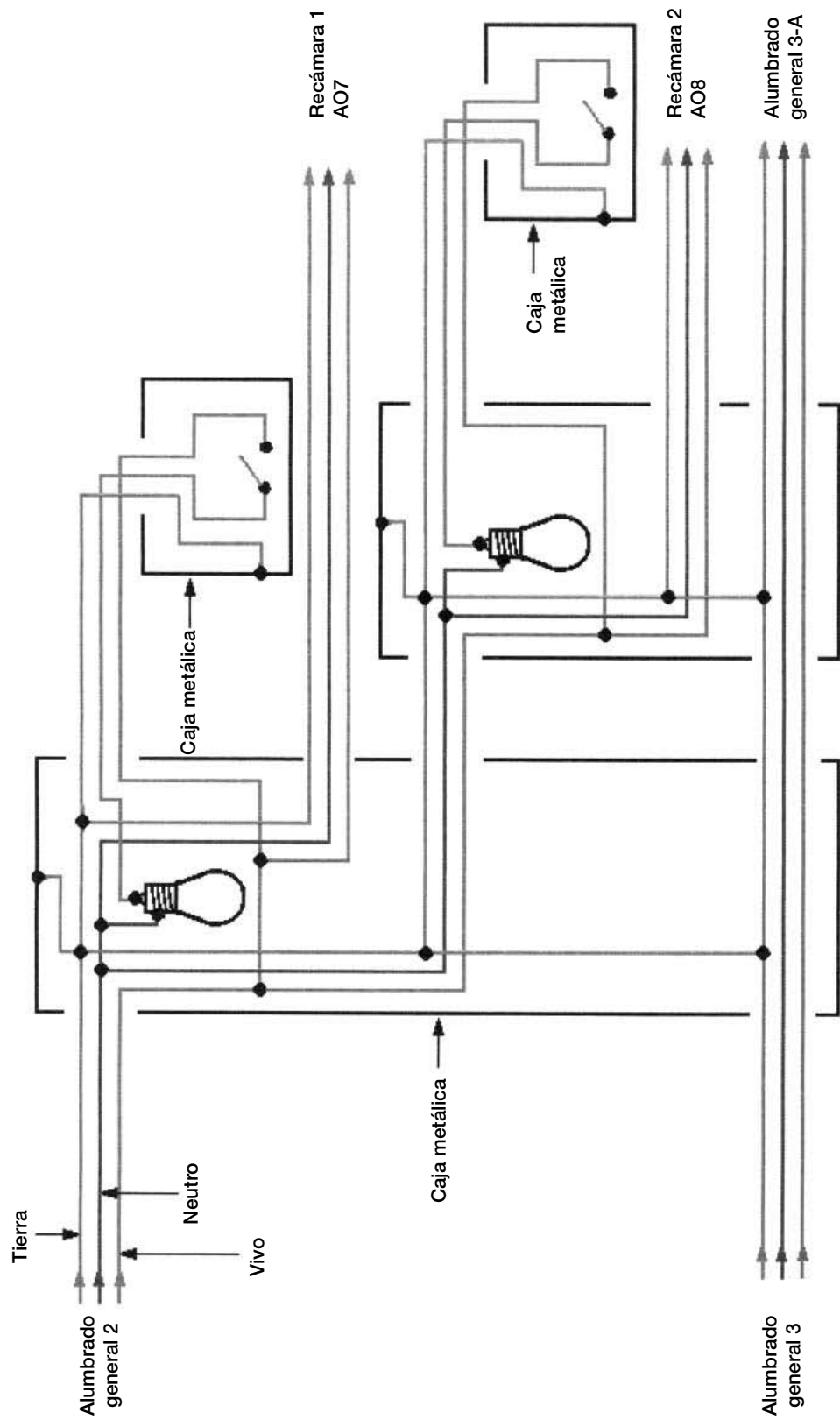


Figura 4.36. Guardarropa 1, área AO5 y guardarropa 2, área AO6. Circuito de alumbrado.

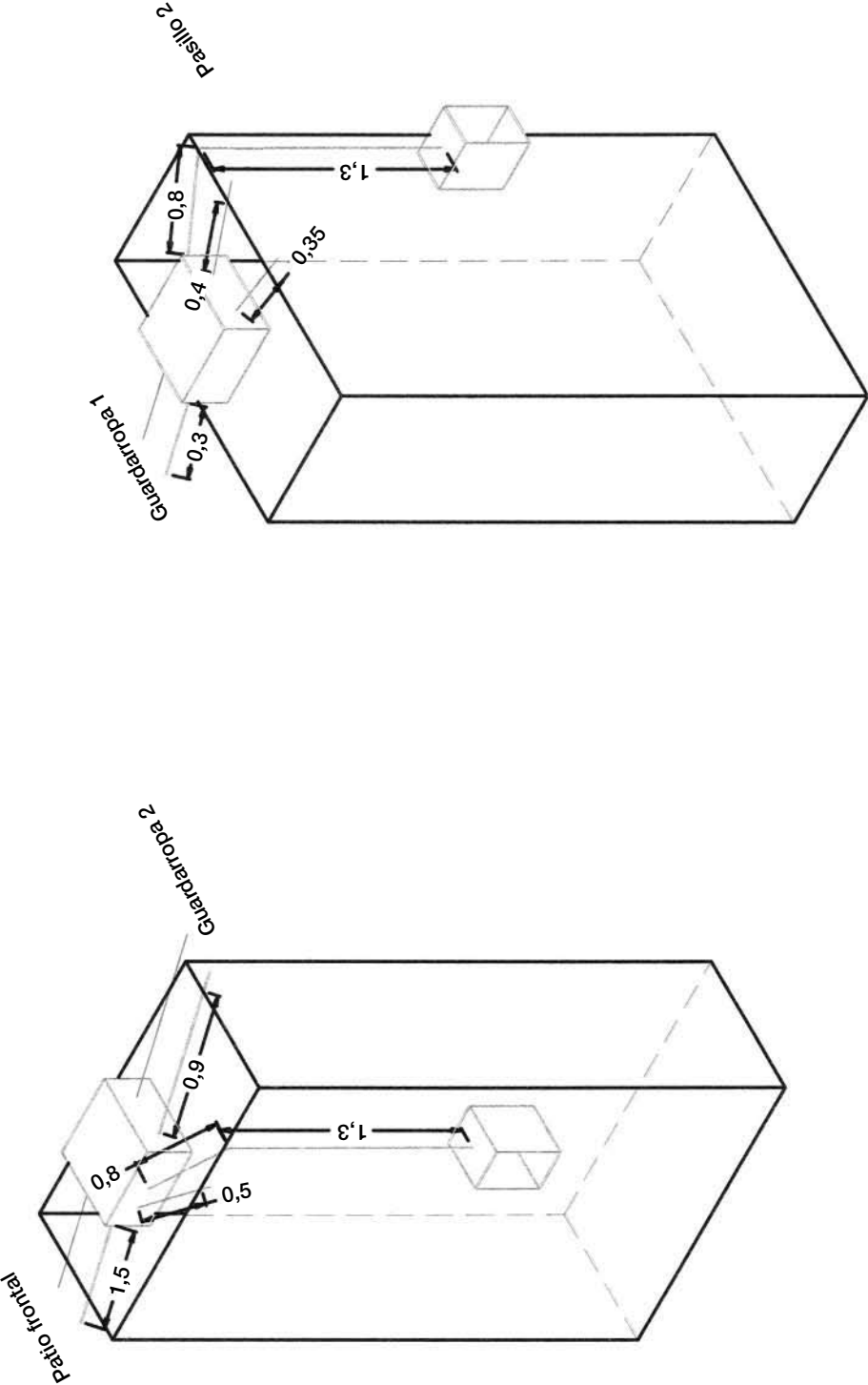


Figura 4.37. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Guardarropas 1 y 2, áreas AO5 y AO6.

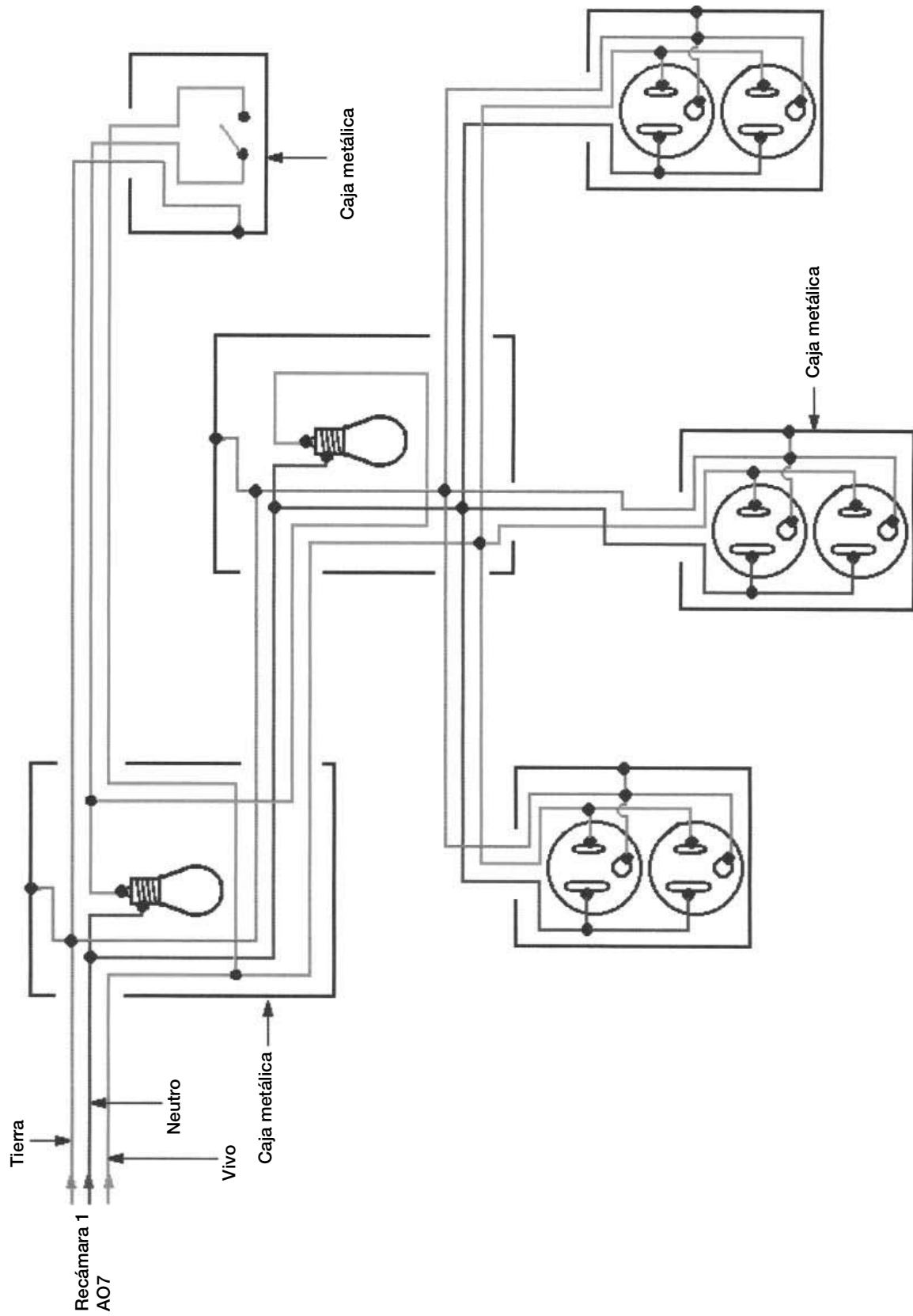


Figura 4.38. Recámara 1, área AO7. Circuito de alambrado.

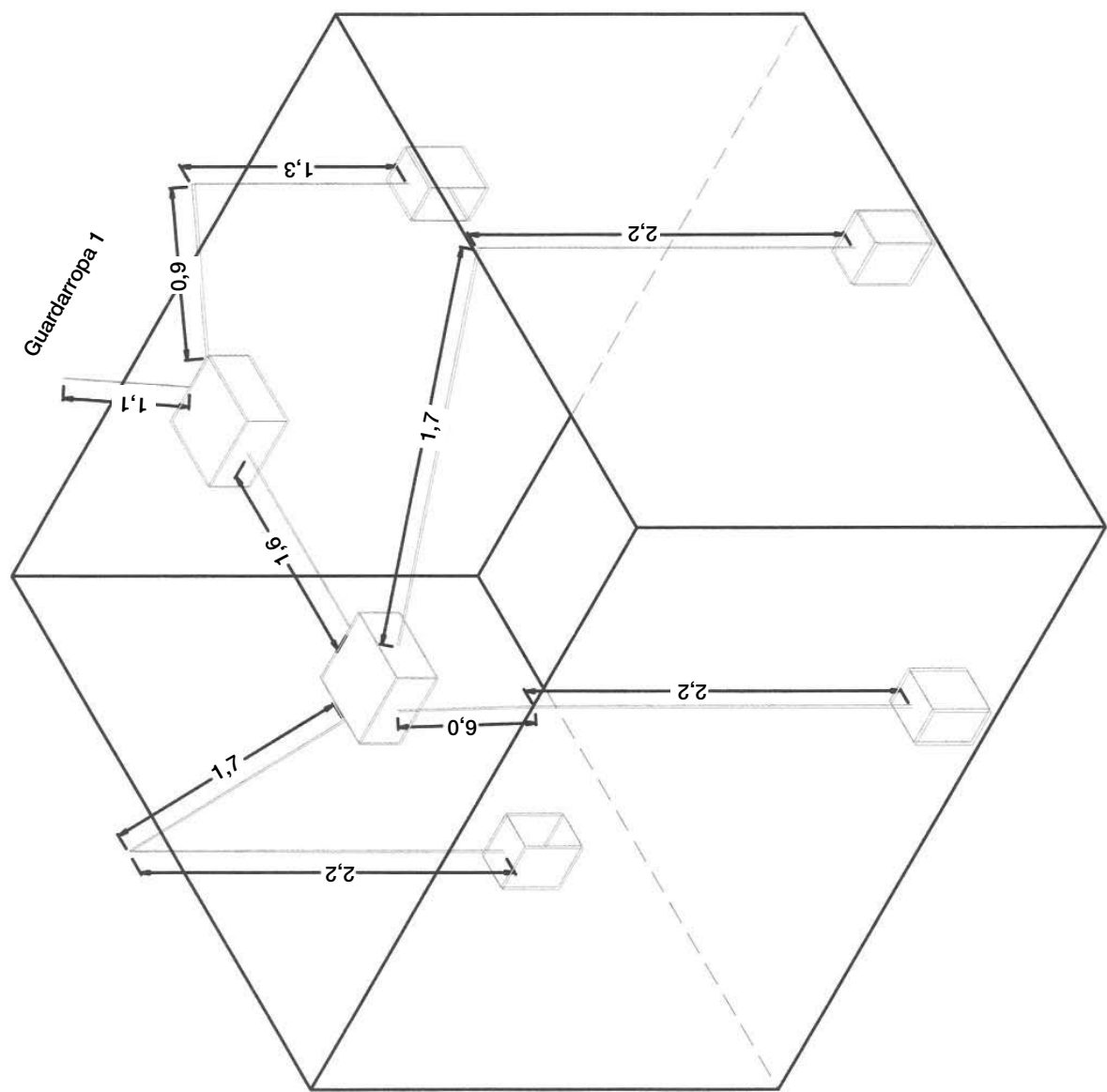


Figura 4.39. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Recámara 1, área AO7.

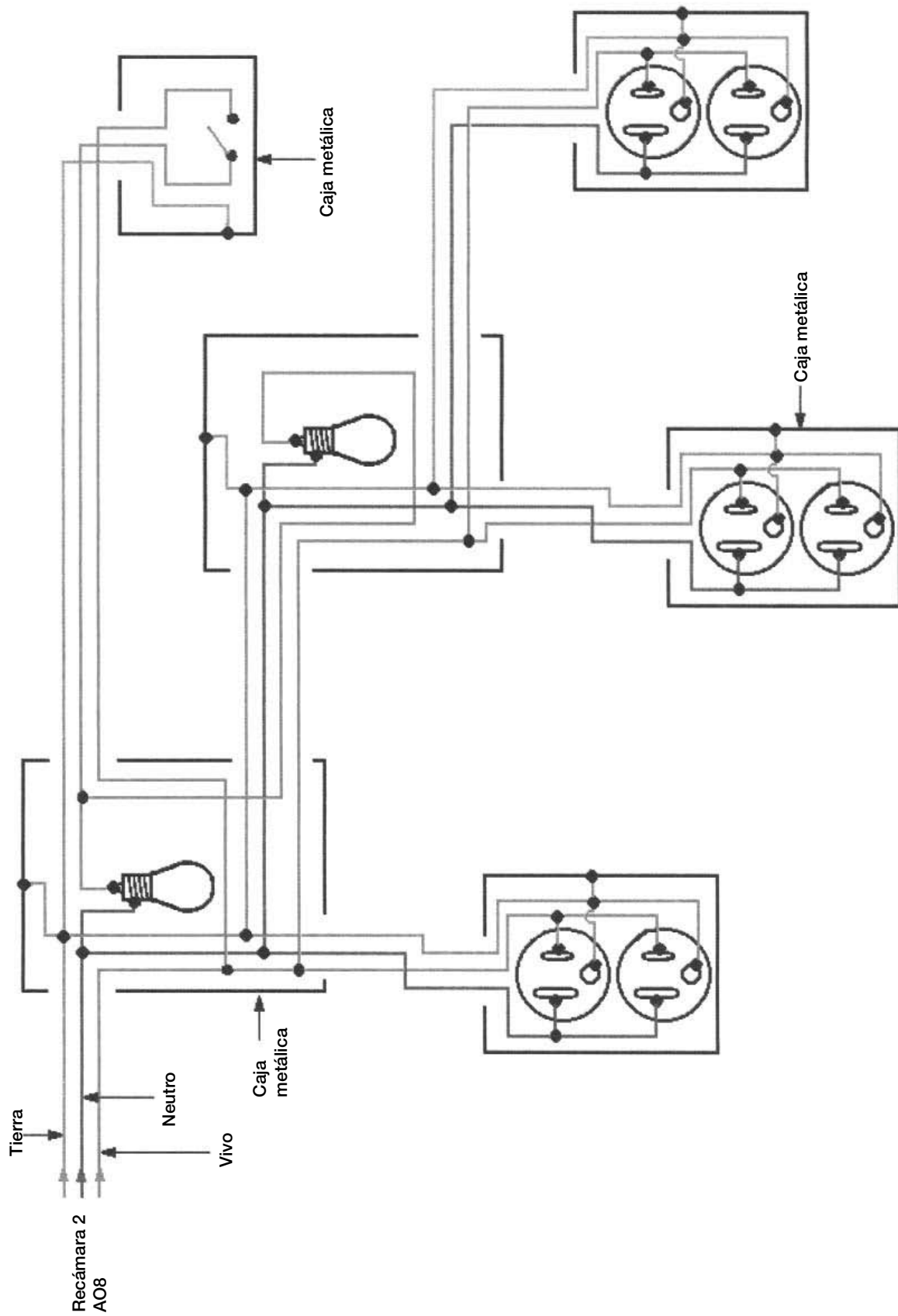


Figura 4.40. Recámara 2, área AO8. Circuito de alambrado.

