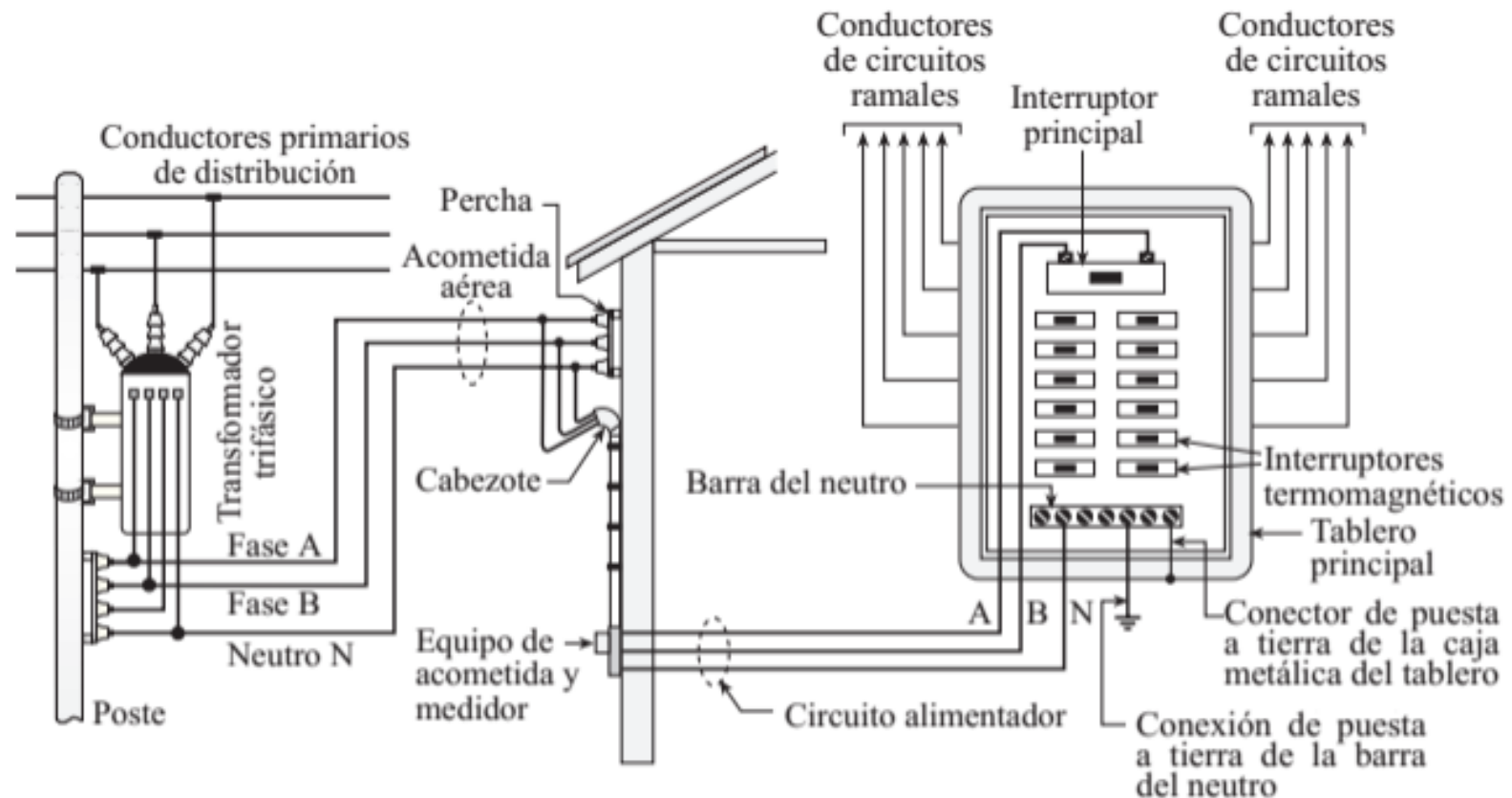


INSTALACIONES ELÉCTRICAS

RESIDENCIALES

Holger Cevallos U.

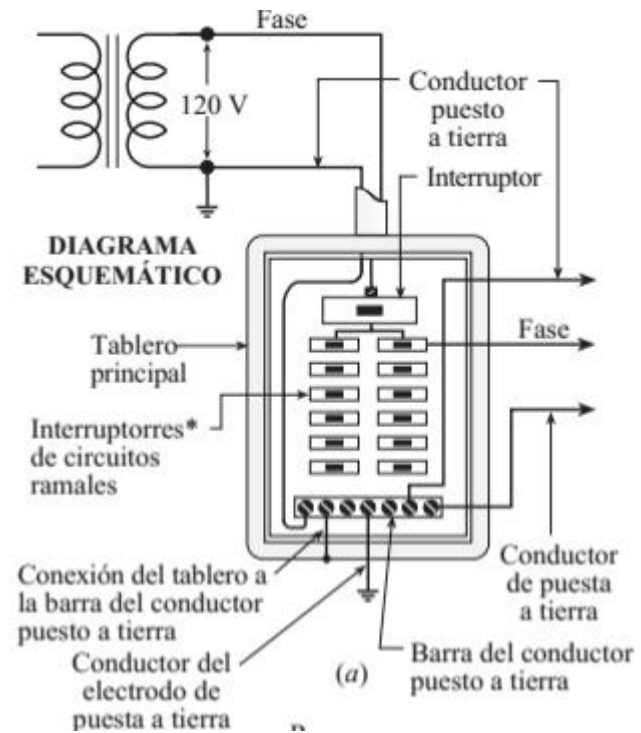
Elementos básicos de una instalación eléctrica



Requisitos básicos de una buena instalación eléctrica

- › Seguridad: minimizar los riesgos a las personas y bienes inmuebles. Los equipos:
 - Deben ser adecuados al uso que se les pretende dar.
 - Usar equipos de calidad.
 - Dimensionar apropiadamente los conductores y su protección.
 - › Manejar adecuadamente los equipos eléctricos.
 - Toda la instalación eléctrica debe tener una apropiada puesta a tierra.
- › Demanda.
- › Accesibilidad.
- › Flexibilidad
- › Economía.

Sistemas Eléctricos



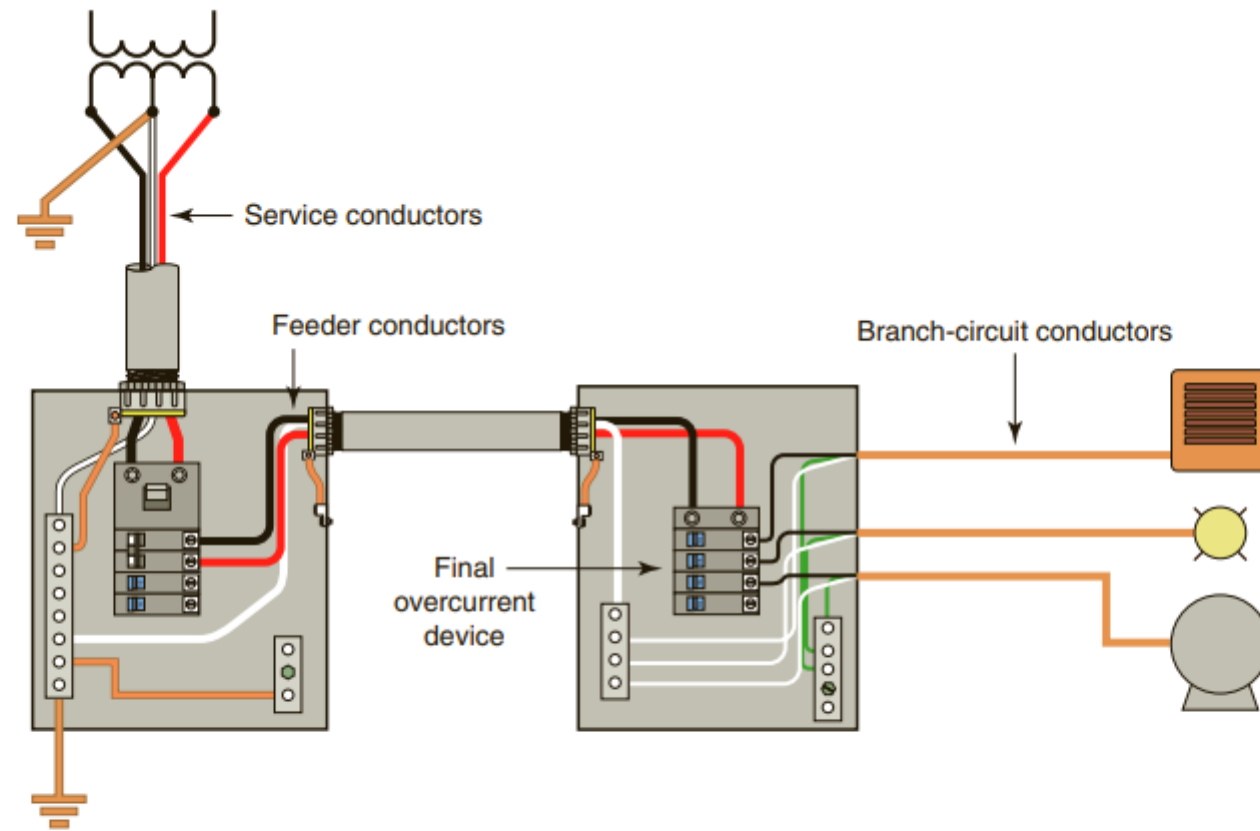
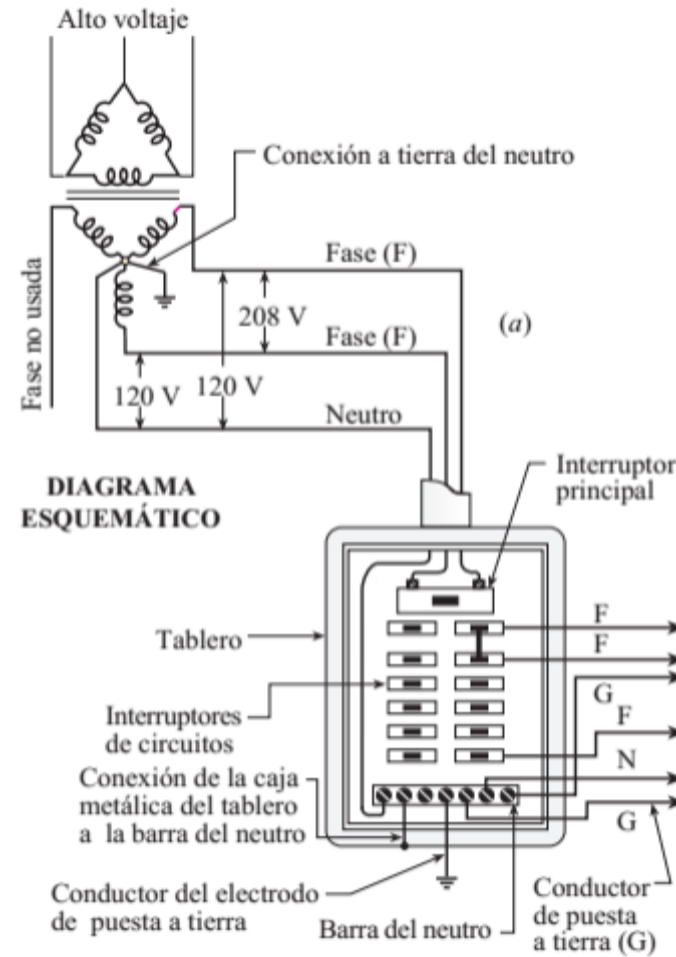
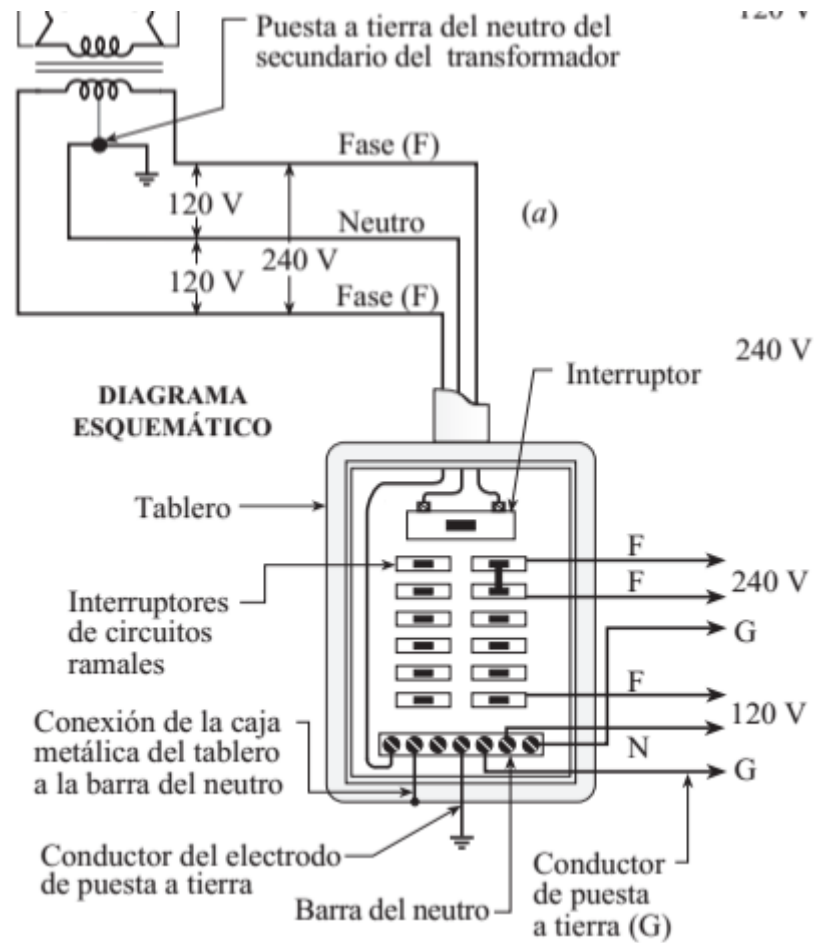


FIGURE 3-1 The branch circuit is that part of the wiring that runs from the final overcurrent device to the outlet. The rating of the overcurrent device, not the conductor size, determines the rating of the branch circuit. Feeder conductors are circuit conductors between service equipment and the final overcurrent device.

Sistemas Eléctricos



Sistemas Eléctricos



Sistemas Eléctricos

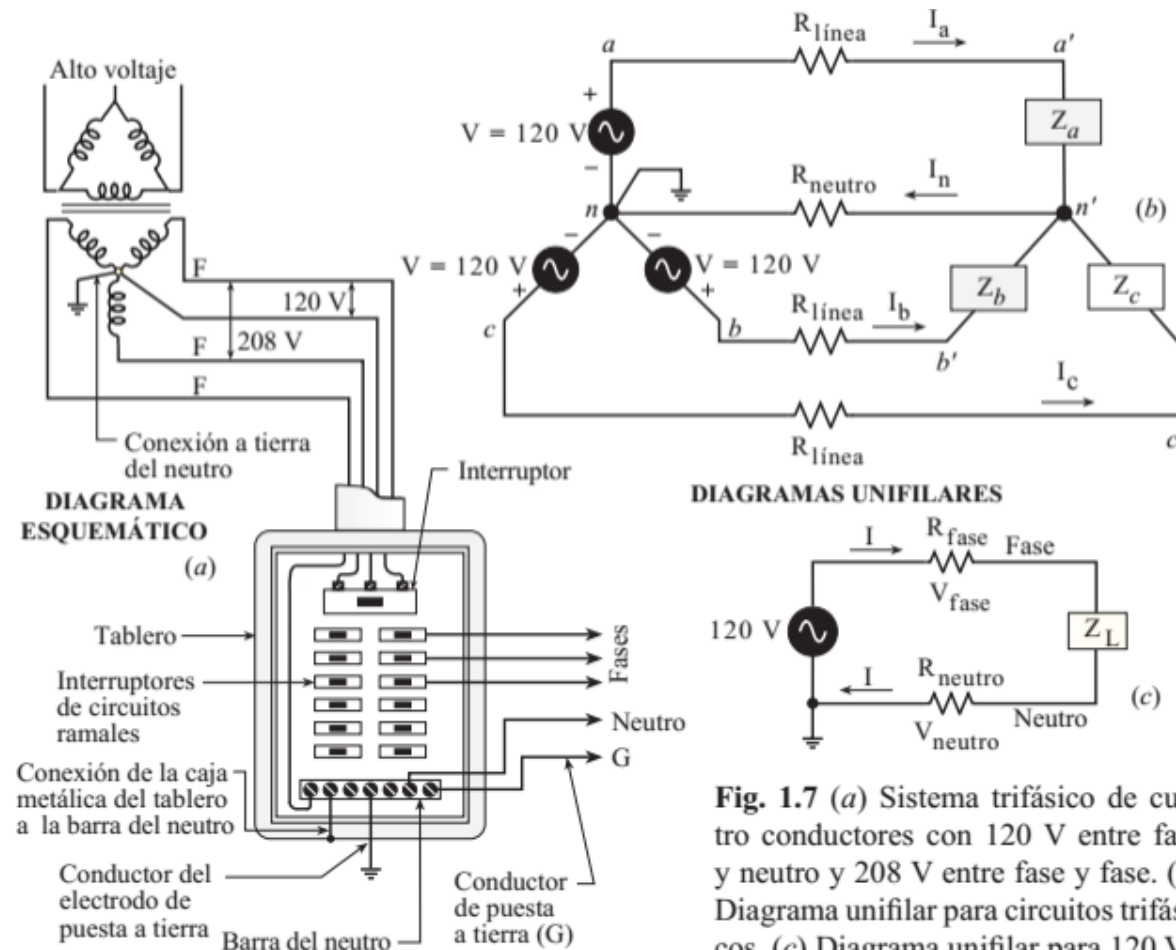
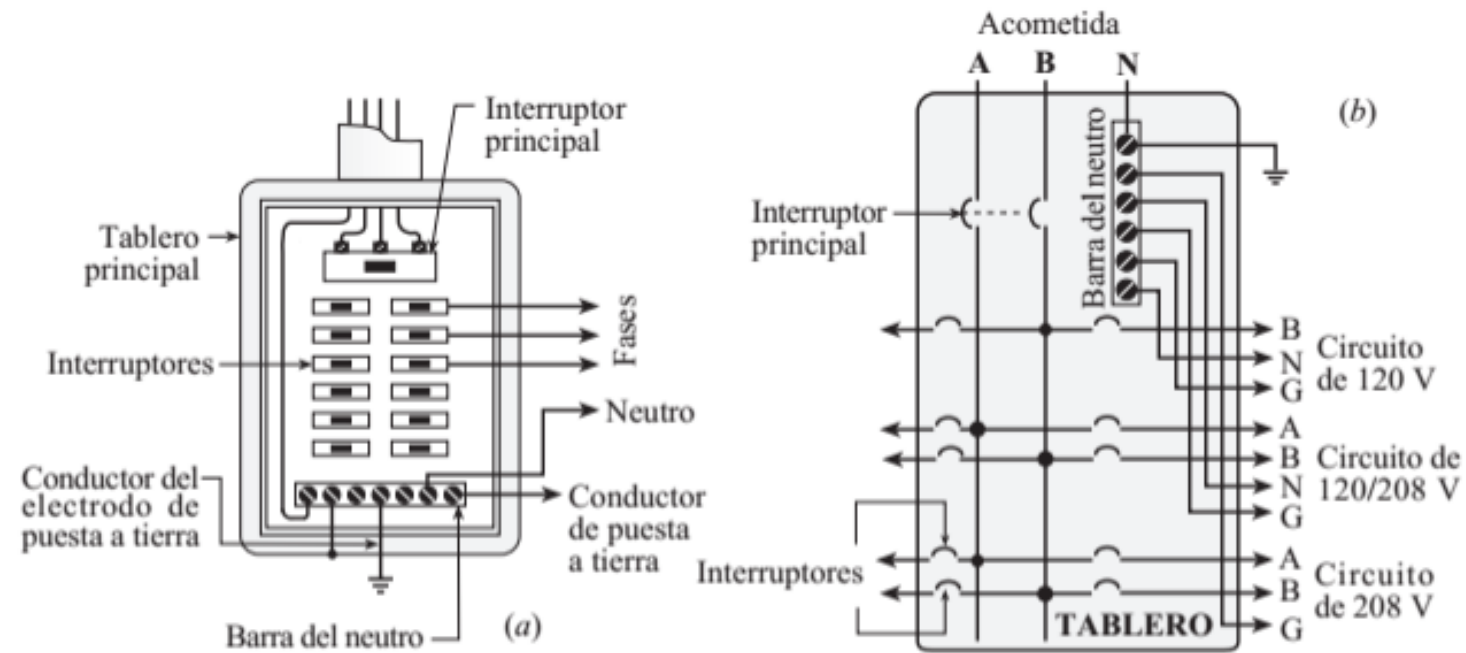


Fig. 1.7 (a) Sistema trifásico de cuatro conductores con 120 V entre fase y neutro y 208 V entre fase y fase. (b) Diagrama unifilar para circuitos trifásicos. (c) Diagrama unifilar para 120 V.