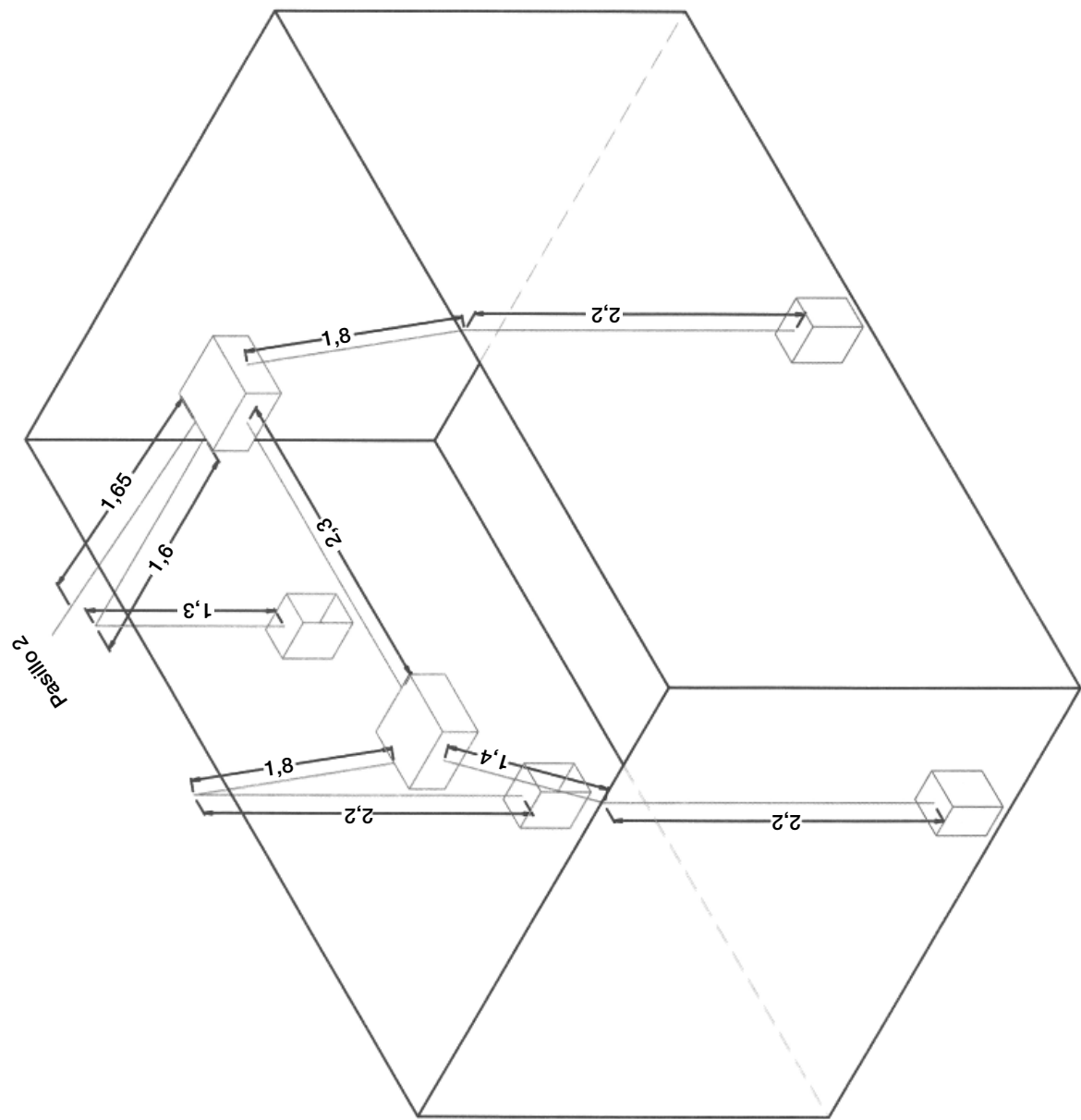


Figura 4.41. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Recámara 2, área AO8.

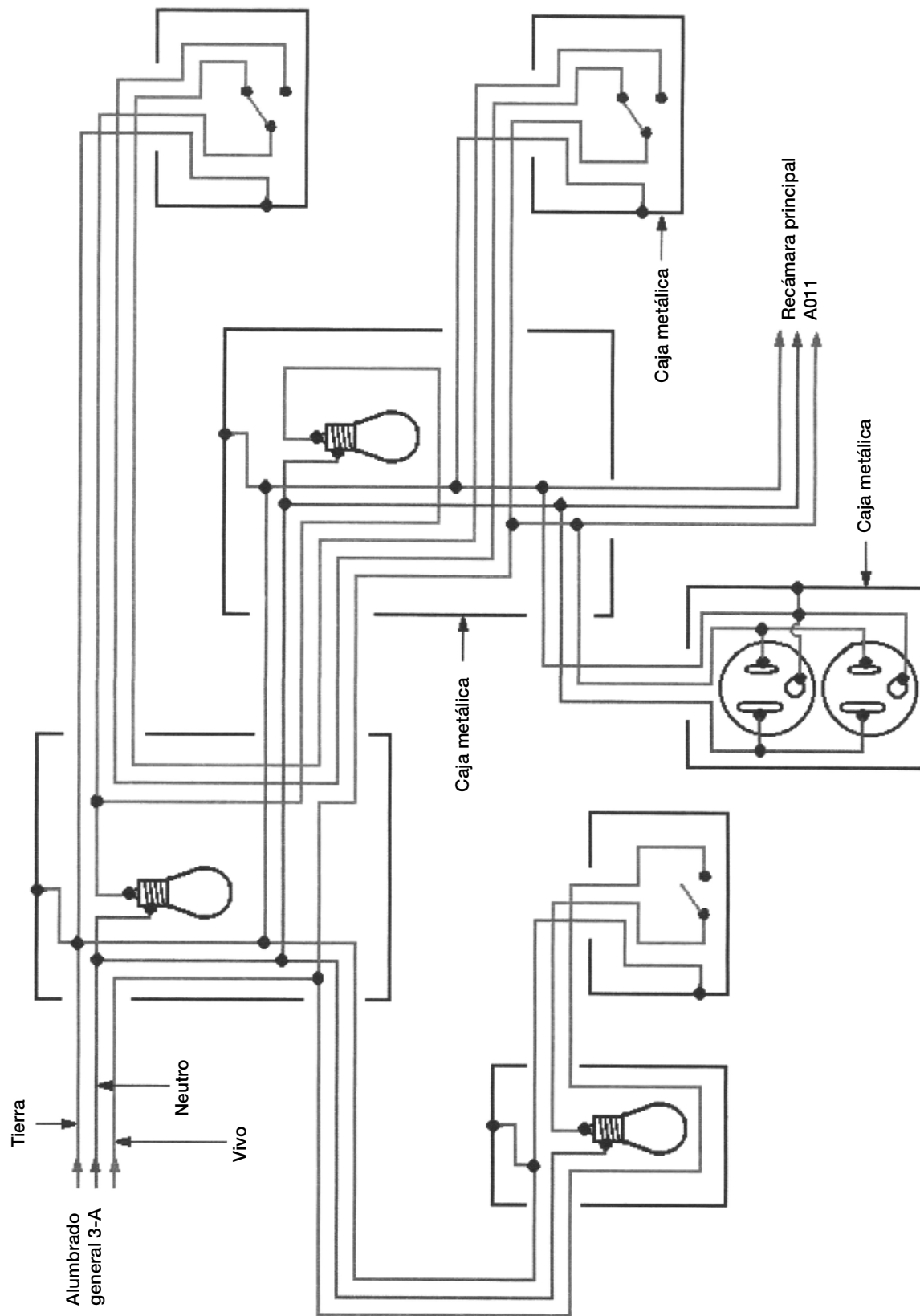


Figura 4.42. Pasillo, área 2 AO10 y guardarropa 3, área AO9. Circuito de alumbrado.

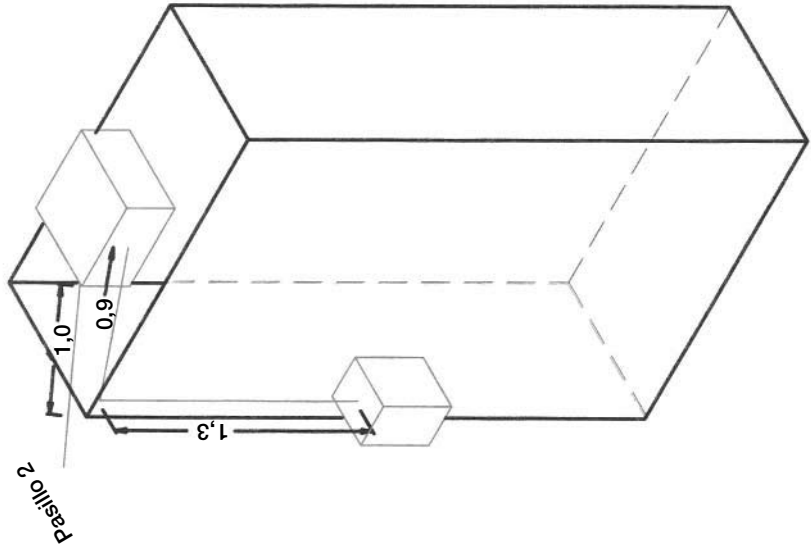


Figura 4.43. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Guardarropa 3, área AO9.

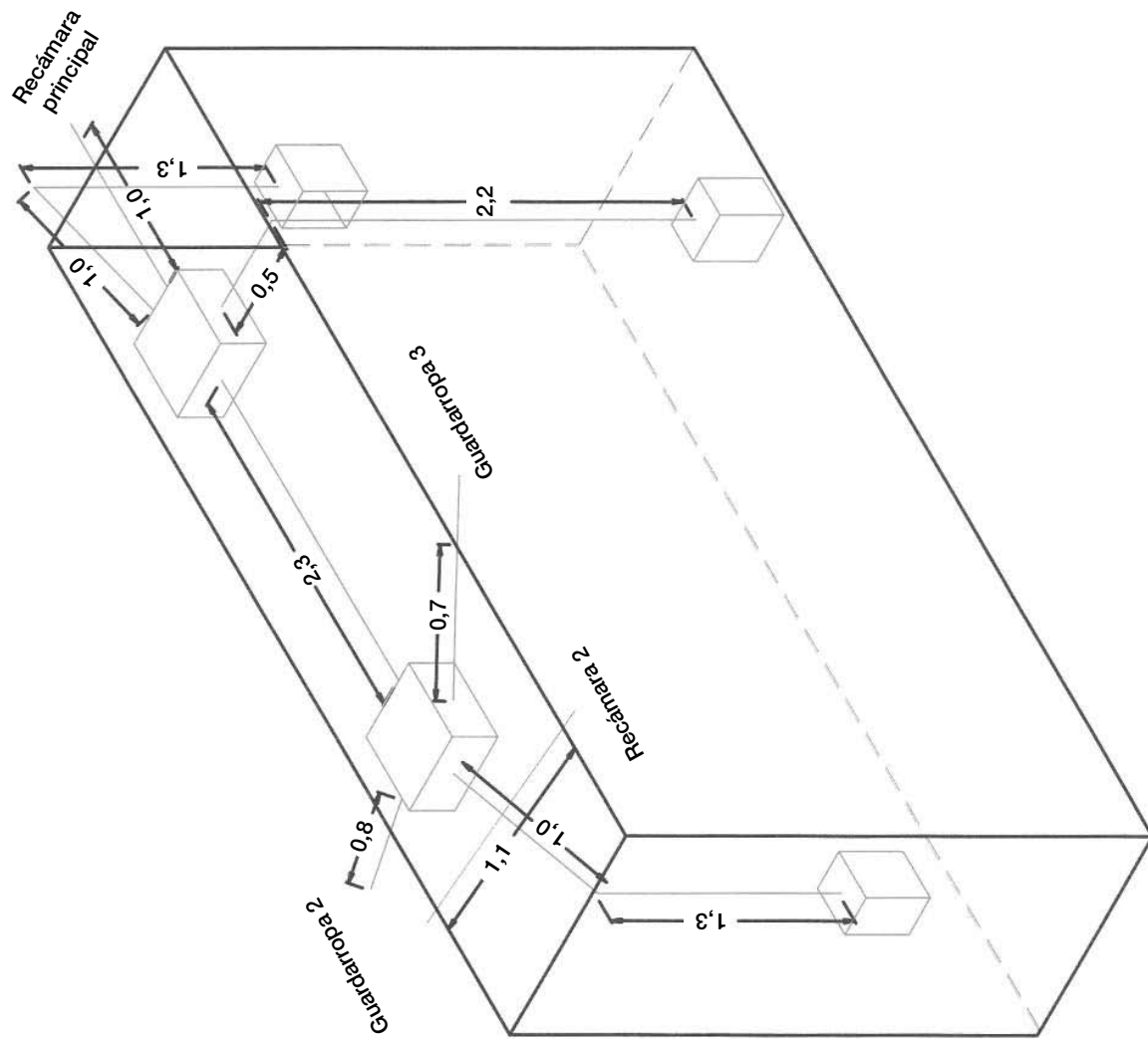


Figura 4.44. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Pasillo 2, área AO10.