Sistemas Eléctricos



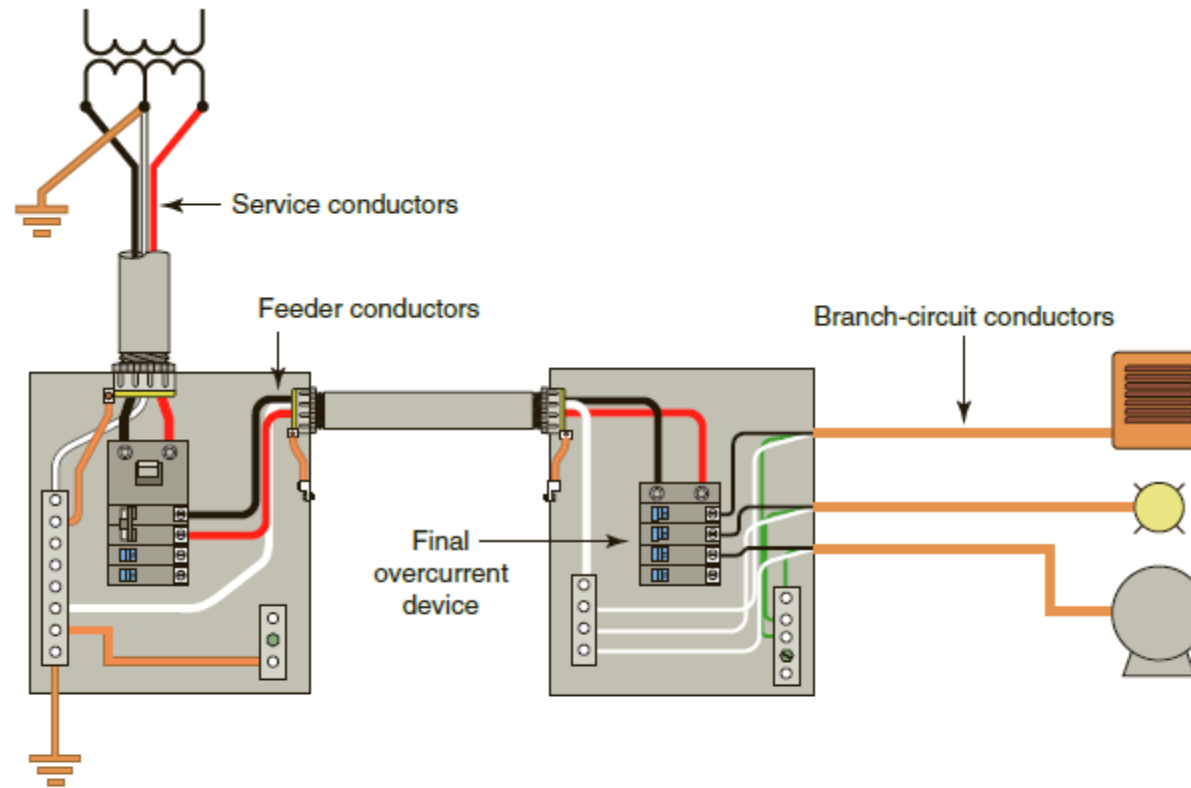
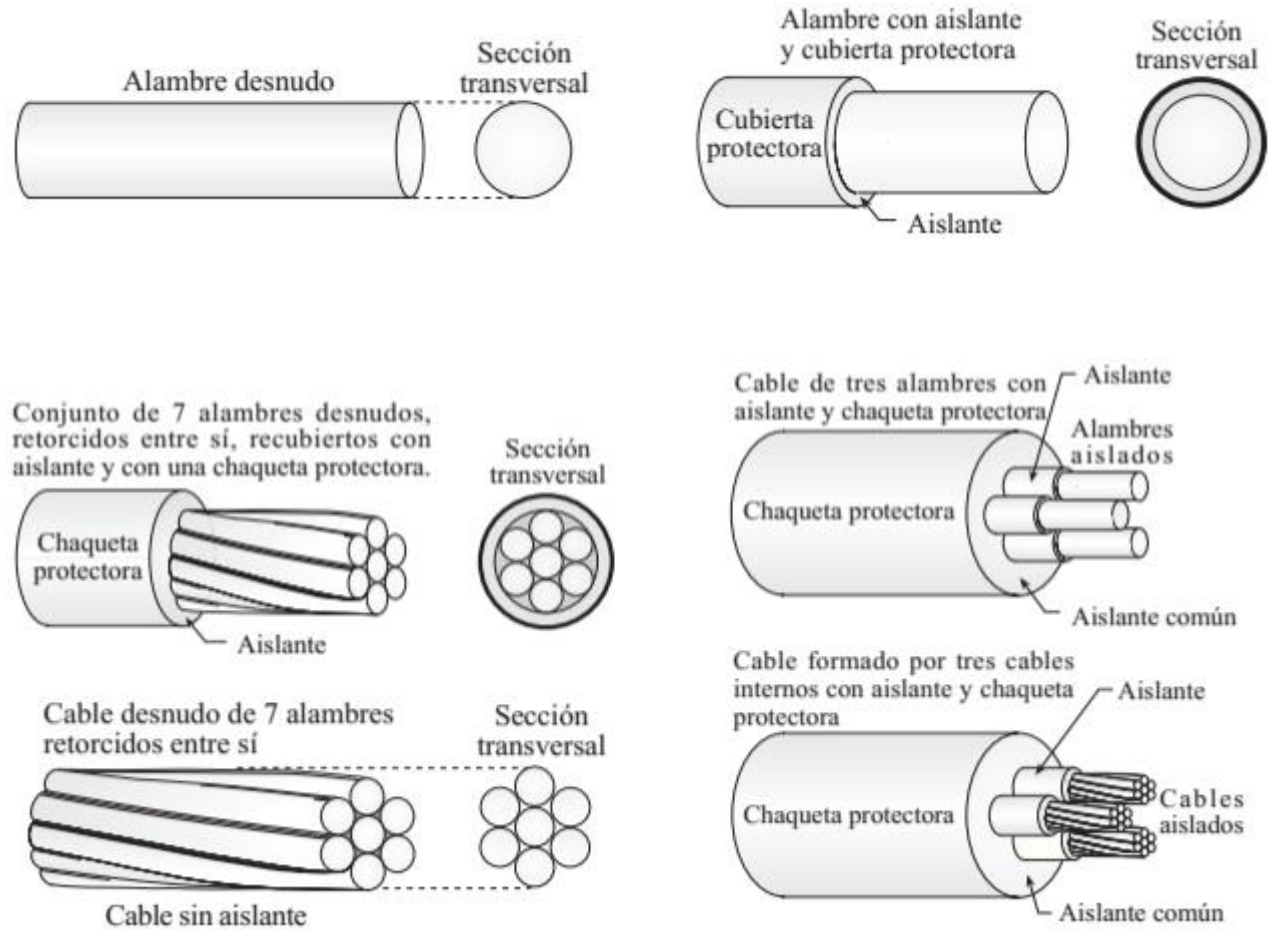


FIGURE 3-1 The branch circuit is that part of the wiring that runs from the final overcurrent device to the outlet. The rating of the overcurrent device, not the conductor size, determines the rating of the branch circuit. Feeder conductors are circuit conductors between service equipment and the final overcurrent device.

Piense Explique.....

- 1.1 ¿Cómo se obtiene la energía eléctrica?
- 1.2 ¿Cuáles son los posibles riesgos que se presentan con el uso de la energía eléctrica?
- 1.3 ¿Por qué es importante la seguridad en las instalaciones eléctricas?
- 1.4 Describa los elementos básicos de una instalación eléctrica.
- 1.5 ¿Cuáles elementos conforman la acometida en una instalación eléctrica residencial? ¿Qué es una acometida aérea? ¿Qué es una acometida subterránea?
- 1.6 Describa las funciones que tiene el tablero principal en una instalación eléctrica.
- 1.7 ¿Cuál es el papel de los transformadores en una instalación eléctrica residencial?
- 1.8 ¿Cuál es el papel del interruptor principal en una instalación residencial?
- 1.9 ¿Para qué se conectan a tierra la barra del neutro de la acometida y el tablero principal a la entrada de una edificación?
- 1.10 ¿Qué son circuitos ramales?
- 1.11 ¿Qué función desempeñan los interruptores de los circuitos ramales?
- 1.12 ¿Hasta dónde llega la responsabilidad del proveedor del servicio eléctrico en una edificación?
- 1.13 Investigue cuándo se usan transformadores monofásicos y trifásicos para suministrar energía eléctrica. ¿Es conveniente usar tres transformadores monofásicos o un solo transformador trifásico?
- 1.14 ¿En cuáles unidades se mide la energía eléctrica que llega a los hogares? ¿Qué instrumento se utiliza para medirla?

Conductores eléctricos



Conductores de Cobre vs conductores de Al

	Cobre	Aluminio
Resistividad ($\Omega\text{-mm}^2/\text{m}$)	0.017	0.028
Peso específico (g/cm^3)	8.9	2.7
Resistencia a la tracción (kg/mm^2)	55	40
Punto de fusión ($^{\circ}\text{C}$)	1083	660

Calibre de los Conductores

- › American Wire Gauge (AWG)
- › Kilo Circular Mil (kcmil, conocido originalmente como MCM)

Aislantes de los conductores

- › Tiene dos propósitos: (a) evitar contacto con otros conductores, tierra o demás objetos capaces de conducir la electricidad (incluso el cuerpo humano) y (b) proteger al conductor de daños por abrasión y esfuerzos desarrollados durante su almacenamiento o instalación.

Aislantes de los conductores

Tipo	T _{Máxima} (°C)	Aislamiento	Aplicaciones típicas
MI	90–250	Mineral	Sitios secos y empapados
RHH	90	Termoestable	Sitios secos y húmedos
RHW	75	Termosestable resistente a la humedad, retardante de la llama	Sitio secos y empapados
SA	90 – 200	Goma de silicón	Sitios secos y húmedos
THHN	90	Termoplástico resistente al calor, retardante de la llama. Chaqueta exterior de <i>nylon</i>	Sitios secos y húmedos
THHW	75 – 90	Termoplástico resistente al calor y a la humedad, retardante de la llama	Sitios secos y empapados
THW	75 – 90	Termoplástico resistente al calor y a la humedad, retardante de la llama	Sitio secos y empapados
THWN	75	Termoplástico resistente al calor, retardante de la llama. Chaqueta exterior de <i>nylon</i>	Sitio secos y empapados
TW	60	Termosestable resistente a la humedad, retardante de la llama	Sitio secos y empapados
UF	60 – 75	Resistente a la humedad y al calor	Instalaciones subterráneas
USE	75	Resistente a la humedad y al calor	Acometidas subterráneas
XHH	90	Termoestable resistente a la humedad y a la llama	Sitio secos y empapados
XHHW	75 – 90	Termoestable resistente a la humedad y a la llama	Sitio secos y empapados
XHHW-2	90	Termosestable resistente a la humedad, retardante de la llama	Sitio secos y empapados

Conductores eléctricos. Tipos de aislamiento.

Letra	Significado
T	Aislamiento termoplástico
N	Chaqueta de nylon
H	Temperatura hasta 70°C
HH	Temperatura hasta 90°C
W	Uso en sitios saturados de agua
U	Uso subterráneo enterrado directamente
UF	Cable subterráneo de alimentación
R	Cubierta aislante de goma
X	Polímero sintético termoestable
SE	Cable de acometida
USE	Cable subterráneo de acometida
A	Aislamiento de asbesto

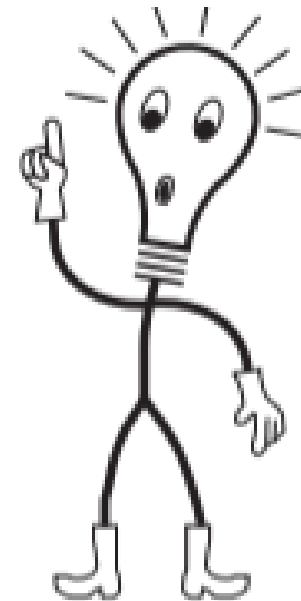
Significado de las letras usadas en la designación de conductores.

Tipo	T _{Máxima} (°C)	Aislamiento	Aplicaciones típicas
MI	90–250	Mineral	Sitios secos y empapados
RHH	90	Termoestable	Sitios secos y húmedos
RHW	75	Termoestable resistente a la humedad, retardante de la llama	Sitios secos y empapados
SA	90 – 200	Goma de silicón	Sitios secos y húmedos
THHN	90	Termoplástico resistente al calor, retardante de la llama. Chaqueta exterior de <i>nylon</i>	Sitios secos y húmedos
THHW	75 – 90	Termoplástico resistente al calor y a la humedad, retardante de la llama	Sitios secos y empapados
THW	75 – 90	Termoplástico resistente al calor y a la humedad, retardante de la llama	Sitios secos y empapados
THWN	75	Termoplástico resistente al calor, retardante de la llama. Chaqueta exterior de <i>nylon</i>	Sitios secos y empapados
TW	60	Termoestable resistente a la humedad, retardante de la llama	Sitios secos y empapados
UF	60 – 75	Resistente a la humedad y al calor	Instalaciones subterráneas
USE	75	Resistente a la humedad y al calor	Acometidas subterráneas
XHH	90	Termoestable resistente a la humedad y a la llama	Sitios secos y empapados
XHHW	75 – 90	Termoestable resistente a la humedad y a la llama	Sitios secos y empapados
XHHW-2	90	Termoestable resistente a la humedad, retardante de la llama	Sitios secos y empapados

Conductores eléctricos: sus principales usos y características.

Ampacidad

El calibre mínimo de los conductores usados en instalaciones eléctricas residenciales es el 14 AWG. Se permite el uso de calibres menores en los circuitos de control.



Ampacidad de un conductor

La ampacidad es la corriente, expresada en amperios, que un conductor puede soportar continuamente, en las condiciones en que se le usa, sin exceder su máxima temperatura de operación.

Ampacidad de conductores

Si la canalización contiene dos fases, un neutro y un conductor de puesta a tierra (que normalmente no transporta corriente), y la temperatura no supera 30°C, no hay que aplicar factores de corrección, ya que el número de portadores de corriente (n) es inferior a 4.



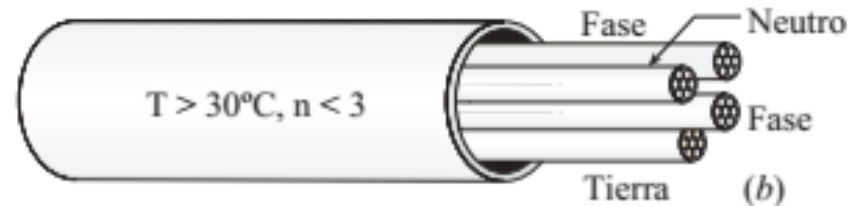
No se aplican factores de corrección

Si la canalización contiene tres fases y un neutro, todos portadores de corriente, y un conductor de puesta a tierra (que normalmente no transporta corriente), y la temperatura no supera 30°C, hay que aplicar el factor de corrección, debido a la presencia de más de tres conductores portadores de corriente (Tabla 2.13).



Se aplican factores de corrección por agrupamiento

Si la canalización contiene dos fases, un neutro y un conductor de tierra (que normalmente no transporta corriente), y la temperatura supera 30°C, hay que aplicar el factor de corrección debido al incremento de temperatura (Tabla 2.12).



Se aplican factores de corrección por temperatura

Si la canalización contiene tres fases y un neutro, todos portadores de corriente, y un conductor de puesta a tierra (que no transporta corriente), y la temperatura supera 30°C, hay que aplicar los factores de corrección debido a la presencia de más de tres conductores portadores de corriente (Tabla 2.13) y a una temperatura superior a 30°C (Tabla 2.12).

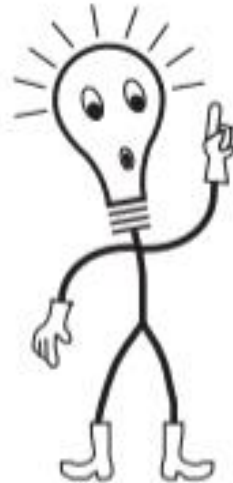


Se aplican factores de corrección por temperatura y por agrupamiento

PUNTOS A CONSIDERAR

1. Las temperaturas de 60°C, 75°C y 90°C están sujetas al tipo de aislante que se utilice.
2. La ampacidad del conductor depende de la temperatura ambiente y del número de conductores en la canalización.
3. La temperatura ambiente.
4. El material aislante que cubre o al conductor.
5. La presencia de conductores adyacentes, producen aumento en la temperatura circundante.
6. Terminales (terminaciones).

Una canalización (raceway) es un canal cerrado con paredes metálicas o no metálicas, diseñado para albergar conductores, cables y barras conductoras. Incluye, entre otros elementos, tubos metálicos rígidos y no rígidos, tubería metálica eléctrica (EMT), tubos metálicos flexibles y canales portacables.



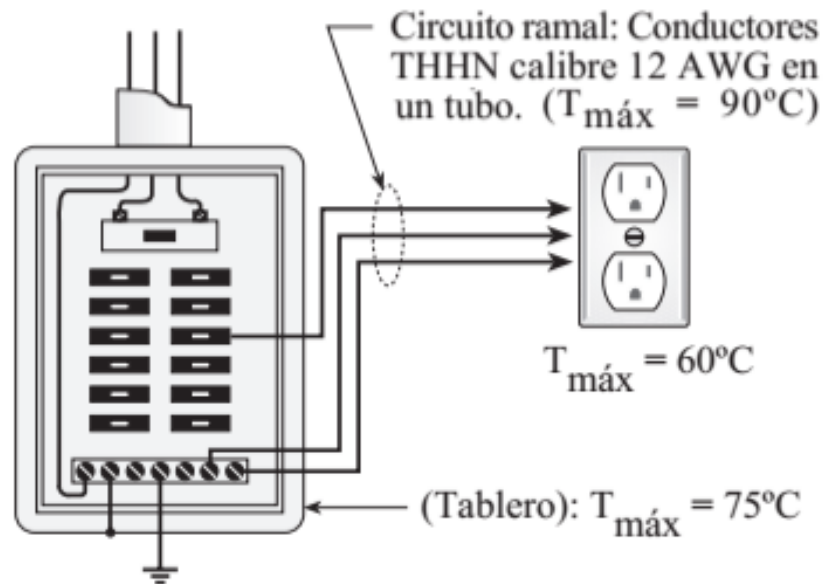
Cuando el número de conductores **portadores de corriente** en una canalización sea mayor que tres, o cuando conductores individuales o cables multi-conductores estén agrupados o empaquetados en una longitud de más de 600 mm, sin mantener separación, la ampacidad permitida debe ser reducida de acuerdo con la **Tabla**

Recuerda que las terminaciones pueden ser el punto más débil, en cuanto temperatura se refiere, en una instalación eléctrica y los cálculos se deben hacer de manera que no se supere el régimen de temperatura de las mismas.



Limitaciones térmicas adicionales de los conductores

En una instalación eléctrica, el régimen de temperatura asociado con la ampacidad de un conductor debe seleccionarse y coordinarse de modo que no supere el régimen mínimo de temperatura de cualquier terminación, conector o dispositivo conectado al circuito respectivo. Los conductores con régimen de temperatura superior a las especificadas para las terminaciones se podrán usar mediante ajuste o corrección de su corriente admisible, o ambas cosas.



Ningún conductor puede ser usado de manera tal que su temperatura exceda el límite de temperatura del material aislante que lo recubre. En ningún caso los conductores se pueden combinar de modo que, con respecto al tipo de circuito, método de cableado o número de conductores, se exceda el límite de temperatura de cualquier conductor envuelto en la canalización.