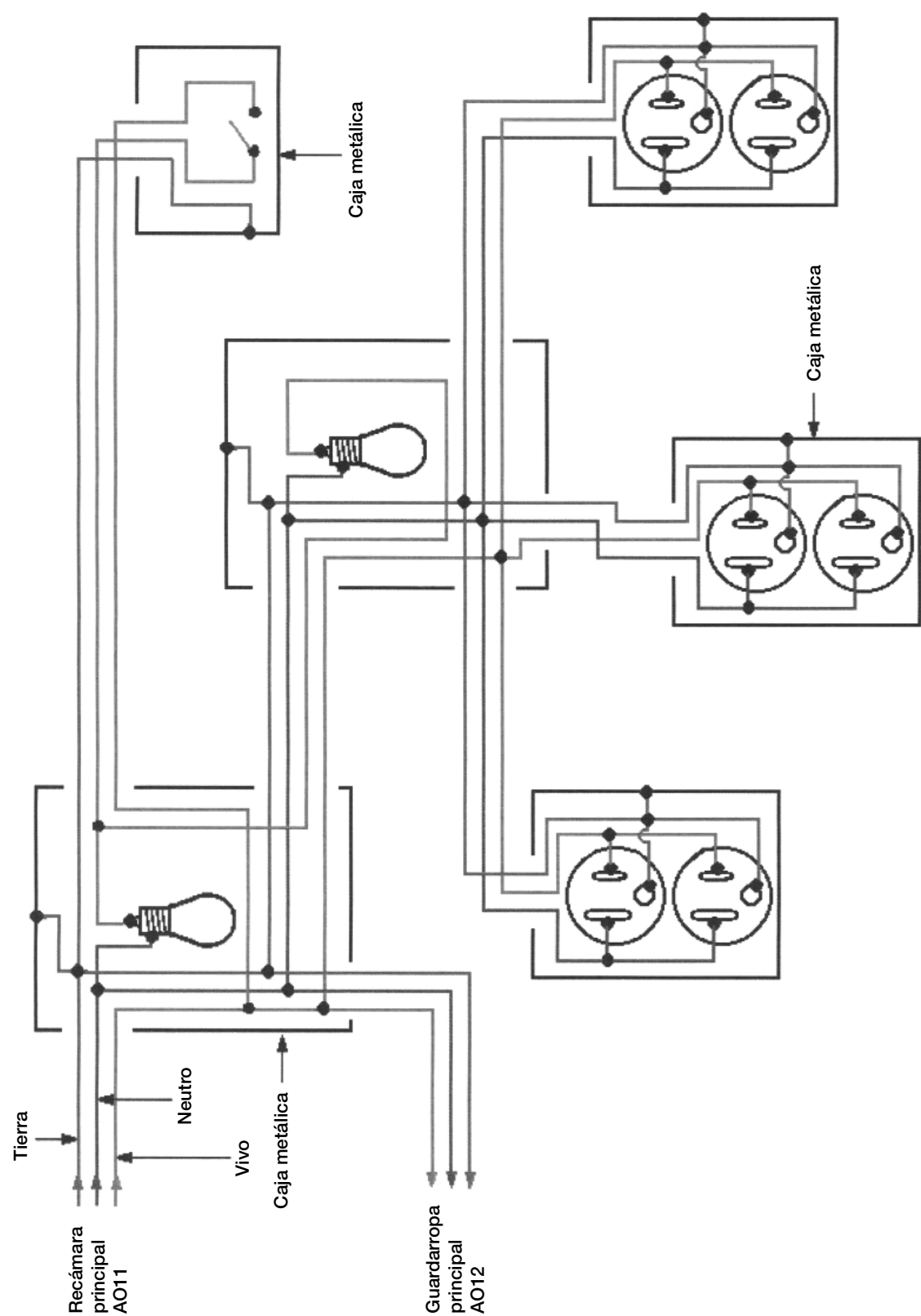


Figura 4.45. Recámara principal, área AO11. Circuito de alumbrado

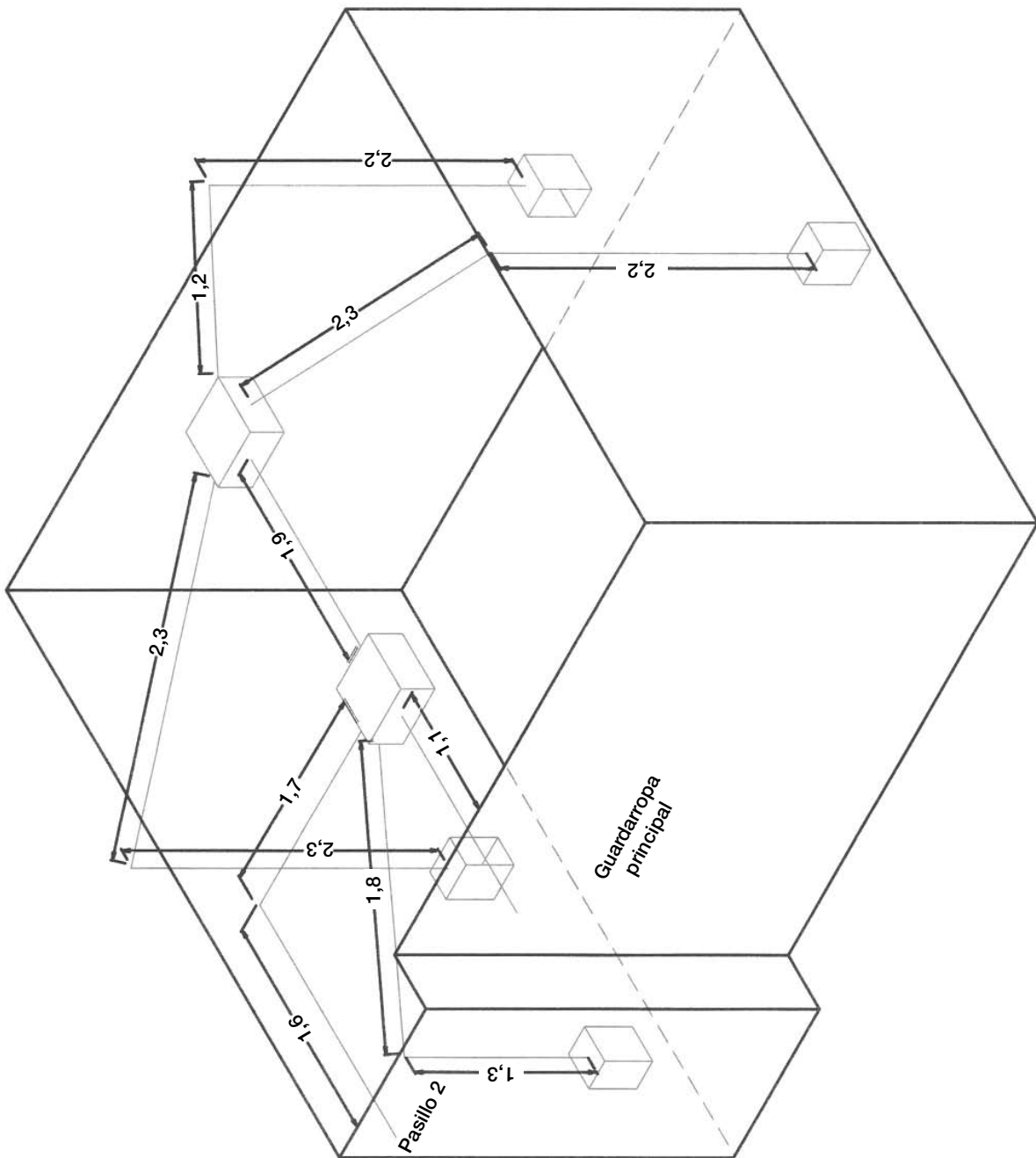


Figura 4.46. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Recámara principal, área AO11.

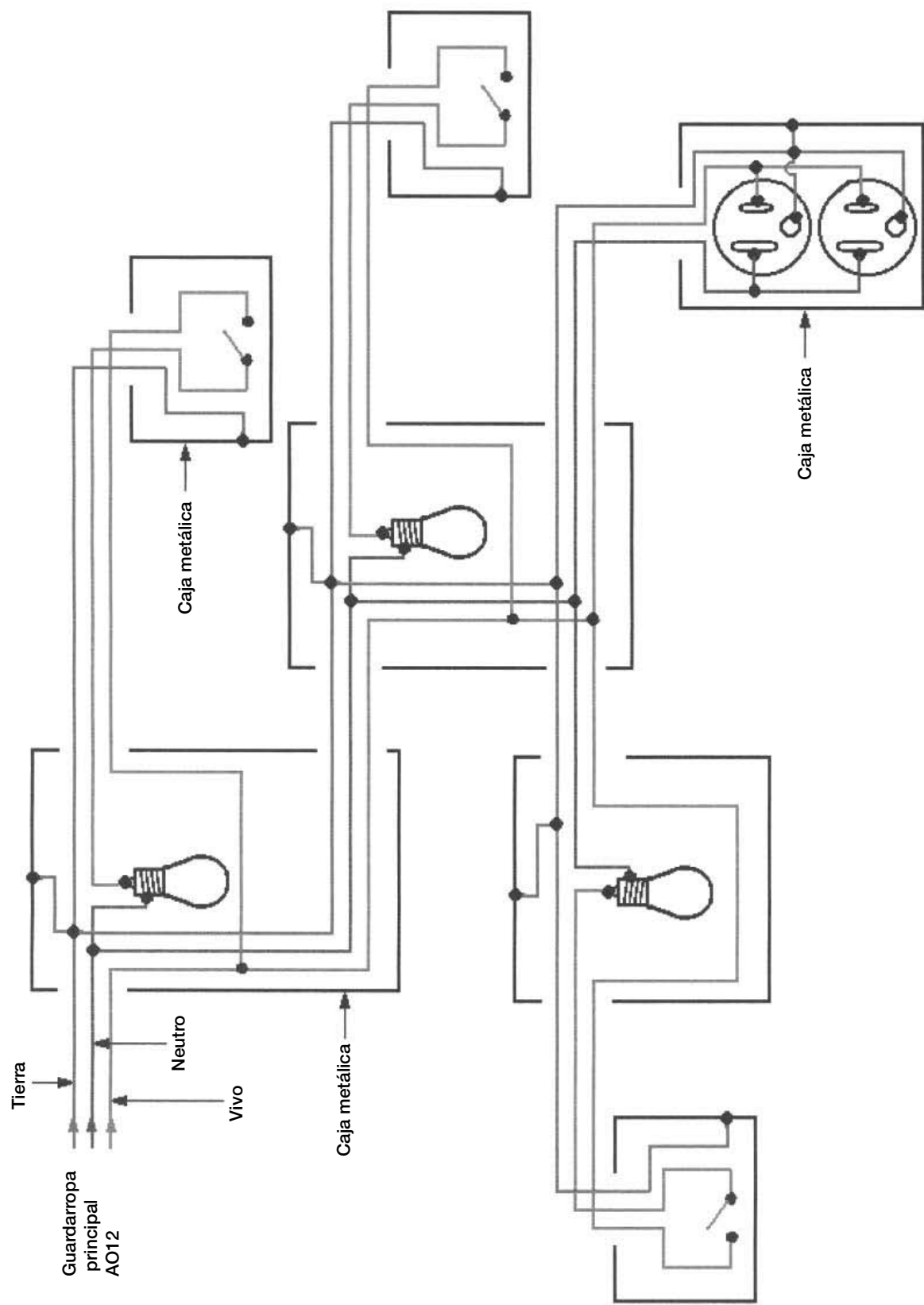


Figura 4.47. Guardarropa principal, área AO12 y baño principal, área AO13. Circuito de alambrado.

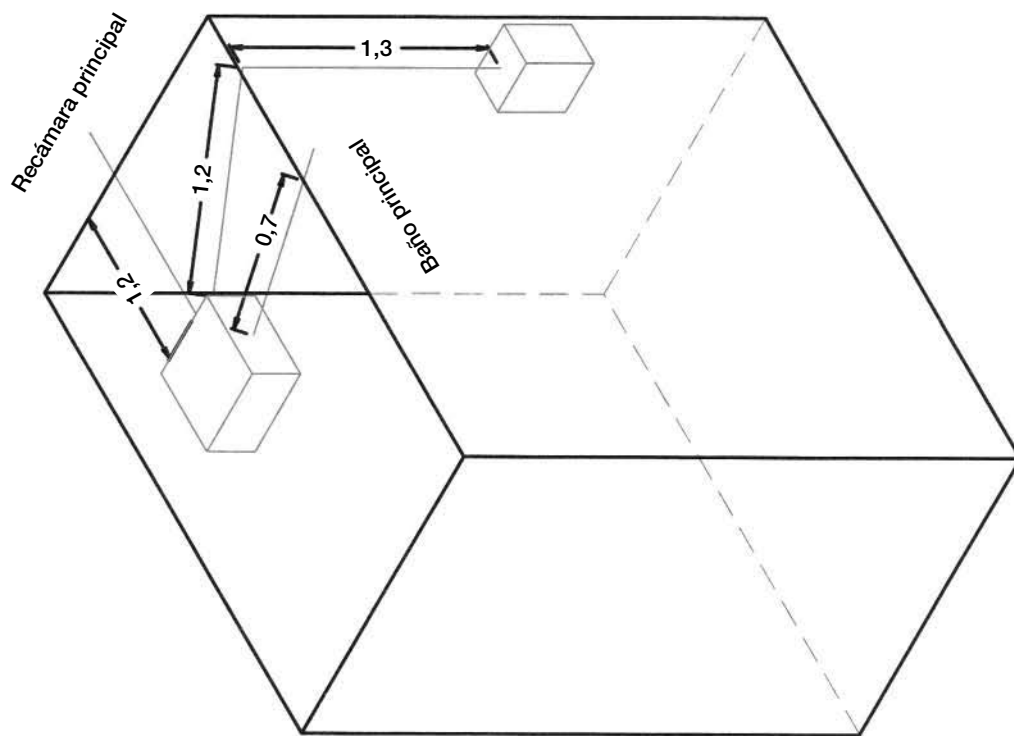


Figura 4.48. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Guardarropa principal, área AO12.

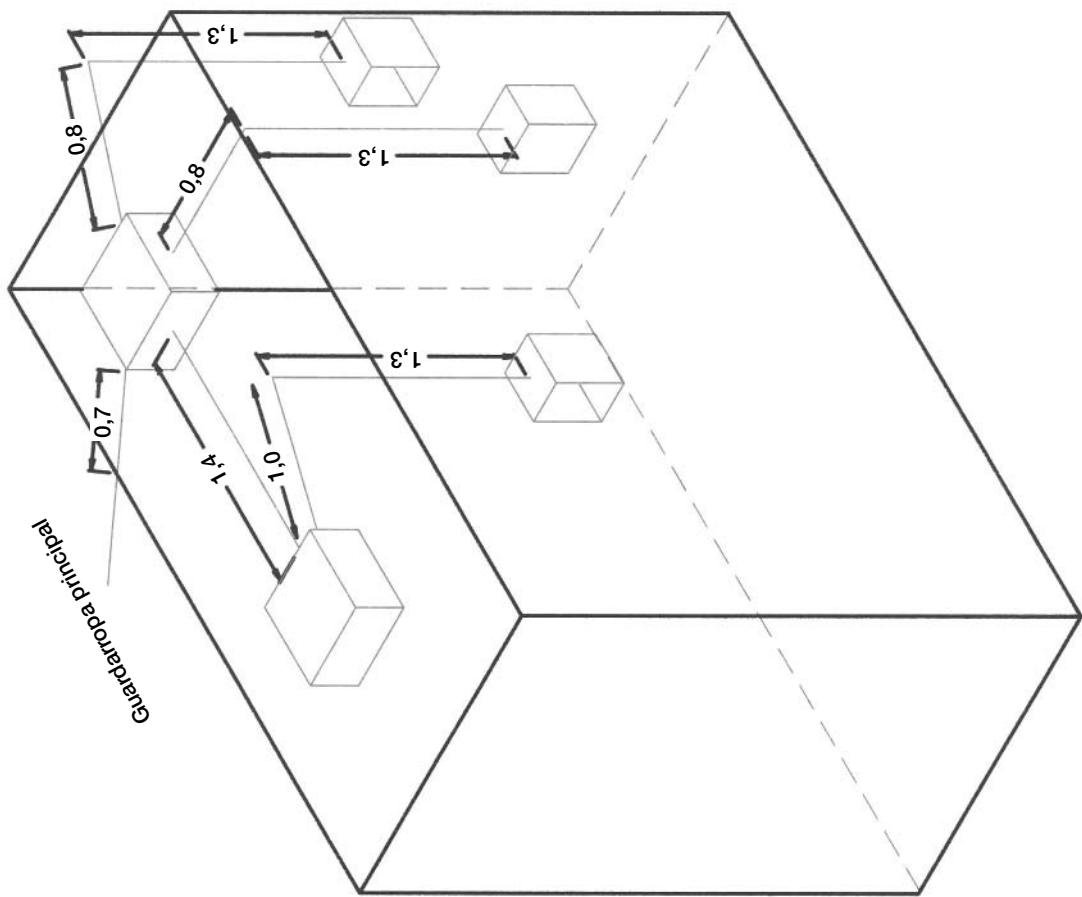


Figura 4.49. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Baño principal, área AO13.