Protección de los conductores

Se permite el uso de interruptores de sobrecorriente de valor nominal inmediato superior a la ampacidad del conductor que protege, cuando se trate de interruptores de protección de valor estándar menor o igual que 800 amperios. *Los valores normalizados de corriente (en amperios) para fusibles e interruptores automáticos utilizados en las instalaciones eléctricas, son los que a continuación se mencionan:* 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000 y 5000.

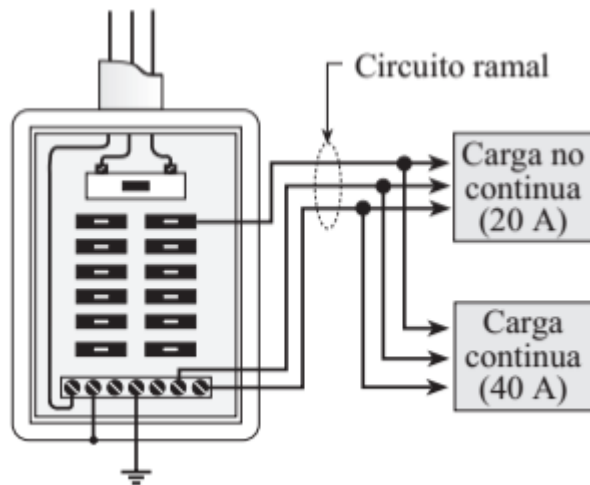
Calibre del conductor	Sobrecorriente máxima de protección
14 AWG	15 A
12 AWG	20 A
10 AWG	30 A

Calibres típicos residenciales

Calibre	Protección	Aplicaciones típicas
14 AWG	15 A	Circuitos ramales de luminarias y tomacorrientes de uso general.
12 AWG	20 A	Circuitos ramales de pequeños artefactos en sala de cocina, luminarias y tomacorrientes de uso general.
10 AWG	30 A	Secadoras de ropa, cocinas y hornos eléctricos, acondicionadores de aire, calentadores de agua.
8 AWG	40 A	Cocinas y hornos eléctricos, acondicionadores de aire, calentadores de agua.
6 AWG	50 A	Cocinas eléctricas, alimentadores de subtableros.
4 AWG	70 A	Cocinas eléctricas, alimentadores de subtableros.
≥ 3 AWG	100 A	Alimentadores de entrada al tablero principal, cocinas eléctricas de alto consumo.

Limitaciones de carga en conductores

1. Los conductores de los circuitos ramales tendrán una ampacidad no menor que la máxima carga a alimentar. Cuando un circuito ramal alimente a cargas continuas o a cualquier combinación de cargas continuas y no continuas, el calibre mínimo del conductor, antes de la aplicación de los factores de corrección, tendrá una ampacidad no menor que la carga no continua más 125% de la carga continua. La **Fig.** ilustra gráficamente esta restricción.



2. La corriente de carga no debe exceder la corriente de la clasificación del circuito ramal. Por ejemplo, si un circuito ramal es de 30 A, valor determinado por el dispositivo de protección contra sobrecorriente, la corriente de carga no debe ser mayor de 30 A.

3. Un circuito ramal individual puede alimentar a cualquier carga que pueda ser capaz de soportar. Los circuitos individuales se diseñan para alimentar a cargas específicas y, por tanto, los conductores del circuito ramal deben manejar la corriente de diseño. Como ejemplos de circuitos individuales podemos citar, entre otros, los correspondientes a calentadores de agua, cocinas y hornos eléctricos, unidades acondicionadoras de aire y motores.

Ejemplos

Determine el calibre del conductor de cobre THW y la capacidad del interruptor para una carga que trabaja continuamente y consume 45 A. Los terminales de la carga están diseñados para 75°C.

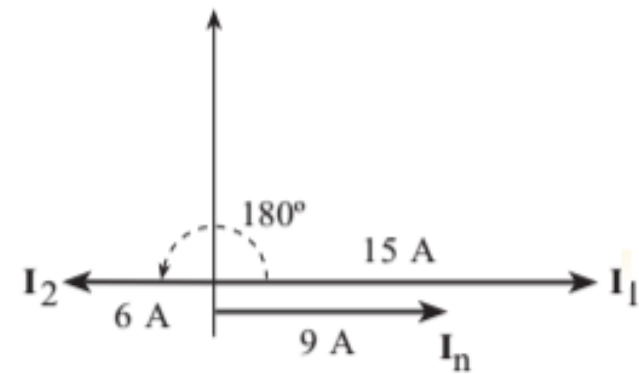
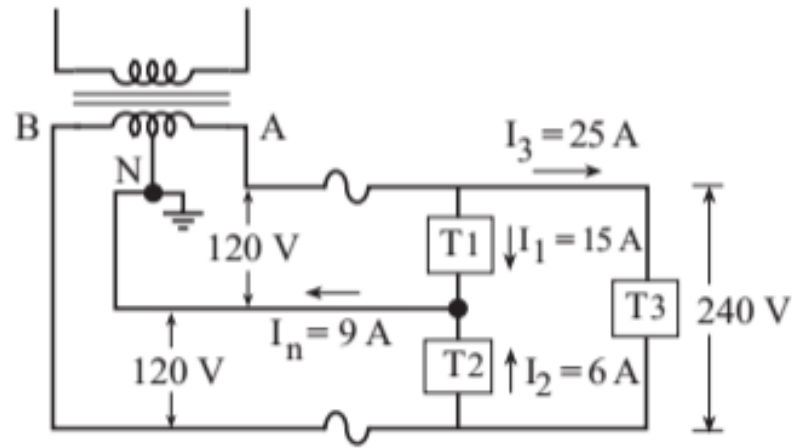
Solución

La corriente absorbida por la carga es de 45 A. Como se trata de una carga continua, lo señalado anteriormente nos indica que ese valor se debe multiplicar por 1.25, lo cual permite calcular la ampacidad del conductor:

$$45 \cdot 1.25 = 56.25 \text{ A}$$

El dispositivo de protección contra sobrecorriente será de 60 A y corresponde al valor estándar superior más cercano a la ampacidad calculada. Según la **Tabla** _____, se usará un conductor THW, calibre 6 AWG, que tiene una ampacidad de 65 A.

Calibre del conductor neutro



Efecto de las corrientes armónicas en el dimensionamiento del neutro

Cuando la corriente en un sistema es causada principalmente por cargas no lineales, como las derivadas de computadoras y luces fluorescentes, se debe seleccionar un calibre para el neutro de manera que, en el peor de los casos, pueda soportar una corriente de hasta 1.7 veces la corriente en las fases. Si el contenido de tercer armónico no supera el 15%, el conductor neutro puede tener el mismo calibre de las fases. Para un contenido de tercer armónico entre 15% y 33%, el calibre del neutro debe soportar 1.16 veces la corriente de fase; con un contenido de tercer armónico de 45%, el neutro debe ser capaz de soportar la corriente de fase, multiplicada por 1.35.

Efecto de las corrientes armónicas en el dimensionamiento del neutro

Armónica h	Corriente de fase		Corriente de neutro	
	A rms	A rms ²	A rms	A rms ²
1	1,201	1,442	0,000	0,000
3	0,977	0,955	2,931	8,591
5	0,620	0,384	0,000	0,000
7	0,264	0,070	0,000	0,000
9	0,068	0,005	0,204	0,042
11	0,114	0,013	0,000	0,000
13	0,089	0,008	0,000	0,000
15	0,029	0,001	0,087	0,008
17	0,042	0,002	0,000	0,000
19	0,044	0,002	0,000	0,000
21	0,019	0,000	0,057	0,003
23	0,020	0,000	0,000	0,000
total	1,698	2,882	2,940	8,643

Tamaño AWG o kcmil	Tubería de PVC	Tubería de aluminio	Tubería de acero
14	10.2	10.2	10.2
12	6.6	6.6	6.6
10	3.9	3.9	3.9
8	2.56	2.56	2.56
6	1.61	1.61	1.61
4	1.02	1.02	1.02
2	0.62	0.66	0.66
1	0.49	0.52	0.52
1/0	0.39	0.43	0.39
2/0	0.33	0.33	0.33
3/0	0.253	0.269	0.259
4/0	0.203	0.220	0.207
250	0.171	0.187	0.177
300	0.144	0.161	0.148
350	0.125	0.141	0.128
400	0.108	0.125	0.115
500	0.089	0.105	0.095
600	0.075	0.092	0.082
750	0.062	0.079	0.069
1000	0.049	0.062	0.059

Tabla 2.17 Resistencia (Ω/km) en corriente alterna para conductores de cobre a 600 V y 60 Hz a 75°C.

Efecto de las corrientes armónicas en el dimensionamiento de los conductores de fase

$$Y_s = \frac{X_s^4}{192 + 0.8X_s^4}$$

$$X_s^2 = \frac{8\pi f}{R'} * 10^{-4} K_s$$

donde:

f = frecuencia del sistema, Hz

R' = resistencia del conductor a la c.d. corregida a la temp. de operacion, ohm/Km

La resistencia del conductor incrementa con la frecuencia debido al efecto piel.

Una expresion conservadora para el factor de correccion (q) de corriente para cables

que transportan corrientes armonicas se deriva de añadir las perdidas $I^2 R$ producida por cada armonica

$$q = I_1^2 E_1 + I_2^2 + \dots I_n^2 E_n$$

donde I_1, I_2, \dots, I_n es la razon de la corriente armonica a la corriente de frecuencia fundamental

E_1, E_2, \dots, E_n es la razon de debida al efecto piel (resistencia efectiva del cable a la frecuencia armonica a la resistencia a la frecuencia fundamental.

Efecto de las corrientes armónicas en el dimensionamiento de los conductores de fase

Determine el factor q requerido para un cable (60Hz) que transporta una carga no lineal con las siguientes características armónicas.