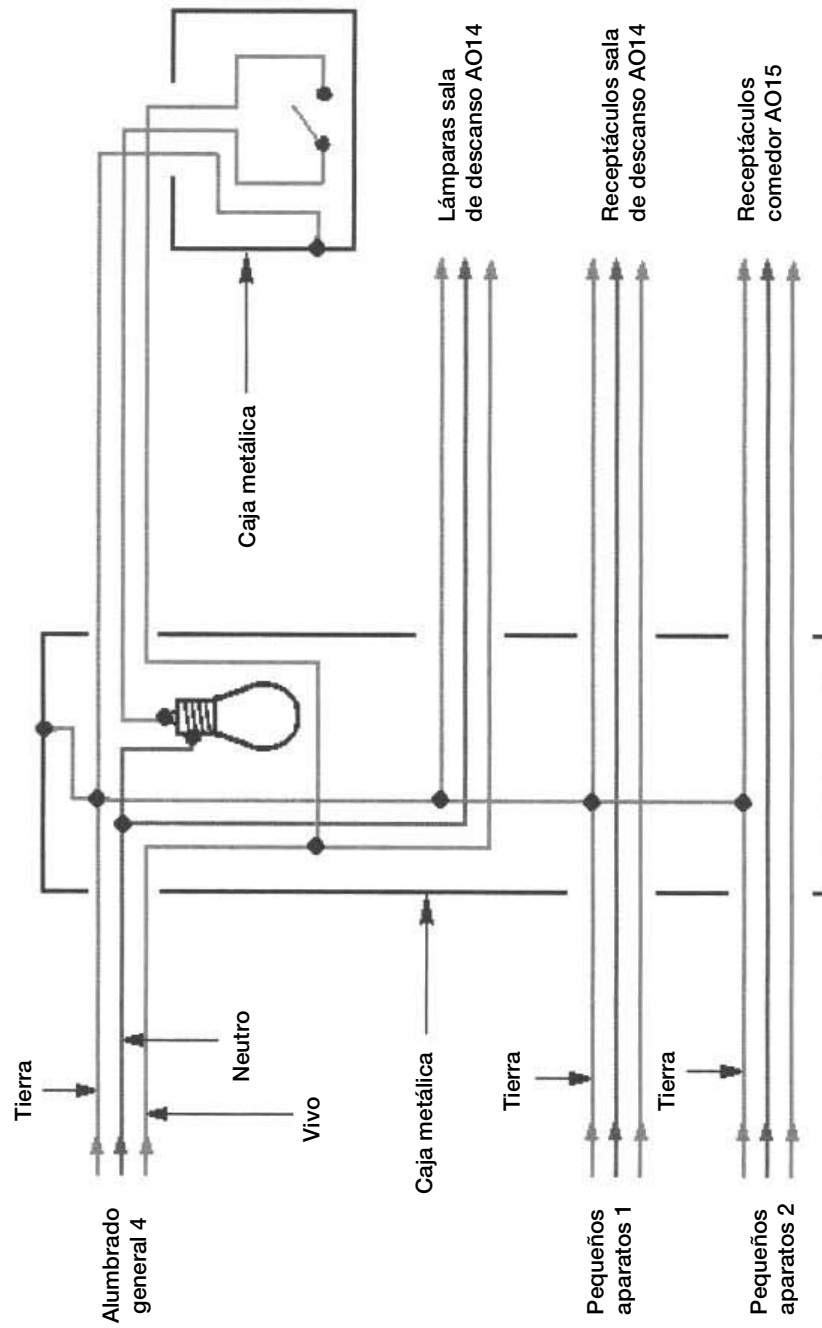


Figura 4.50. Sala de descanso AO14. Circuito de alambreado No. 1

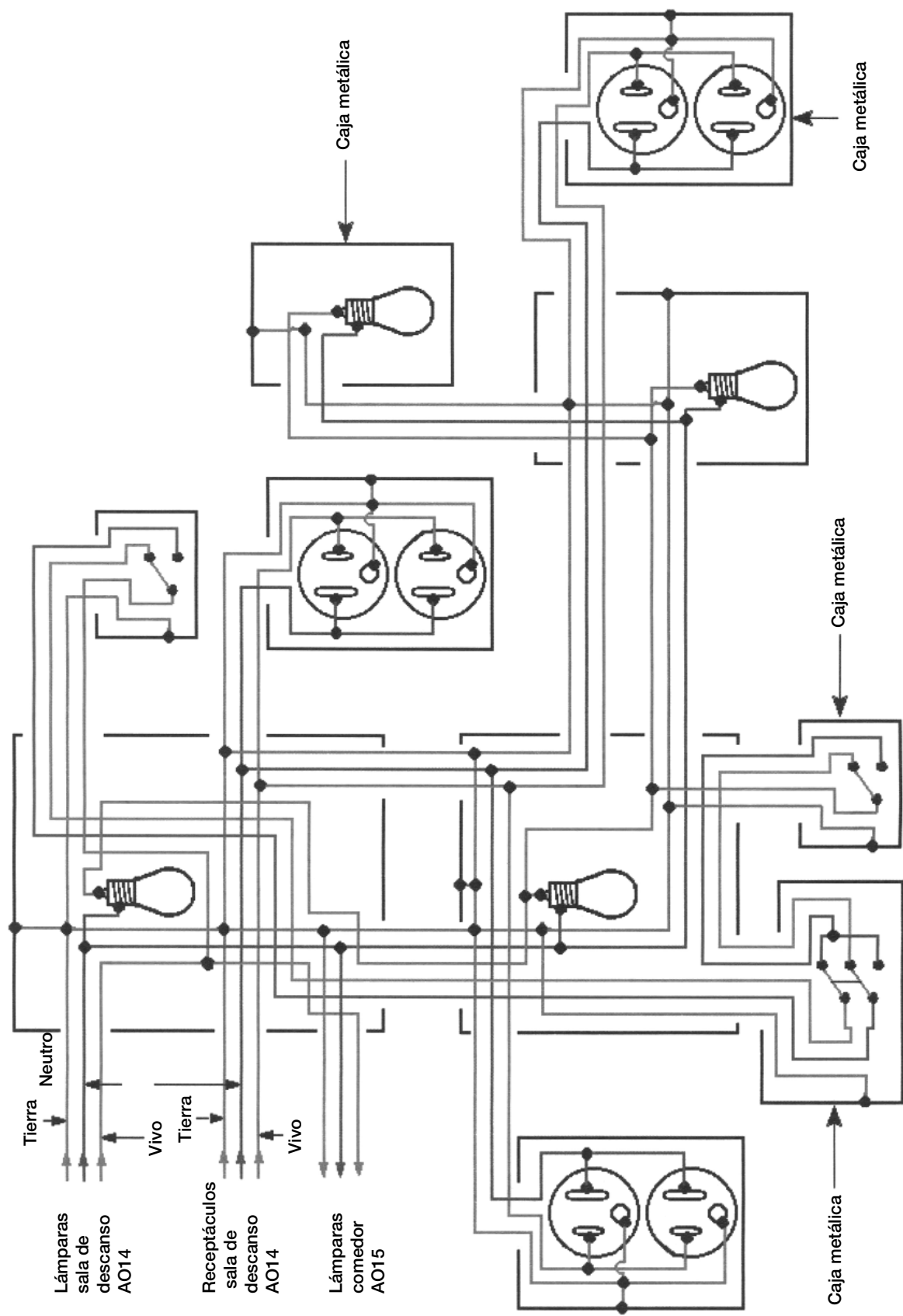


Figura 4.51. Sala de descanso AO14. Circuito de alambrado No. 2

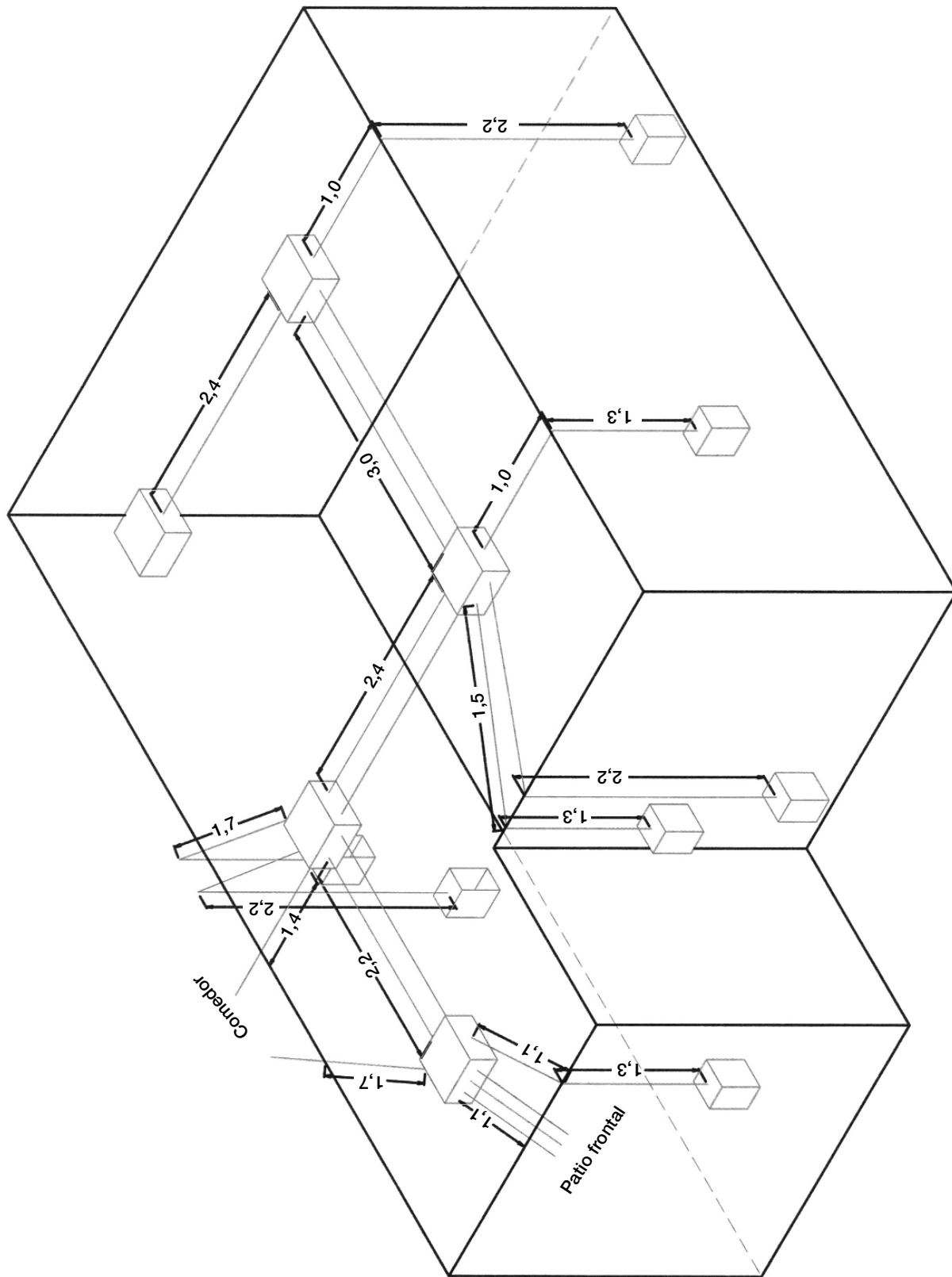


Figura 4.52. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Sala de descanso, área AO14.

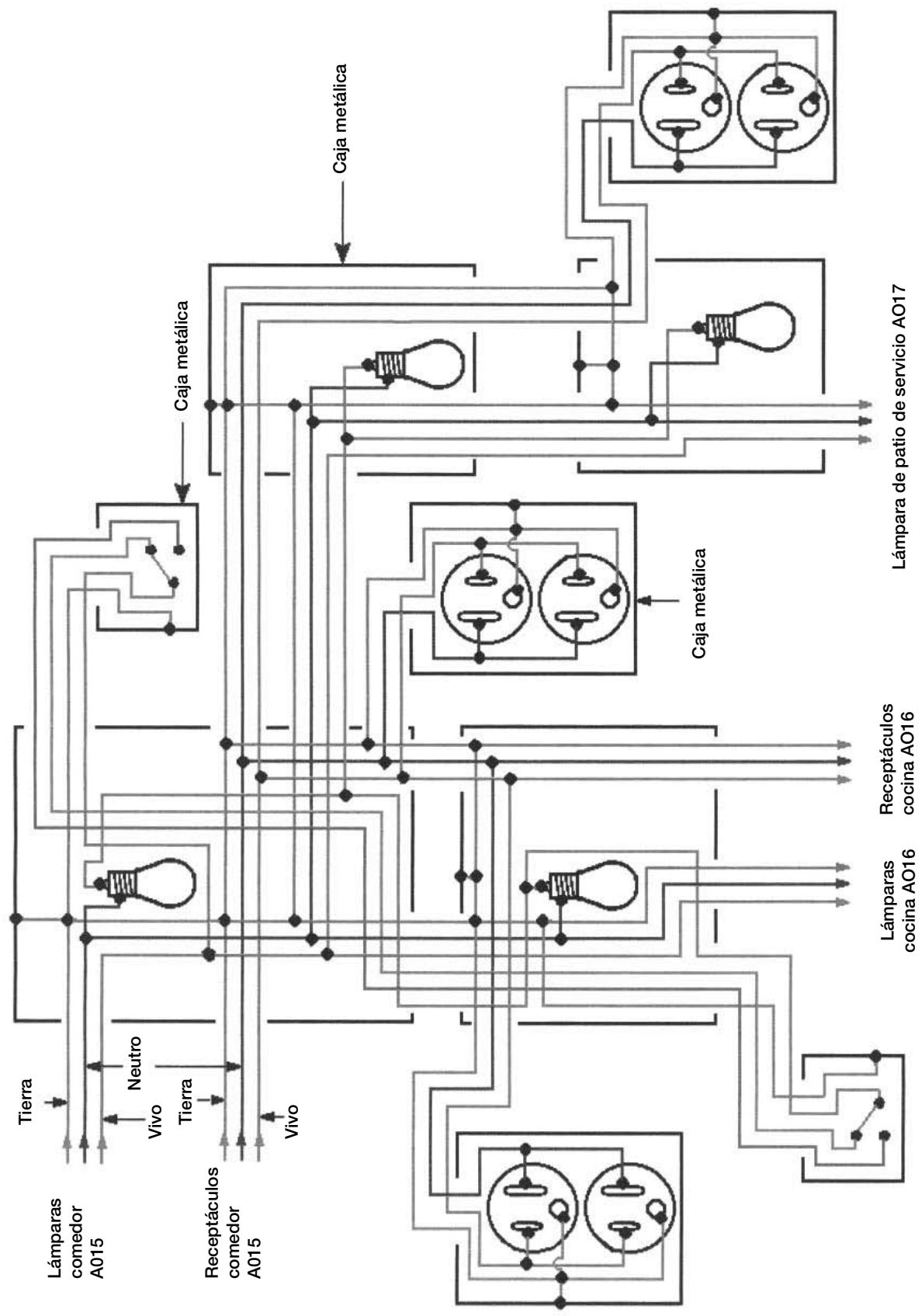


Figura 4.53. Comedor, área AO15. Circuito de alambrado

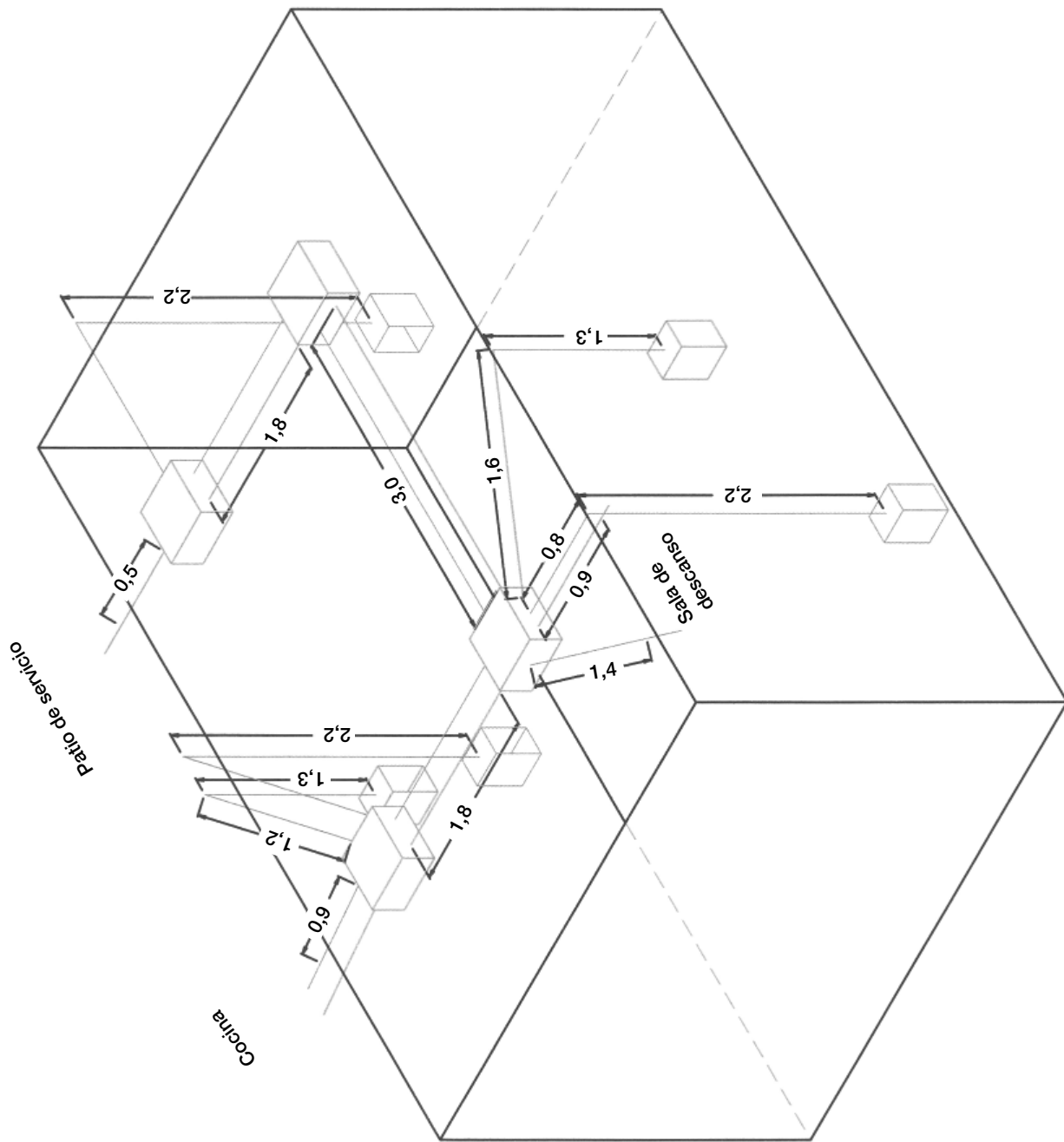


Figura 4.54. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Comedor, área AO15.

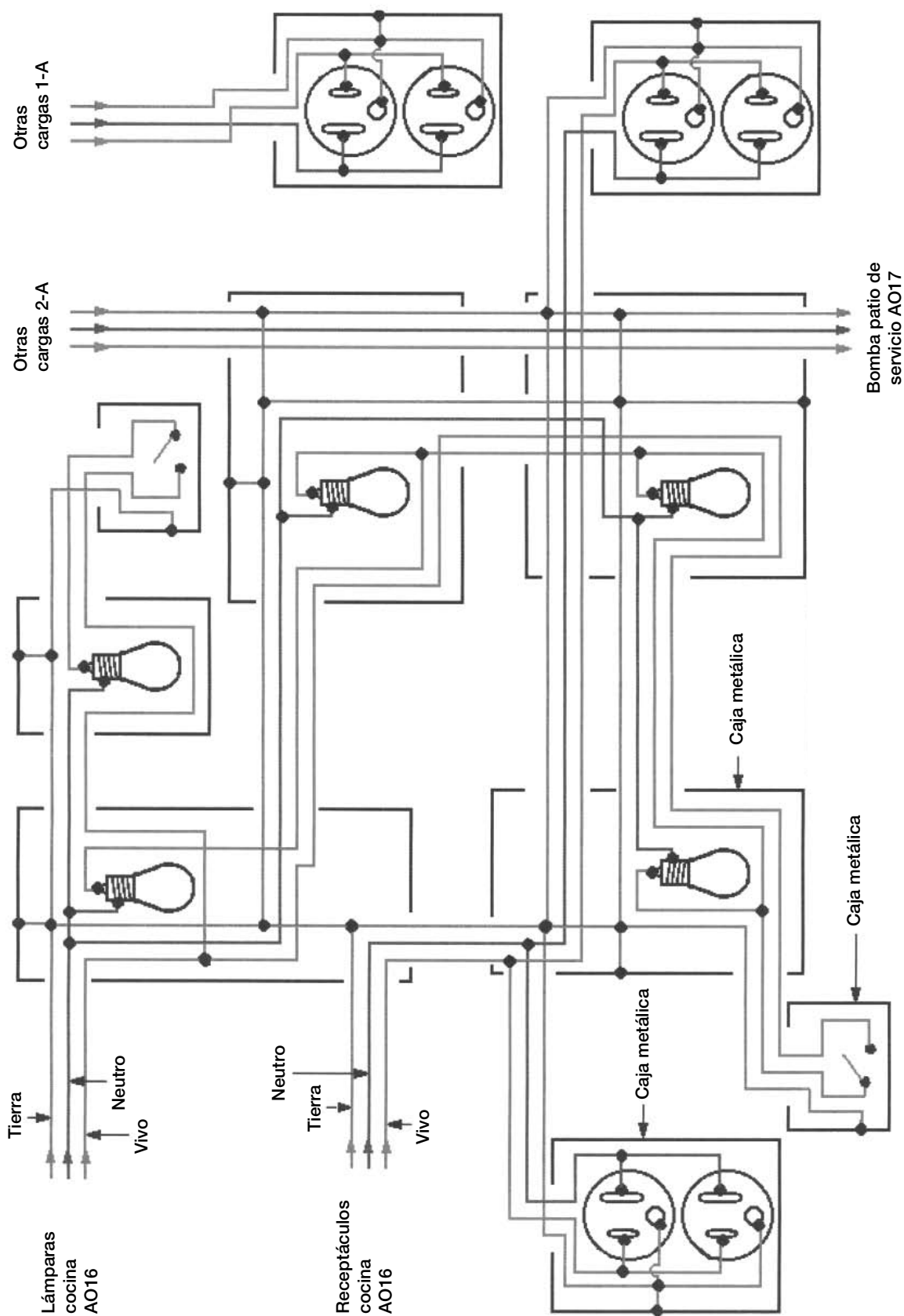


Figura 4.55. Cocina, AO16. Circuito de alambrado

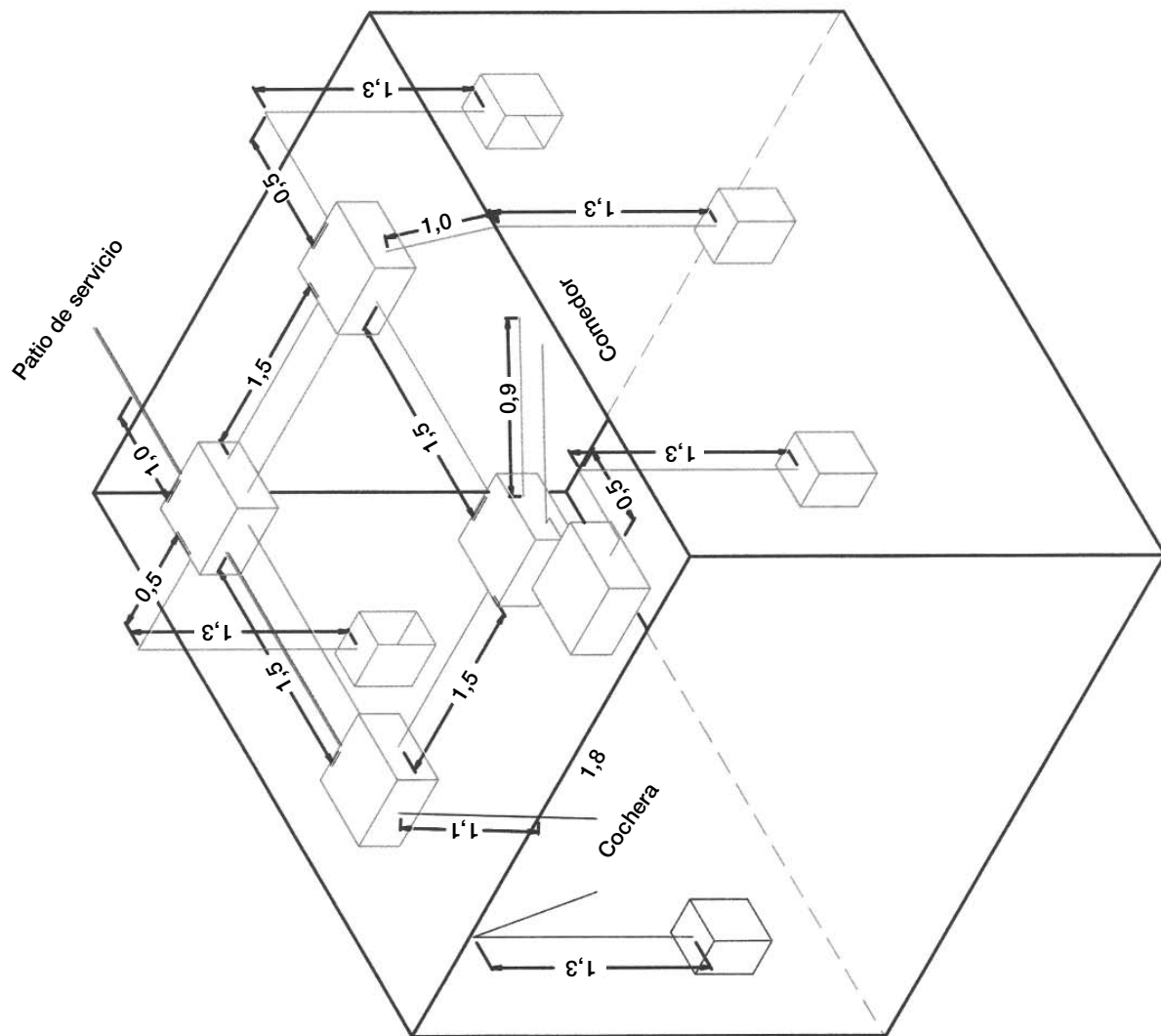


Figura 4.56. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Cocina, área AO16.

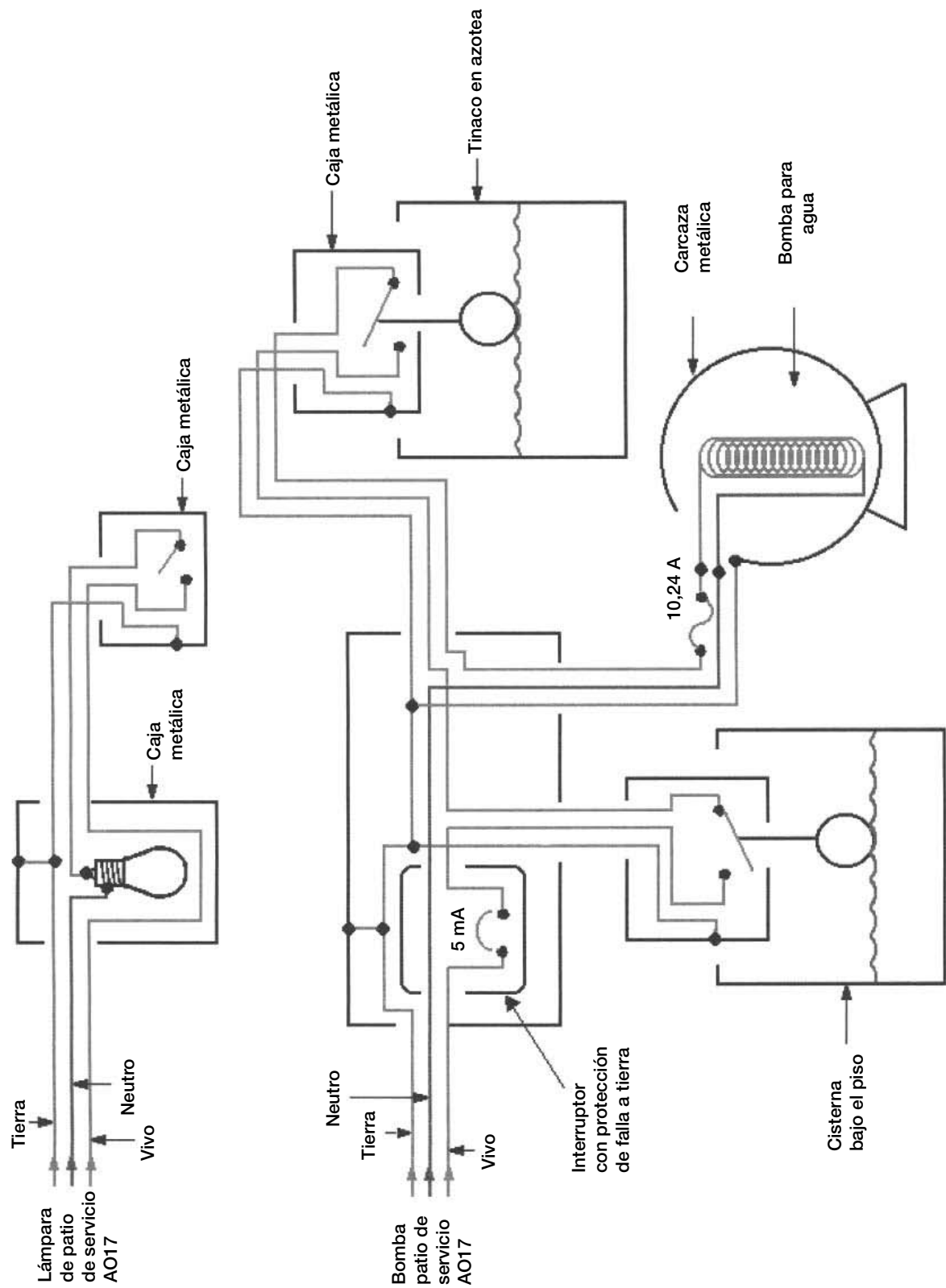


Figura 4.57. Patio de servicio AO17. Circuito de alumbrado.

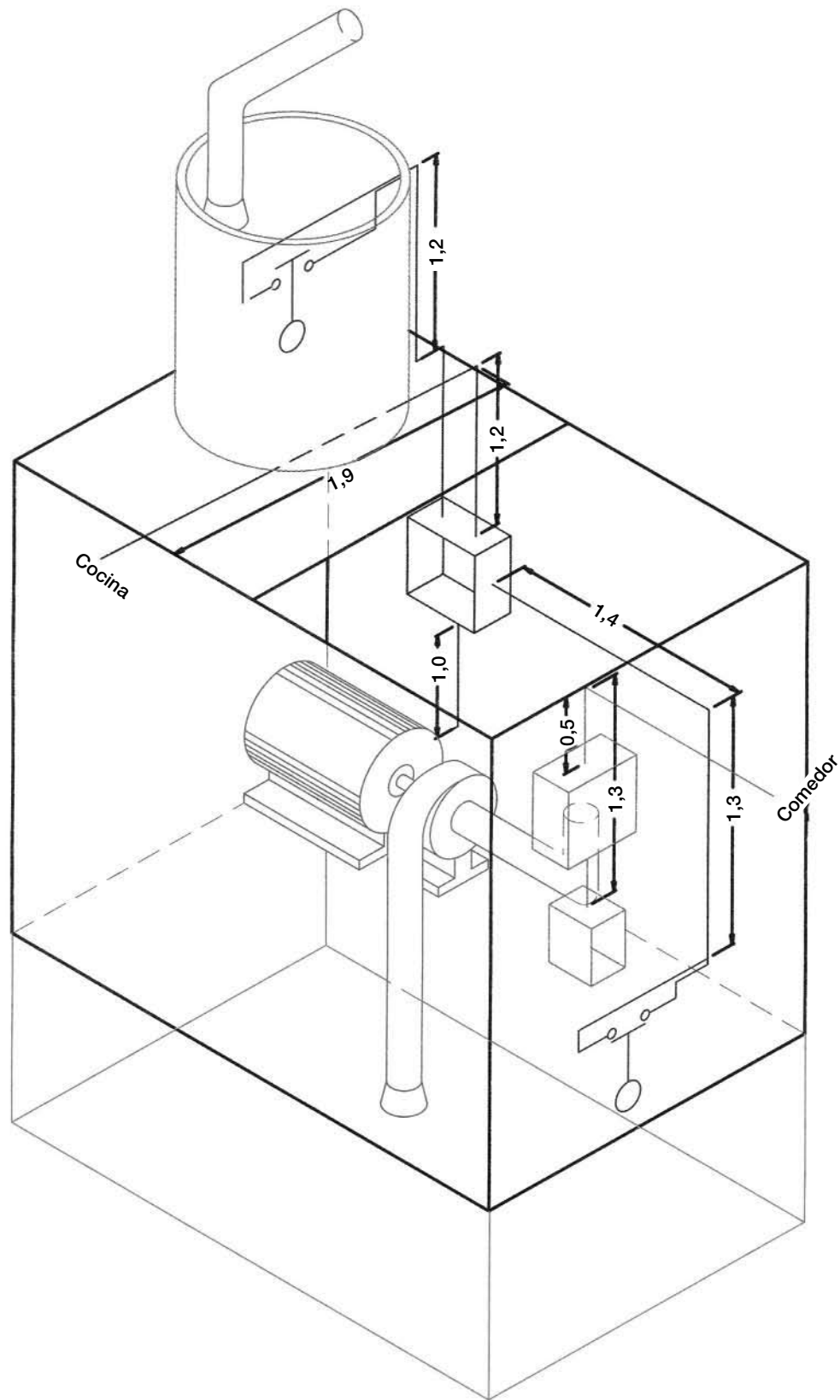


Figura 4.58. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión.
Patio de servicio, área AO17.

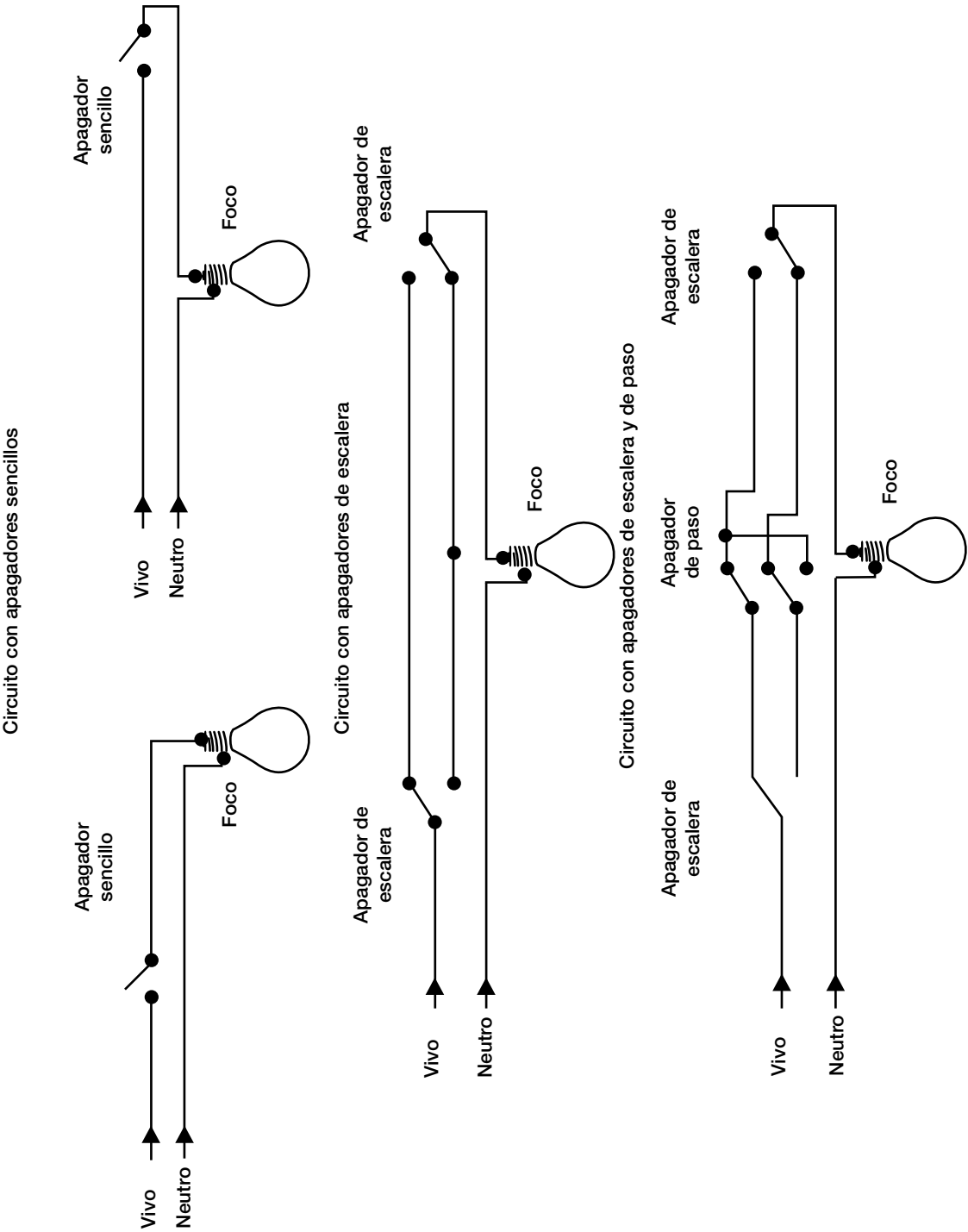


Figura 4.59. Diagramas eléctricos de circuitos sin considerar el conductor de tierra ni la protección contra sobrecorriente, para facilitar su comprensión.