Amps.				R'	0.1966ohm/Km	60Hz
I1	190	I(1)	1	R(60)	0.1972ohm/Km	
I5	50	I(5)	0.263158	R(300)	0.2115ohm/Km	
I7	40	I(7)	0.210526	R(420)	0.2254ohm/Km	
I11	15	I(11)	0.078947	R(660)	0.2655ohm/Km	
I13	10	I(13)	0.052632	R(780)	0.2907ohm/Km	

$$q = 1.137409$$

Caída de voltaje en los conductores

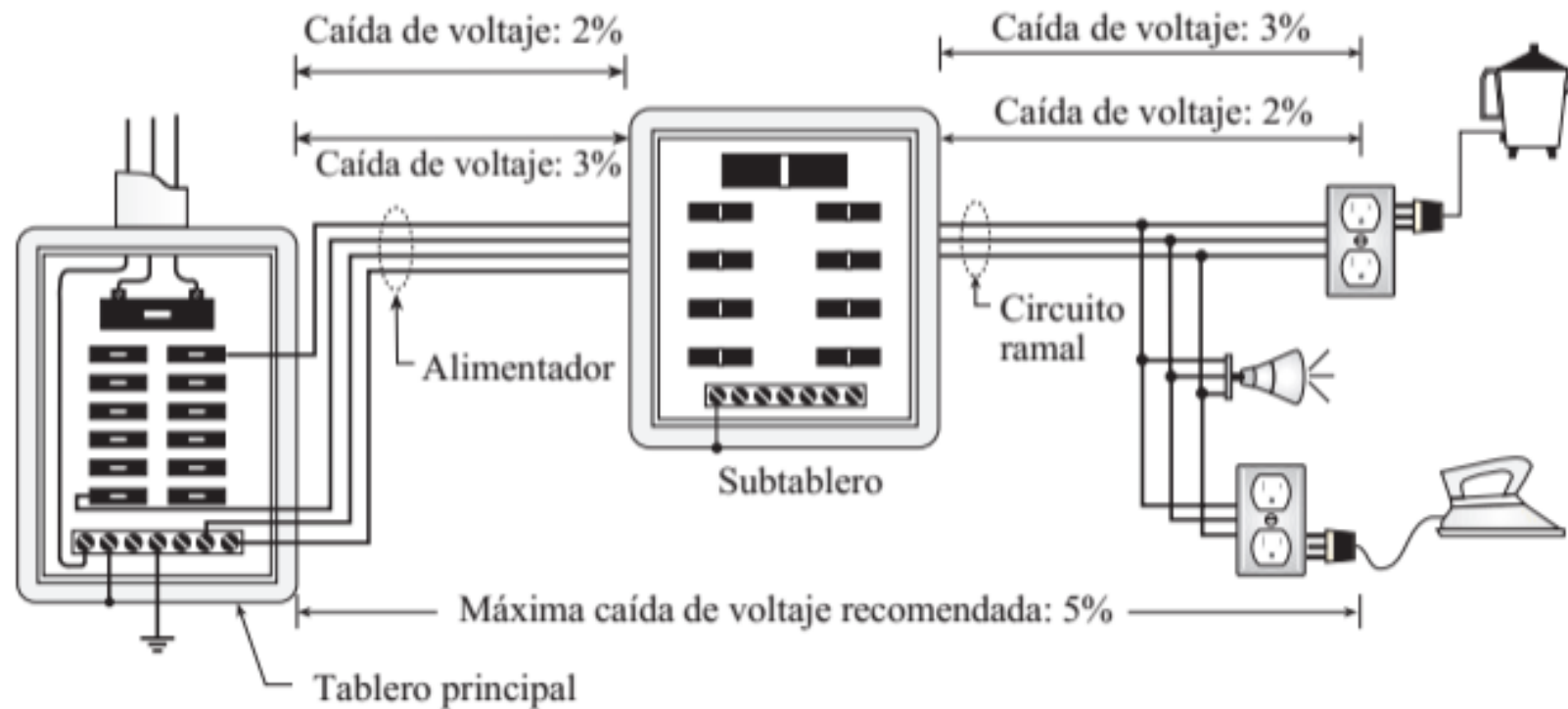


Fig. 2.19 La caída de voltaje en un circuito ramal no debe ser superior al 3%, mientras que, incluyendo el alimentador a un subtablero y el circuito ramal, su valor no debe superar el 5% (2% + 3%).

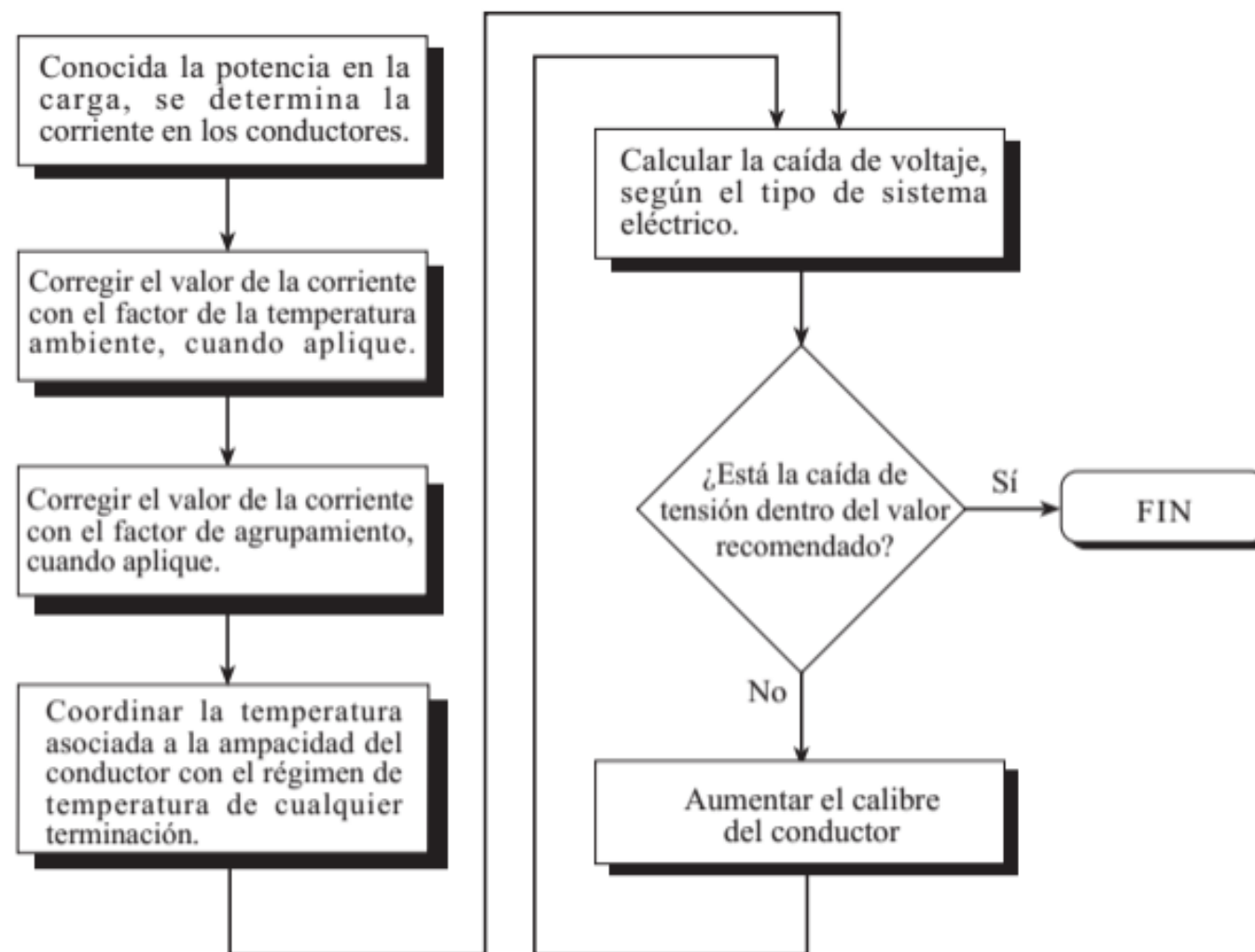
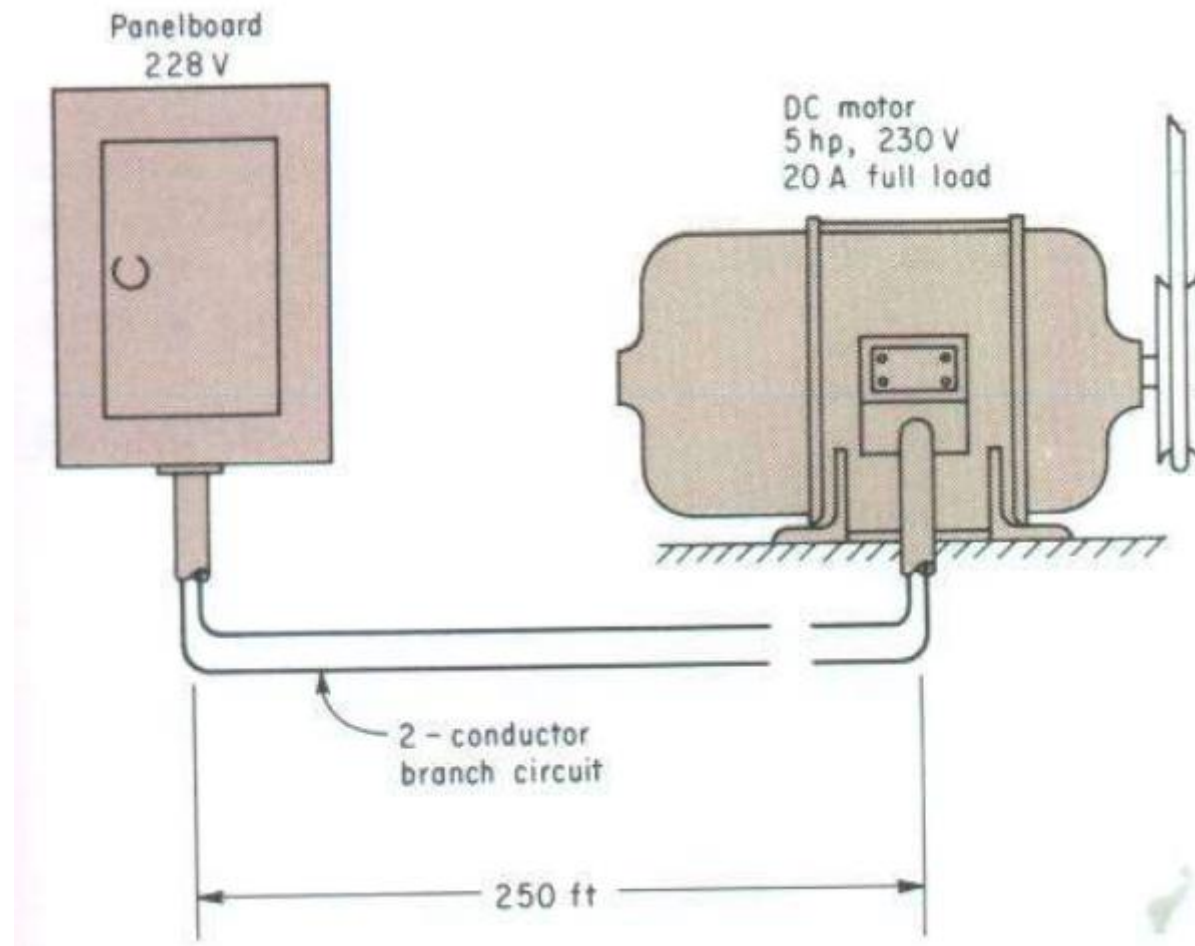


Diagrama de flujo para calcular el calibre de un conductor teniendo en cuenta su ampacidad y la caída de voltaje.