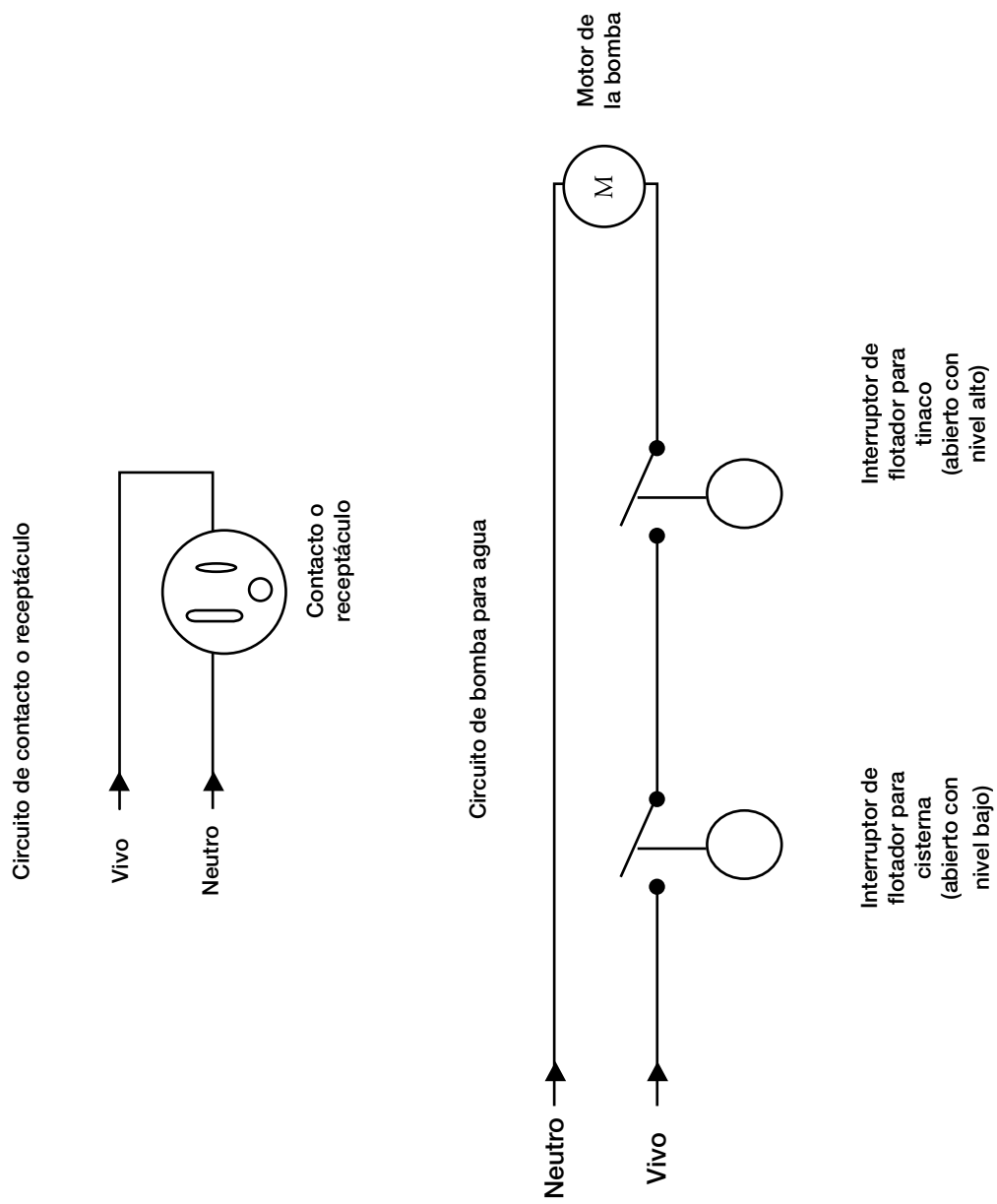


Figura 4.60. Diagramas eléctricos de circuitos sin considerar el conductor de tierra ni la protección contra sobrecorriente, para facilitar su comprensión.



Unión y conexión de los cables

AMARRES

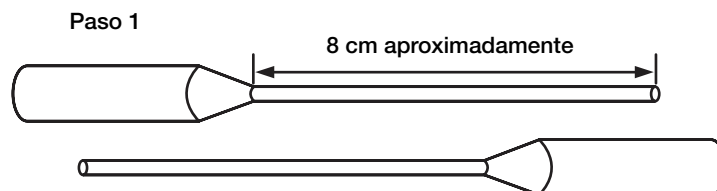
Un amarre es la unión o conexión de dos o más alambres o cables, también conocido como *empalme* o *conexión*. Existen diferentes tipos de amarres, los cuales dependen del propósito de la unión en una instalación eléctrica. Es importante verificar que su fortaleza, tanto en el aspecto mecánico como eléctrico, no sea inferior a la del conductor.

En este manual mostraremos algunos de los amarres más comunes y frecuentes, tanto para alambres como para cables. Hay que tomar en cuenta que el empalme o conexión es el punto más crítico y vulnerable de una instalación eléctrica, por lo cual su confiabilidad depende de la buena elaboración de dicho empalme.

Amarre Western Union

Este amarre nos sirve para unir dos alambres; soporta mayores esfuerzos de tensión y se utiliza principalmente para tendidos. En la figura 5.1 se muestra el procedimiento para su elaboración.

1. Retire el aislamiento aproximadamente 8 cm de la punta de los conductores a unir, ráspeles y límpielos correctamente.
2. Realice a cada alambre un dobléz en forma de “L” a 2,5 cm aproximadamente del aislamiento.
3. Cruce los cables y con la ayuda de las pinzas comience a doblar una de las puntas enrollando alrededor del otro conductor, apretando las espiras o vueltas con las pinzas.
4. Una vez que ha terminado de enrollar una de las puntas, repita el proceso con la otra punta trabajando en dirección contraria.
5. Corte los sobrantes de alambre y por último suelde.



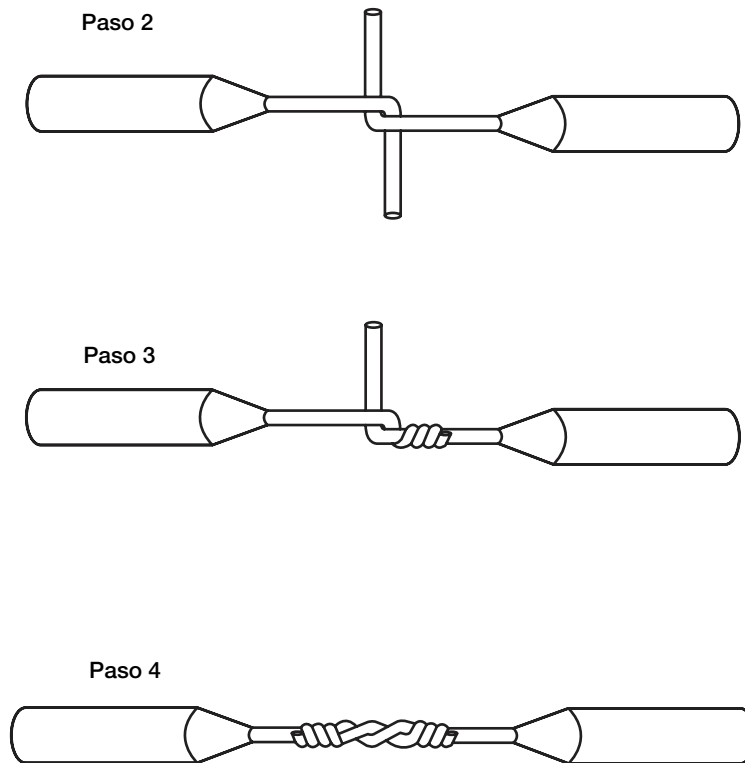


Figura 5.1. Amarre Western Union

Amarre Cola de puerco

Este tipo de amarre se emplea cuando los alambres no van a estar sujetos a esfuerzos de tensión excesivos. Se utiliza para hacer las conexiones de los alambres en las cajas de conexión o salidas. En este tipo de amarres, el encintado puede ser sustituido por un conector de capuchón (véase figura 5.2.).

1. Retire aproximadamente 5 cm de aislamiento de cada una de las puntas de los conductores a unir.
2. Coloque las puntas paralelas lo más juntas posible y con la ayuda de una pinza comience a torcer las puntas desnudas como si fuera una cuerda.
3. Apriete correctamente el amarre. Si desea sustituir el encintado coloque el conector de capuchón.

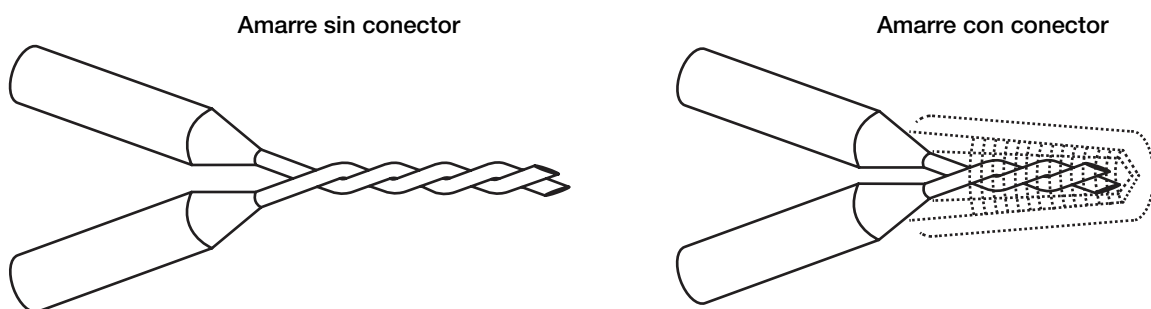
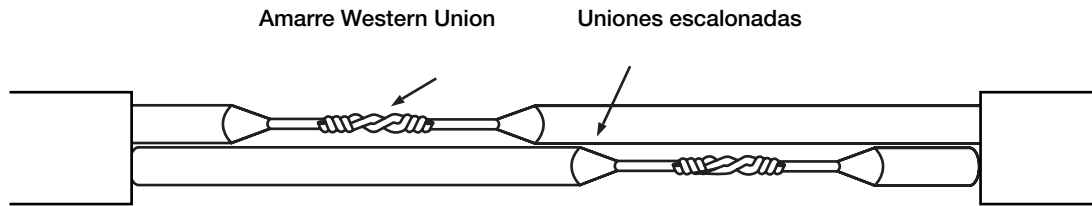


Figura 5.2. Amarre Cola de puerco.

Amarre Dúplex

En la figura 5.3 se ilustra este amarre, el cual es utilizado para unir alambres dúplex. Este amarre está compuesto por dos amarres o uniones Western Union, realizados escalonadamente, con el propósito de evitar diámetros excesivos al colocar la cinta aislante.



1. Figura 5.3. Amarre Dúplex.

Amarre de alambres en “T” o de derivación ordinaria

Para realizar una unión de un alambre a otro que corre sin interrupción, se emplea este tipo de amarre. A continuación se presenta el procedimiento para realizar el alambre de la figura 5.4:

1. Retire aproximadamente 3 cm de aislamiento del alambre que corre, utilice navaja o pinzas. Raspe y limpie el alambre.
2. Retire aproximadamente 8 cm de aislamiento de la punta del alambre que va a unir, se recomienda raspar y limpiar.
3. Coloque el alambre a derivar en forma perpendicular (en ángulo recto) al alambre corrido (principal).
4. Con la mano comience a enrollar el alambre derivado sobre el alambre principal en forma de espiras, con la ayuda de las pinzas apriete las espiras o vueltas.
5. Corte el sobrante y verifique que las espiras no queden encimadas al aislamiento. Suelde la unión.

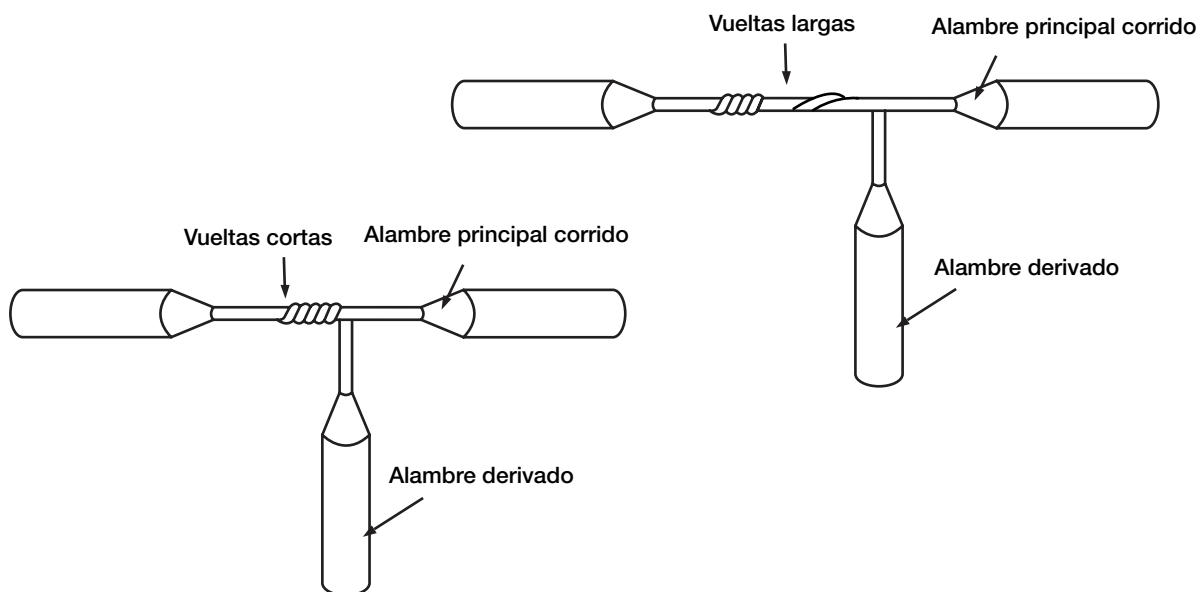


Figura 5.4. Amarre de alambres en “T” o derivación ordinaria.

Amarre de alambres en “T” o de derivación anudada

En la figura 5.5 se presenta una variante del amarre anterior, este tipo de amarre es poco usado en la práctica, ya que se requiere mayor tiempo para realizarlo. Su principal ventaja con respecto a la junta de derivación ordinaria es que la derivación no podrá desenrollarse fácilmente.

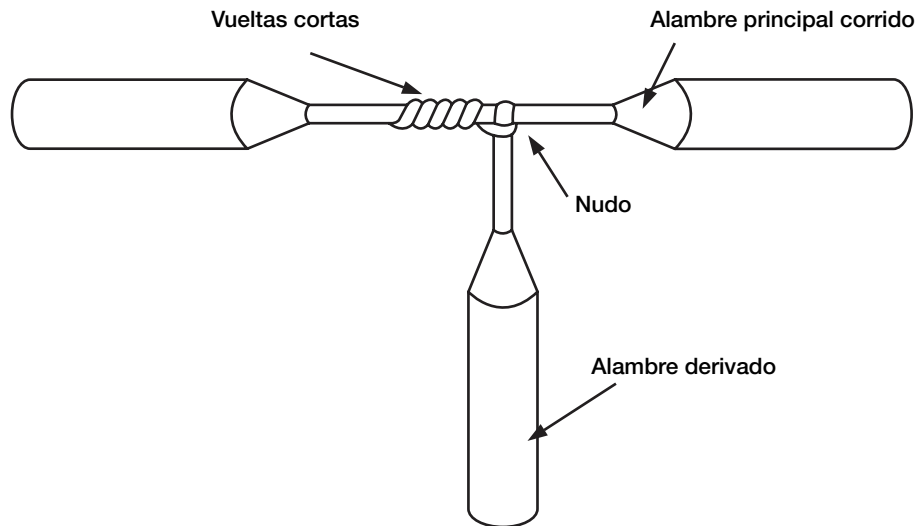
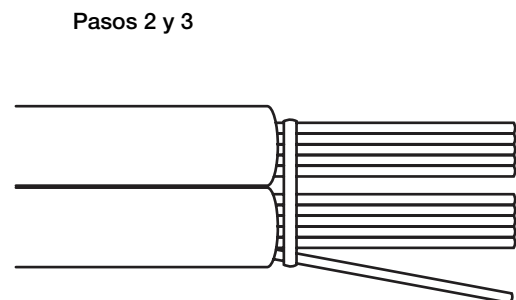
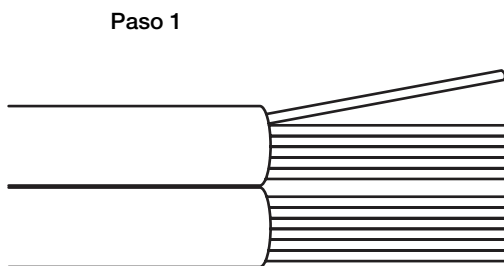


Figura 5.5. Amarre de alambres en “T” o de derivación anudada.

Amarre de cables paralelos

Se emplea para hacer amarres de cables con varios hilos o alambres, principalmente en las cajas de registros. En la figura 5.6 se muestra el procedimiento para realizar dicho amarre:

1. Retire aproximadamente 5 cm de aislamiento de las puntas de los cables a unir.
2. Coloque las dos puntas de los cables a unir paralelas y lo más juntas posible.
3. Abra un alambre de una de las puntas de los cables y comience a enrollar con la ayuda de las pinzas.
4. Abra un alambre de la otra punta y comience a enrollar en el mismo sentido.
5. Continúe alternando los alambres de las dos puntas de los cables. Por último, suelde la unión.



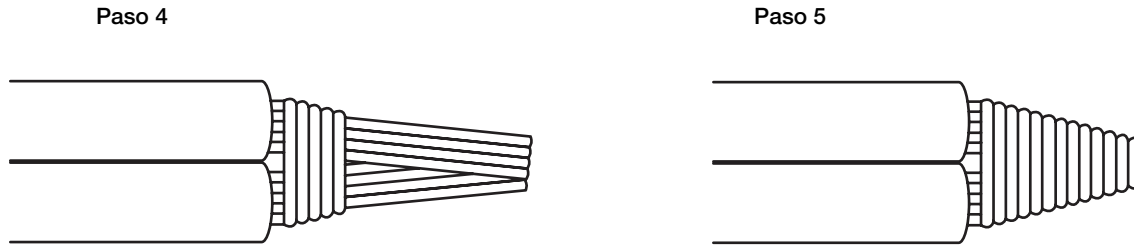


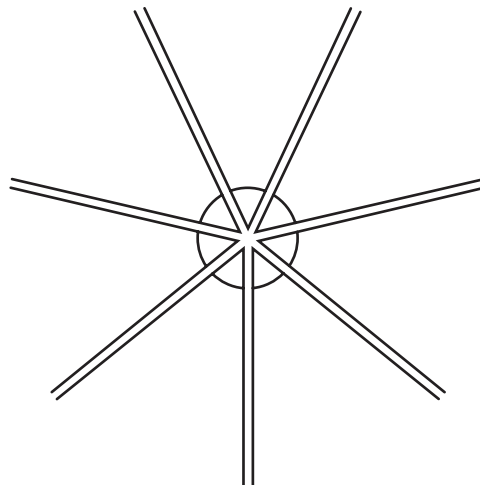
Figura 5.6. Amarre de cables paralelos.

Amarre de cables torcidos

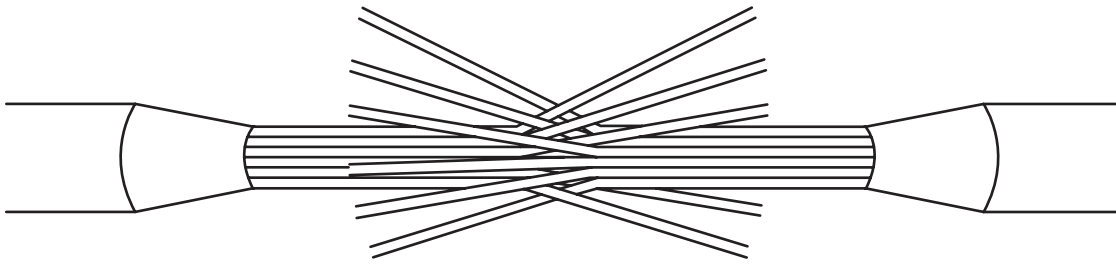
Este tipo de empalme se muestra en la figura 5.7. Se utiliza principalmente para prolongar cables gruesos que van a estar sujetos a esfuerzos de tensión. Para su correcta elaboración, realice los siguientes pasos:

1. Retire aproximadamente de 8 a 10 cm de aislamiento de las puntas de los cables a unir.
2. Con un alambre delgado, realice un atado en forma de anillo de aproximadamente 3 cm del aislamiento de cada una de las puntas y con las pinzas apriételes.
3. Abra los alambres del cable tomando como punto de partida el anillo, enderece y limpie cada alambre.
4. De cada uno de los cables corte el alambre central a la altura de donde realizó la atadura del anillo.
5. Retire el anillo de una de las puntas de los cables y coloque ésta de frente a la otra punta, entrelazando los hilos que quedaron abiertos.
6. Comience a enrollar los alambres de la punta del cable atado, en sentido contrario al trenzado del cable al que le quitó la atadura o anillo.
7. Quite el anillo de la otra punta y comience a enrollar los hilos del otro lado, continúe enrollando hasta que no queden puntas sueltas.
8. Con la ayuda de las pinzas, apriete las vueltas o espiras y corte los extremos sobrantes. Por último, suelde la unión y aíslala.

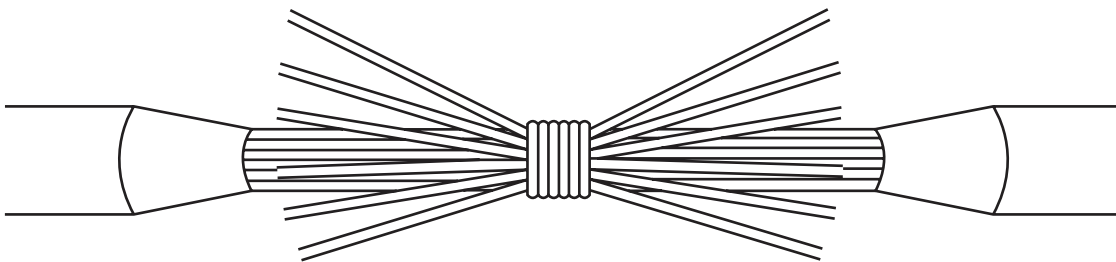
Pasos 1, 2, 3 y 4



Paso 5



Pasos 6 y 7



Paso 8



Figura 5.7. Amarre de cables torcidos.

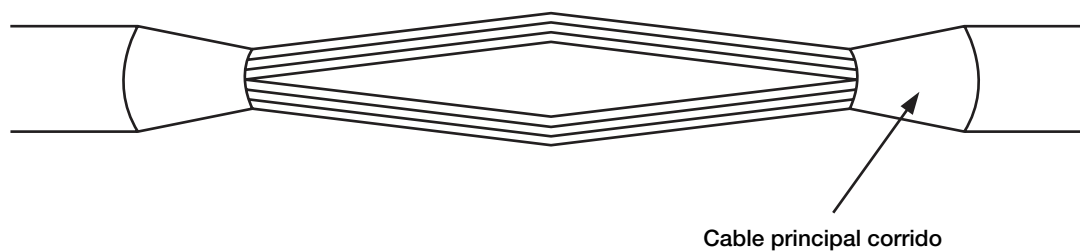
Amarre de cables en “T” o de derivación múltiple

Este amarre se emplea para realizar uniones entre una punta de un cable de derivación a otro que corre de manera continua. En la figura 5.8 se presenta el procedimiento para este tipo de amarre.

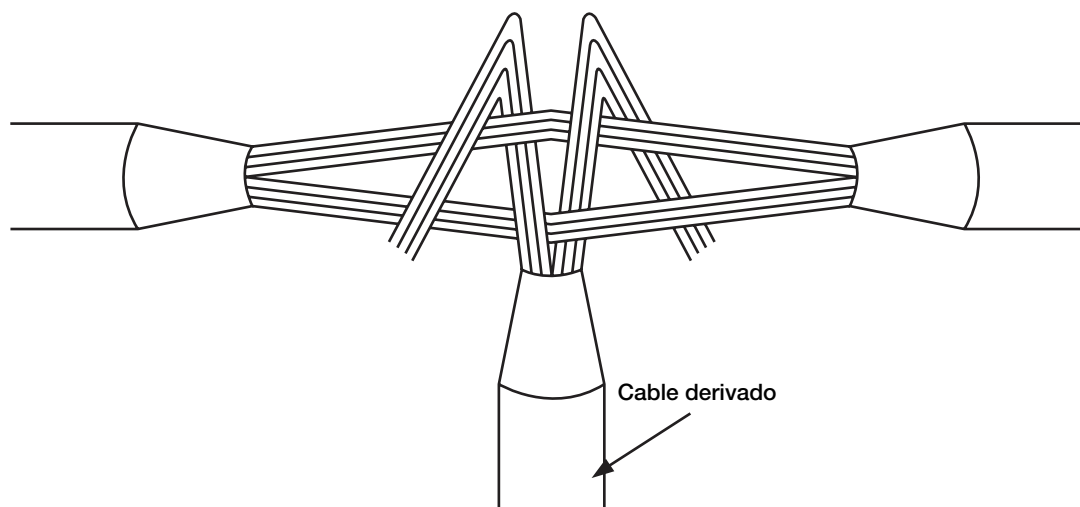
1. Retire aproximadamente de 3 a 5 cm del aislamiento del cable principal que corre; con una lija limpie el tramo desnudo.
2. Con la ayuda de las pinzas, abra el cable principal, girándolo en sentido contrario al trenzado de los alambres.
3. Introduzca el desarmador o las pinzas en medio de los alambres separándolos en dos partes y formando una “V”, para que en la abertura entre la punta del cable derivado.
4. Retire aproximadamente de 3 a 5 cm del aislamiento de la punta del cable a unir, límpielo y enderece los alambres.
5. Corte el alambre central del cable que va a unir, a partir de donde comienza el aislamiento.
6. Meta los alambres del cable a unir en la abertura del cable corrido y separe en dos partes iguales los alambres.
7. Comience a enrollar una de las partes de los alambres del cable a unir sobre el cable principal en sentido contrario al trenzado.
8. Enrolle la otra parte de los alambres del cable a unir en sentido contrario a la parte anterior y con la

ayuda de las pinzas apriete las espiras o vueltas.

Pasos 1, 2 y 3



Pasos 4, 5 y 6



Paso 7 y 8

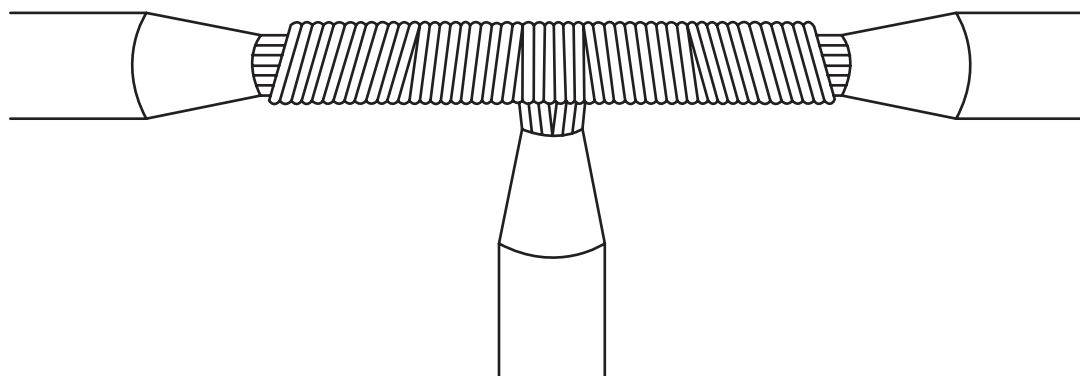


Figura 5.8. Amarre de cables en “T” o de derivación.

SOLDAR Y ENCINTAR EMPALMES

De acuerdo con la sección 110-14, inciso b), de la NOM-001-SEDE-2005, los conductores deben empalmarse con dispositivos adecuados según su uso o con soldadura de bronce, soldadura al arco o soldadura con un metal de aleación capaz de fundirse. Los empalmes soldados deben unirse primero, de forma que aseguren, antes de soldarse, una conexión firme, tanto mecánica como eléctrica. Los empalmes, uniones y extremos libres de los conductores deben cubrirse con un aislamiento equivalente al de los conductores o con un dispositivo aislante adecuado.

Se recomienda primero comenzar a soldar conexiones de alambres y posteriormente conexiones de cables para adquirir habilidad en el proceso de soldado.

Para recubrir los empalmes o uniones de los conductores, utilizamos cintas de aislar. De acuerdo con su uso, las podemos clasificar en tres tipos:

Cintas de plástico

Existe una gran variedad de este tipo de cintas, su diferencia estriba en la calidad, marca y precio.

Su principal característica es que tienen gran poder aislante, además de que no hacen mucho bulto porque son muy delgadas. Debido a estas características, son las más usadas en la práctica.

Cintas de hule

Este tipo de cintas se utilizan principalmente cuando se va a realizar la instalación de los cables en lugares donde la presencia de humedad es alta. Tienen la ventaja de que, cuando se aplican y se estiran, se adhieren o vulcanizan una capa con respecto a la otra, impidiendo así que penetre la humedad.

Cintas de tela o de fricción

Esta es la cinta de tela impregnada con creosota; su uso está limitado a empalmes sencillos, los cuales no van a estar expuestos a la intemperie, a la humedad o a esfuerzos de tensión excesivos.

ELABORACIÓN DE TERMINALES

La parte importante de un sistema de alambrado son las conexiones. El 80% de los problemas en un sistema de alambrado radica en conexiones mal elaboradas, ya que las conexiones del conductor al equipo o aparato representan puntos calientes por alta resistencia eléctrica, lo que significa un problema para el ahorro de energía y para la seguridad contra incendios. Esto sin considerar el daño al aislamiento de cables y equipos.

Cómo hacer conexiones

1. Enrollar la parte desnuda del conductor dos tercios o tres cuartos de la distancia alrededor del poste del tornillo, como se muestra en la figura 5.9. La vuelta se hace de tal forma que, al girar el tornillo para apretar, ésta tienda a cerrarse más, en lugar de abrir.
2. Apretar el tornillo hasta que el alambre esté en estrecho contacto con la parte inferior de la cabeza

del tornillo y el plato de contacto, como muestra la figura 5.10.

3. Apretar el tornillo media vuelta adicional para asegurar una conexión firme (véase figura 5.11).
4. Las figuras 5.12 a 5.14 muestran las maneras incorrectas de efectuar conexiones.

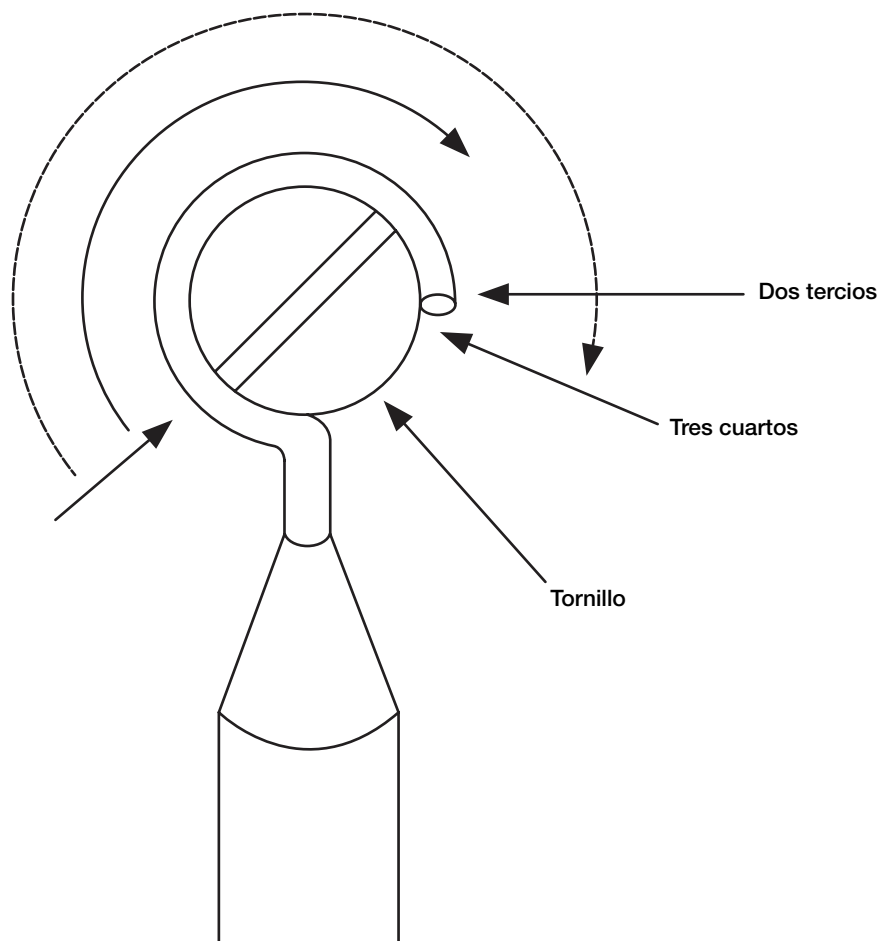


Figura 5.9. Conexión correcta.

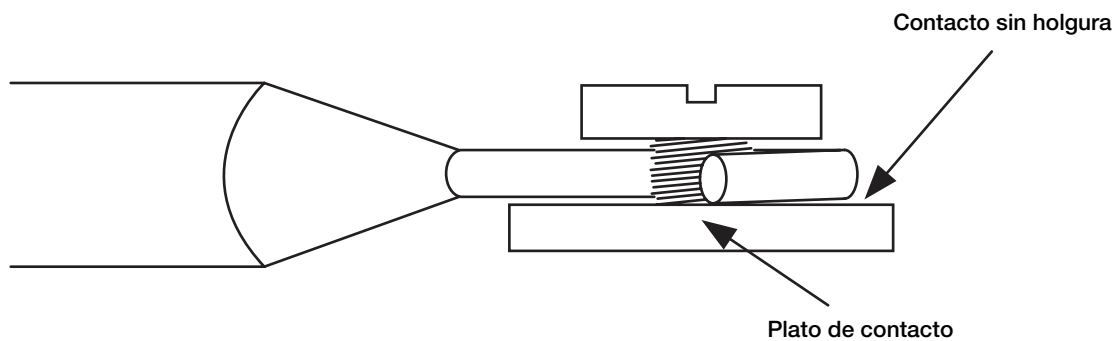


Figura 5.10. Apriete del tornillo.