Caída de voltaje en circuito de motor



Identificación de conductores en una instalación eléctrica

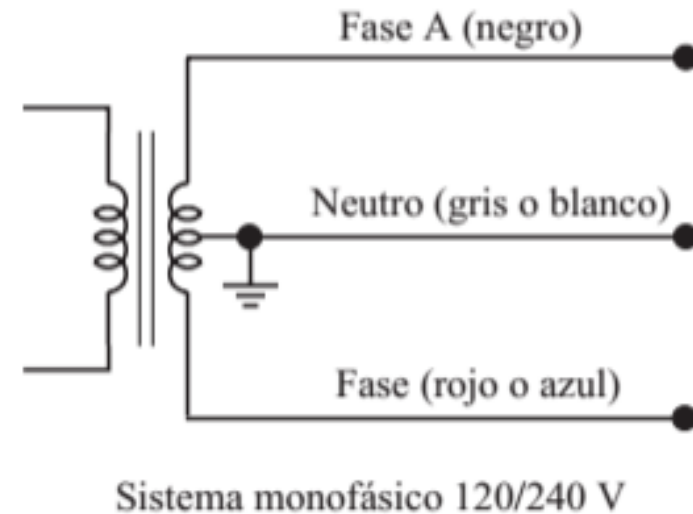
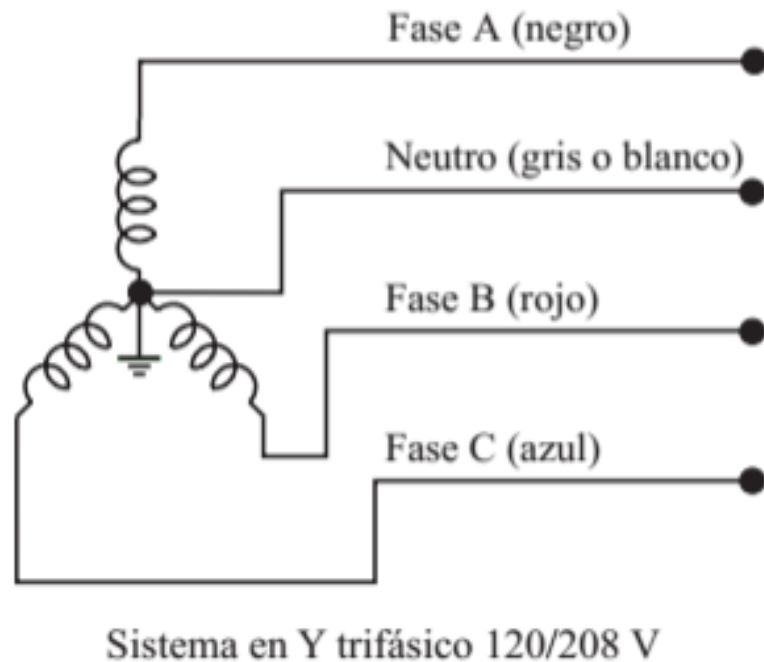
Conductor neutro: Un conductor neutro, puesto a tierra, aislado, de calibre 6 AWG o inferior, debe ser identificado, en toda su longitud, mediante color blanco o gris. Cuando el calibre sea superior al calibre 6 AWG, una marca distintiva, de color blanco, debe añadirse en el momento de la instalación.

Conductor de puesta a tierra: Los conductores de puesta a tierra de los equipos pueden ser desnudos o aislados. Los conductores aislados deben tener una coloración continua de color verde, o verde con rayas amarillas. Estos colores no se deben usar para el neutro o para la fase. Cuando el conductor de puesta a tierra es de calibre superior al 6 AWG, se debe marcar en cada extremo en el momento de instalarlo y su identificación se debe hacer:

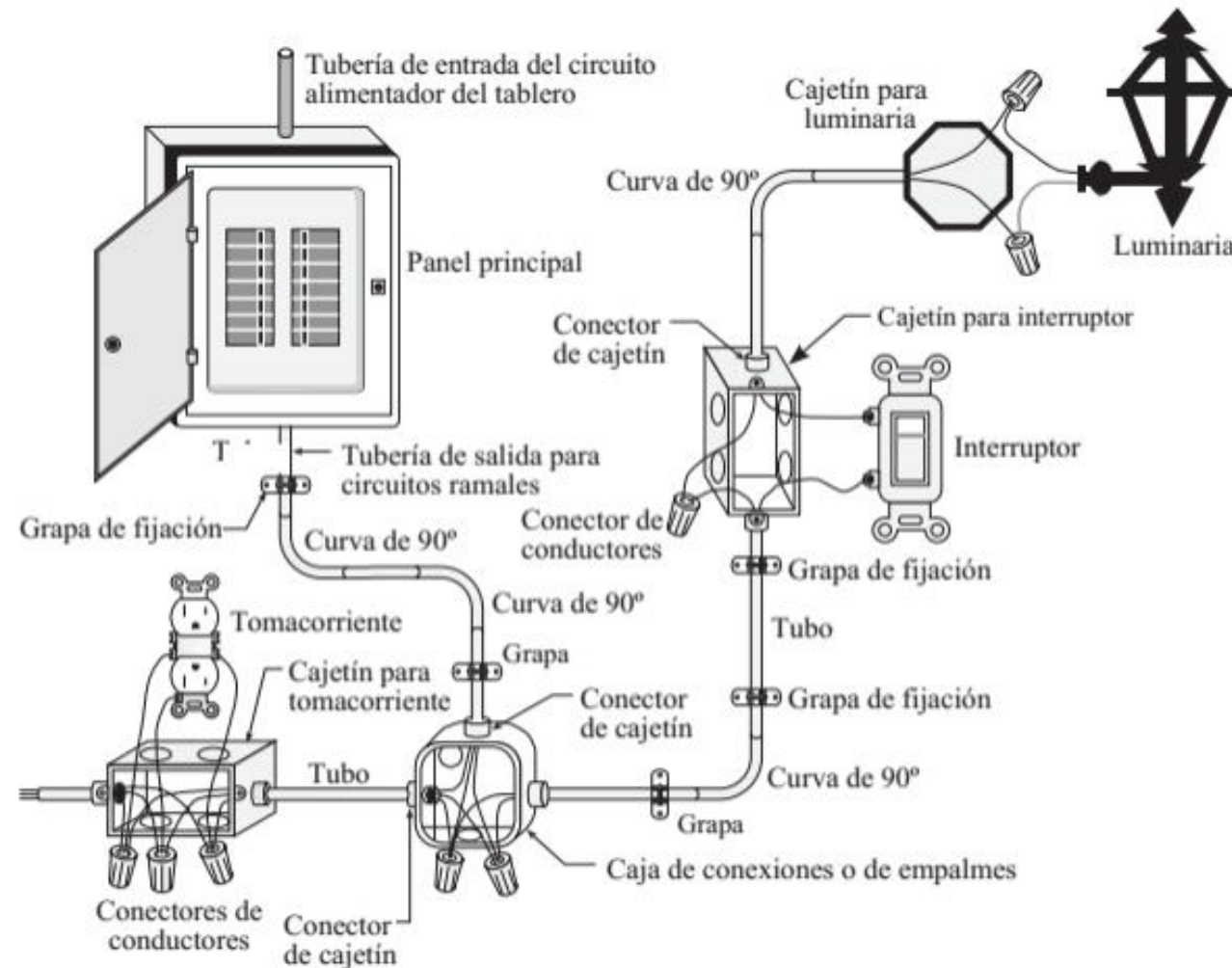
- Quitando el aislamiento en toda la longitud expuesta.
- Aplicando un color verde al aislamiento expuesto.
- Marcando el aislamiento expuesto con cinta adhesiva de color verde.

Conductores de fase: Los conductores activos, o de fase, deben ser marcados para diferenciarlos de los conductores neutros puestos a tierra y de los conductores de puesta a tierra de los equipos. Es decir, su aislamiento puede tener cualquier color, excepto blanco, gris o verde.