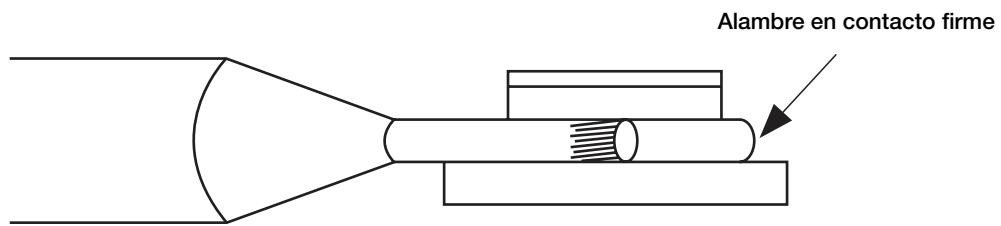


Figura 5.11. Apriete adicional del tornillo.

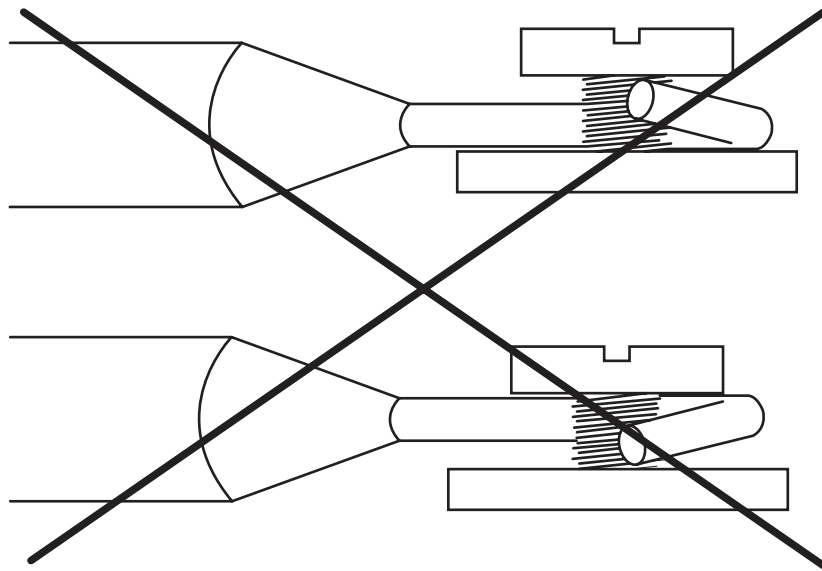


Figura 5.12. Fuerza de apriete incorrecta.

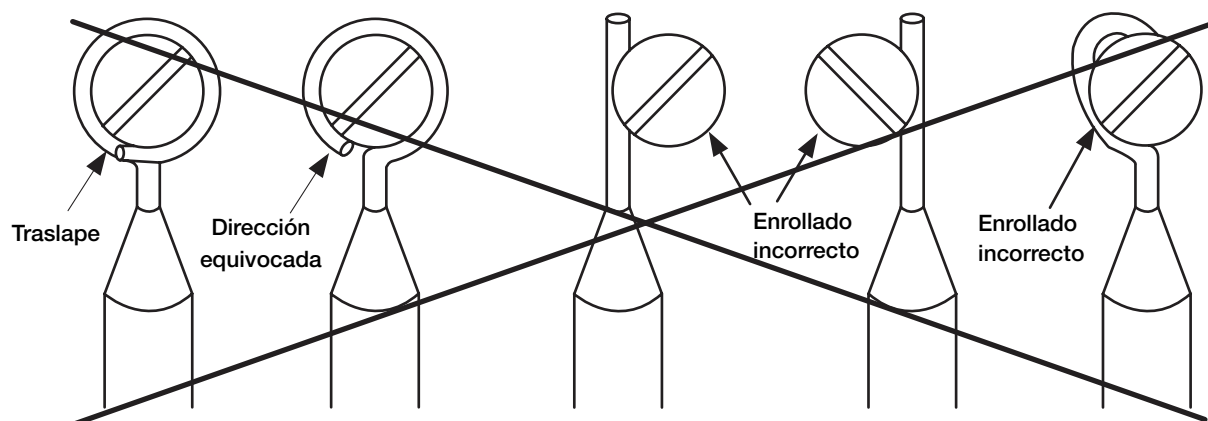


Figura 5.13. Diferentes tipos de conexiones incorrectas.
Media vuelta

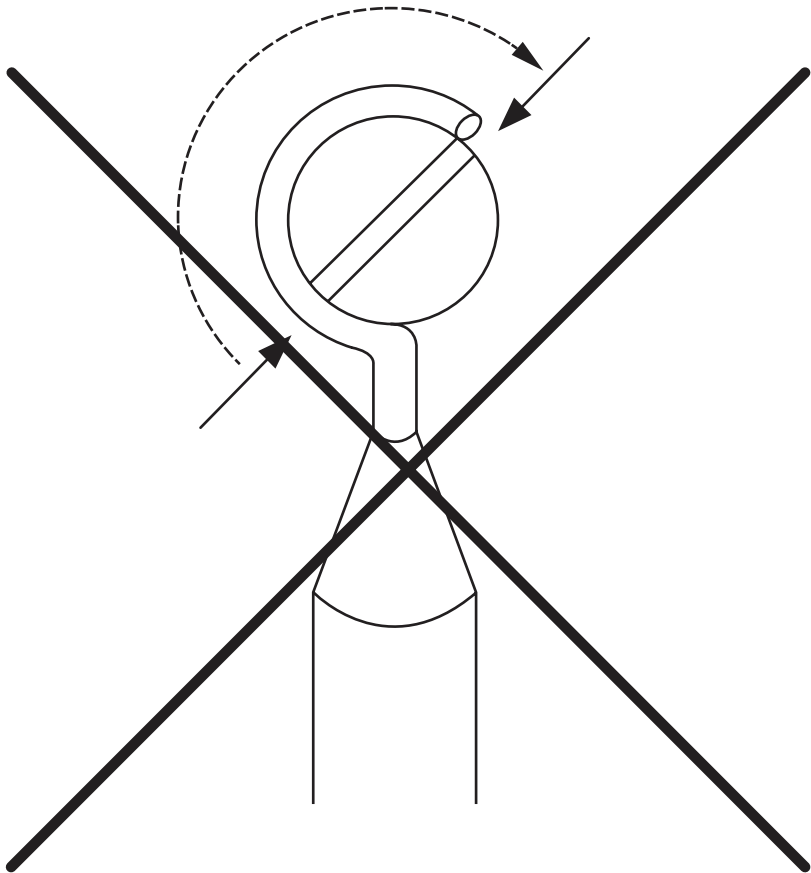


Figura 5.14. Conexión con menos de dos tercios de vuelta.



- 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.
- HARMAN, Thomas L. y Charles E. Allen, *Guide to the National Electrical Code*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632, U.S.A., 1987.
- *Instalaciones eléctricas básicas. Mantenimiento y reparación*, Colección Black & Decker para el arreglo de la casa, 1ª edición, Black & Decker, Editorial Limusa, Noriega Editores, México, D.F., 1994.
- LESUR, Luis, *Una guía paso a paso. Manual de instalaciones eléctricas*, Colección Cómo Hacer Bien y Fácilmente, 1ª edición, 5ª reimpresión. Editorial Trillas, México, D.F., 1999.
- 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 1999 (NEC), *National Fire Protection Association*, Inc., One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269, U.S.A., 1998.
- NATIONAL ELECTRICAL CODE 2005 (NEC), *National Fire Protection Association*, Inc., One Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts 02169-7471.
- RICHTER, Herbert P. y W. Creighton Schwan, *Practical electrical wiring based on the 1984 National Electrical Code*, 13ª edición, Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A., 1984.
- *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización)*, Secretaría de Energía, México.
- *Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida*.



Introducción	5
CAPÍTULO I	
Conceptos básicos de la electricidad	7
ELECTRICIDAD	7
ORIGEN DE LA ELECTRICIDAD	7
Átomo	7
<i>Estructura interna de los metales</i>	6
<i>Estructura de los no metales</i>	10
Cargas eléctricas	11
<i>Electricidad estática</i>	11
<i>Qué es una descarga eléctrica</i>	11
<i>Comportamiento de los cuerpos cargados</i>	12
<i>Cargas inducidas en cuerpos neutros</i>	13
<i>Medidas de las cargas</i>	14
Corriente eléctrica y campos magnéticos asociados	14
<i>Carga y FEM</i>	14
<i>Electricidad y magnetismo</i>	16
Conductores, semiconductores y aislamientos	17
<i>Conductores</i>	17
<i>Aisladores</i>	18
<i>Semiconductores</i>	19
PARÁMETROS ELÉCTRICOS, DEFINICIÓN, ANALOGÍAS Y UNIDADES	19
Voltaje	19
Corriente directa y corriente alterna	19
<i>Corriente directa</i>	20
<i>La corriente directa nunca cambia de dirección</i>	20
<i>Corriente alterna</i>	20
<i>Corriente directa vs. corriente alterna</i>	21
<i>Inducción electromagnética</i>	21
<i>Onda sinusoidal de ca</i>	22
Resistencia	23
<i>Factores que afectan la resistencia</i>	24
<i>Medida de la resistencia</i>	25
<i>Resistencia de un conductor eléctrico</i>	26

Relación entre voltaje, corriente y resistencia. Ley de Ohm	27
<i>Ley de Ohm</i>	29
<i>Ejercicios prácticos</i>	30
Potencia, pérdidas de energía y energía	31
<i>Potencia</i>	31
<i>Ejercicios prácticos</i>	33
<i>Pérdidas de energía</i>	34
<i>Relación entre voltaje, corriente, resistencia y potencia</i>	35
<i>Energía</i>	36

CAPÍTULO 2

Conceptos básicos de circuitos eléctricos 37

EL CIRCUITO ELÉCTRICO	37
LEYES DE KIRCHOFF DE CONSERVACIÓN DE LA CORRIENTE Y TENSIÓN EN CIRCUITOS	40
Primera Ley o de conservación de la corriente	40
Segunda Ley o de conservación de la tensión	41
CÁLCULO DE TENSIONES Y CORRIENTES EN CIRCUITOS	42
Circuitos en serie	42
Circuitos en paralelo	43
Equivalentes de resistencias en serie y en paralelo	45
CIRCUITOS MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS	48
SOBRECORRIENTES	51
Sobrecargas	52
Cortocircuitos	52
Fallas a tierra	53
IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES POR MEDIO DE COLORES	56
CIRCUITOS ALIMENTADORES Y DERIVADOS	58
GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	59
POTENCIA REAL Y POTENCIA APARENTE EN CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA	60

CAPÍTULO 3

Componentes de las instalaciones eléctricas 62

CONDUCTORES ELÉCTRICOS	62
Conductor eléctrico	63
Proceso de fabricación y pruebas de aseguramiento de la calidad	68
Problemas ocasionados por conductores de mala calidad	68
Aislamiento de los conductores eléctricos	70
Presentación de productos, características y aplicaciones	72
Línea de productos	72
<i>Cordón dúplex flexible tipo SPT 60 °C, 300 V.</i>	73
<i>Alambres y cables Vinanel XXI RoHS^{SM.R.} tipo THW-LS/THHW-LS</i>	
<i>90 °C, 600 V CT-SR</i>	75
<i>Cable multiconductor Vinanel XXI^{TM.R.} tipo THW-LS/THHW-LS</i>	
<i>90 °C, 600 V CT-SR</i>	80

<i>Alambres y cables Vinanel^{M.R.} Nylon RoHS tipo THHN/THWN</i>	
90 °C, 600 V CT-SR	82
<i>Cables Vulcanel^{M.R.} XLP tipo XHHW-2 LS CT-SR, RoHS 90 °C, 600 V ..</i>	88
<i>Cables Vulcanel^{M.R.} XLP tipo RHH/RHW 90 °C, 600 V</i>	90
<i>Cables Vulcanel^{M.R.} EP-CPE tipo RHH/RHW 90 °C, 600 V</i>	92
<i>Cordones Flexanel^{M.R.} uso rudo tipo SJT 60 °C, 300 V RoHS</i>	94
<i>Cordones Flexanel^{M.R.} uso extra-rudo tipo ST 60 °C, 600 V RoHS</i>	96
<i>Cordones uso rudo tipo SJO 90 °C, 300 V</i>	98
<i>Cordones uso extra-rudo tipo SO 90 °C, 600 V</i>	100
INTERRUPTORES	101
Conceptos básicos sobre interruptores	102
Clasificación general	103
FUSIBLES	108
Características de los fusibles	108
Desventajas en el uso de fusibles	108
Clasificación de los fusibles de baja tensión	109
Construcción de fusibles	110
Condiciones de operación	111
Comportamiento del fusible en circuitos de corriente alterna	111
LÁMPARAS	112
Generalidades	112
Lámparas fluorescentes	112
Lámparas incandescentes	116
CENTROS DE CARGAS Y TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	117
Antecedentes y conceptos básicos	117
CONTACTOS Y APAGADORES	119
Apagadores	119
Accesibilidad de los apagadores	119
Montaje de los apagadores	120
Contactos	120
CANALIZACIONES	122
Tubos (conduit) metálicos	122
Tubo (conduit) no metálico	123
Ductos metálicos	124
Bus ducto (electroducto)	124
Cajas y accesorios para canalización con tubo	125
Ductos metálicos con tapa	125
Charolas para cables	126
SIMBOLOGÍA E INTERPRETACIÓN DE PLANOS	133
Símbolos en instalaciones eléctricas	133
Planos eléctricos	135
Principios del alambrado eléctrico	136
Los dibujos o planos para la instalación eléctrica	136
Elaboración de los diagramas de alambrado	137
Detalles del alambrado y diagrama de conexión	137

CAPÍTULO 4

Normatividad y diseño 139

IMPORTANCIA DE LA NORMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS NOM-001-SEDE-2005	139
VISTA GENERAL DE LA NORMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS NOM-001-SEDE-2005	144
DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	148
Planos de obra civil	149
Determinación de las cargas	149
<i>Patio frontal, área AO1</i>	150
<i>Cochera, área AO2</i>	150
<i>Pasillo 1 y cuarto de lavado, área AO3</i>	150
<i>Baño común, área AO4</i>	150
<i>Guardarropas 1 y 2, áreas AO5 y AO6</i>	151
<i>Recámaras 1 y 2, áreas AO7 y AO8</i>	151
<i>Guardarropa 3, áreas AO9</i>	151
<i>Pasillo 2, área AO10</i>	151
<i>Recámara principal, área AO11</i>	151
<i>Guardarropa principal, área AO12</i>	151
<i>Baño principal, AO13</i>	151
<i>Sala de descanso, área AO14</i>	152
<i>Comedor, área AO15</i>	152
<i>Cocina, área AO16</i>	152
<i>Patio de servicio, área AO17</i>	152
Cálculo de corriente por carga o salida	152
<i>Motores</i>	152
<i>Salidas incandescentes</i>	152
<i>Contactos o receptáculos de uso general</i>	154
<i>Contactos o receptáculos para pequeños aparatos eléctricos</i>	154
<i>Contacto para lavadora</i>	154
<i>Contacto para horno de microondas</i>	154
Determinación de las cargas totales	158
<i>Circuitos de alumbrado general</i>	158
<i>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</i> ...	162
<i>Circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda</i>	162
<i>Circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda</i>	163
Diseño de los circuitos derivados de la instalación y sus protecciones	163
<i>Circuitos derivados de alumbrado general</i>	165
<i>Circuitos derivados 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</i>	167
<i>Circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda</i>	170
<i>Circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda</i>	171
Diseño del circuito alimentador de la instalación y su protección	173

Alambrado y canalizaciones	177
Selección de cables de circuitos derivados y alimentador	178
<i>Selección de calibre de los conductores que transportan corriente</i>	178
<i>Determinación del tamaño del conductor con base en la capacidad de</i> <i>conducción de corriente requerida</i>	179
<i>Determinación del tamaño del conductor con base en la caída de</i> <i>tensión máxima recomendada</i>	184
<i>Selección de calibre de los conductores de puesta a tierra de</i> <i>equipos o de tierra</i>	186
<i>Selección de calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra</i>	188
Electrodo de puesta a tierra	189
Selección de la tubería conduit	191
Selección de las salidas, cajas de jalado y de empalmes y cajas de paso	215

CAPÍTULO 5

Unión y conexión de los cables

AMARRES	270
Amarre Western Union	270
Amarre Cola de puerco	271
Amarre Dúplex	272
Amarre de alambres en “T” o de derivación ordinaria	272
Amarre de alambres en “T” o de derivación anudada	273
Amarre de cables paralelos	273
Amarre de cables torcidos	274
Amarre de cables en “T” o derivación múltiple	275
SOLDAR Y ENCINTAR EMPALMES	277
Cintas de plástico	277
Cintas de hule	277
Cintas de tela o de fricción	277
ELABORACIÓN DE TERMINALES	277
Cómo hacer conexiones	277

Bibliografía

Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión
se terminó de imprimir en la Ciudad de México durante
el mes de junio de 2009, en los talleres de GP Impresores.
La edición consta de 2,000 ejemplares más sobrantes
para reposición y estuvo al cuidado de
la Gerencia Técnica Comercial del
Sector Cables y la Gerencia General
de Mercadotecnia y Publicidad de
Grupo Condumex

Diseño: Soluciones de Comunicación, S.C.
www.sol-com.com



M.R.

CONDUMEX
CABLES