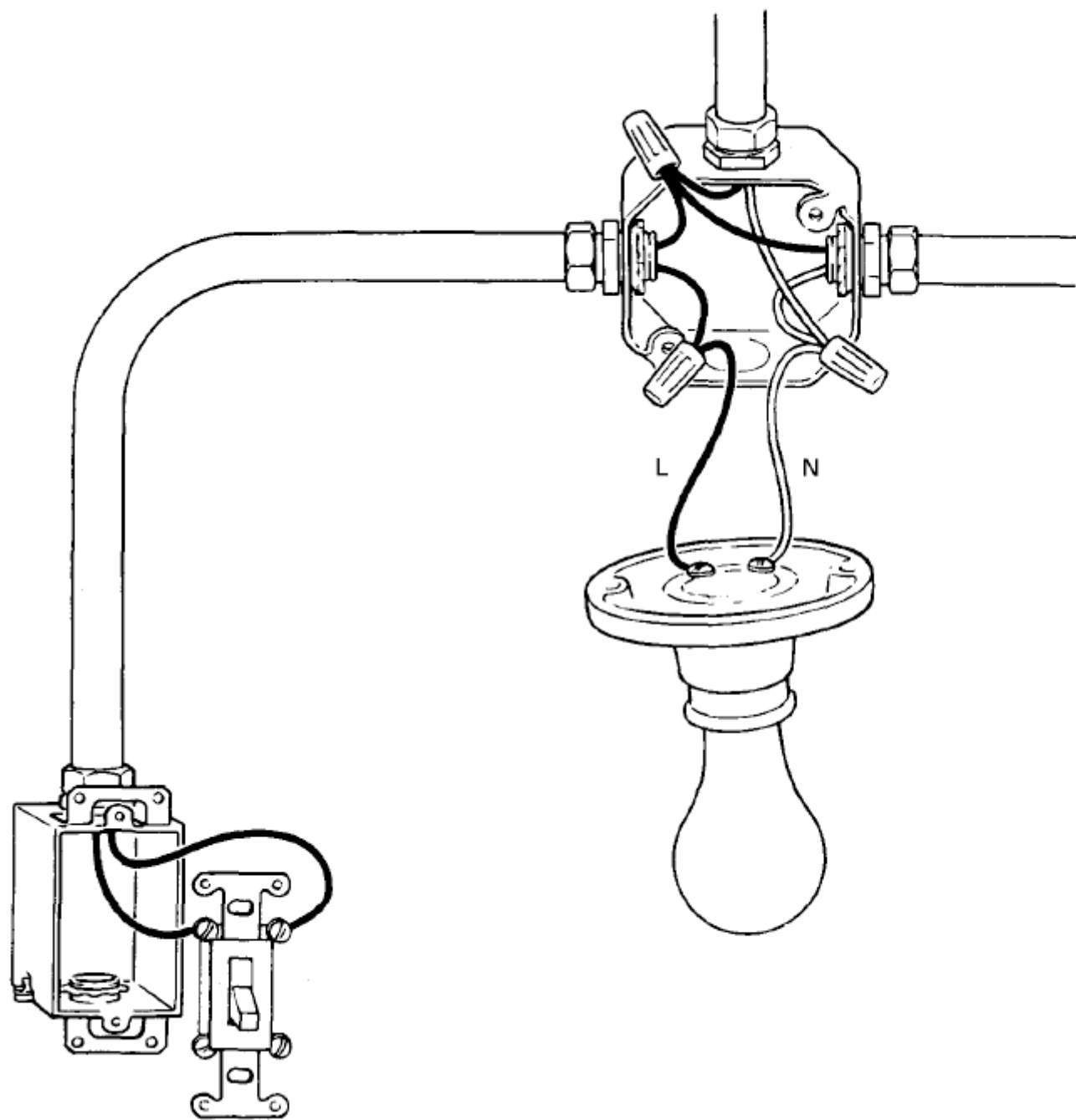
Identificación de conductores en una instalación eléctrica



Canalizaciones eléctricas



Componentes físicos de una instalación eléctrica.



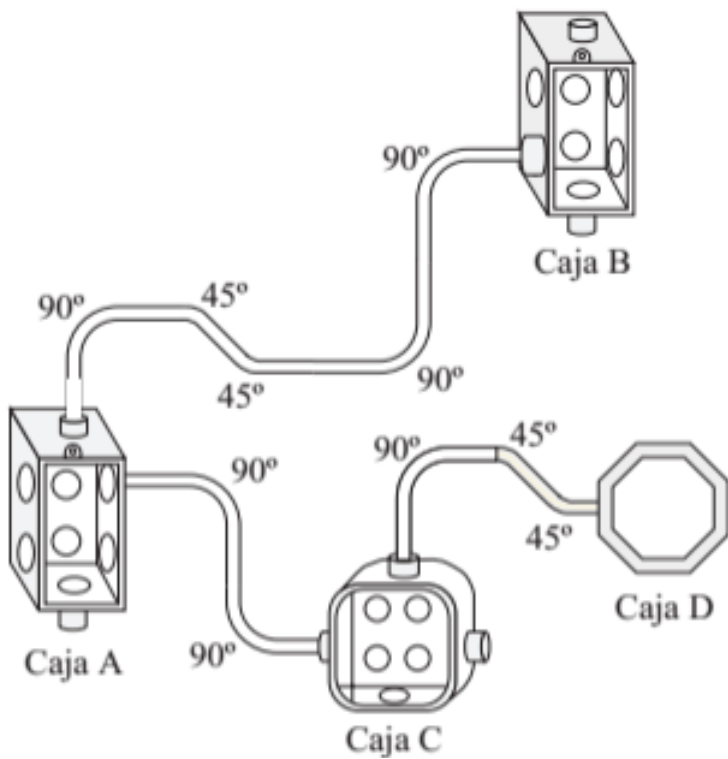


Fig. 3.5 El CEN pe doblaje máximo de 360° entre dos cajas.

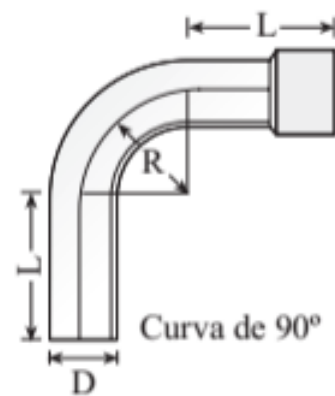
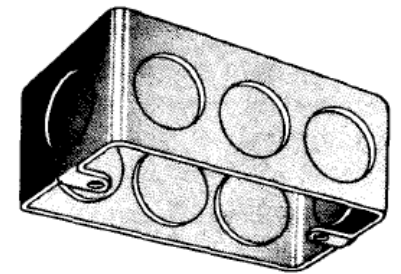
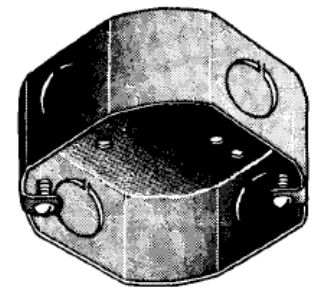
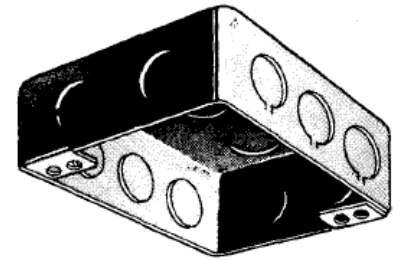
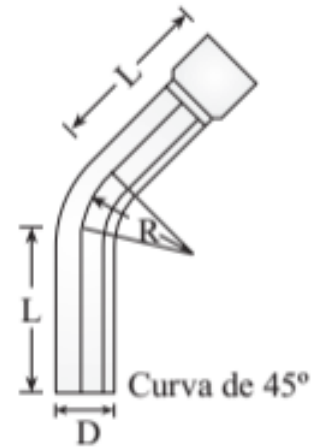


Fig. 3.6 Curvas de do (RNC) de 90° y 45°, con un terminal en forma de campana.



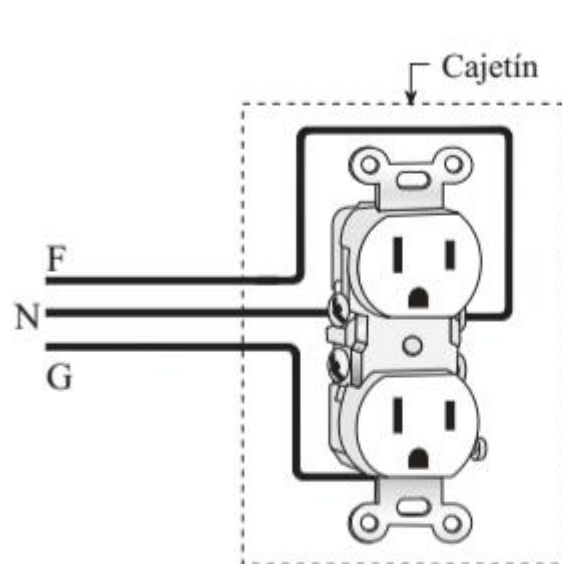
Tamaño comercial y tipo de caja			Volumen mínimo		Número máximo de conductores para los calibres indicados					
mm	pulg	Tipo de caja	cm ³	pulg ³	16	14	12	10	8	6
100 x 32	4 x 1 1/4	Redonda/Octogonal	205	12.5	7	6	5	5	5	2
100 x 38	4 x 1 1/2	Redonda/Octogonal	254	15.5	8	7	6	6	5	3
100 x 54	4 x 2 1/8	Redonda/Octogonal	353	21.5	12	10	9	8	7	4
100 x 32	4 x 1 1/4	Cuadrada	295	18.0	10	9	8	7	6	3
100 x 38	4 x 1 1/2	Cuadrada	344	21.0	12	10	9	8	7	4
100 x 54	4 x 2 1/8	Cuadrada	497	30.3	17	15	13	12	10	6
120 x 32	4 11/16 x 1 1/4	Cuadrada	418	25.5	14	12	11	10	8	5
120 x 38	4 11/16 x 1 1/2	Cuadrada	484	29.5	16	14	13	11	9	5
120 x 54	4 11/16 x 2 1/8	Cuadrada	689	42.0	24	21	18	16	14	8
75 x 30 x 38	3 x 2 x 1 1/2	Dispositivo	123	7.5	4	3	3	3	2	1
75 x 50 x 50	3 x 2 x 2	Dispositivo	164	10.0	5	5	4	4	3	2
75 x 50 x 57	3 x 2 x 2 1/2	Dispositivo	172	10.5	6	5	4	4	3	2
75 x 50 x 65	3 x 2 x 2 1/2	Dispositivo	205	12.5	7	6	5	5	4	2
75 x 50 x 70	3 x 2 x 2 3/4	Dispositivo	230	14.0	8	7	6	5	4	2
75 x 50 x 90	3 x 2 x 3 1/2	Dispositivo	295	18.0	10	9	8	7	6	3
10 x 54 x 38	4 x 2 1/8 x 1 1/2	Dispositivo	169	10.3	5	5	4	4	3	2
10 x 54 x 48	4 x 2 1/8 x 1 1/2	Dispositivo	213	13.0	7	6	5	5	4	2
10 x 54 x 54	4 x 2 1/8 x 2 1/8	Dispositivo	283	14.5	8	7	6	5	4	2
95 x 50 x 65	3 3/4 x 2 x 2 1/2	Mampostería uso múltiple	230	14.0	8	7	6	5	4	2
95 x 50 x 90	3 3/4 x 2 x 3 1/2	Mampostería uso múltiple	344	21.0	12	10	9	8	7	4

Número máximo de conductores en una caja metálica.

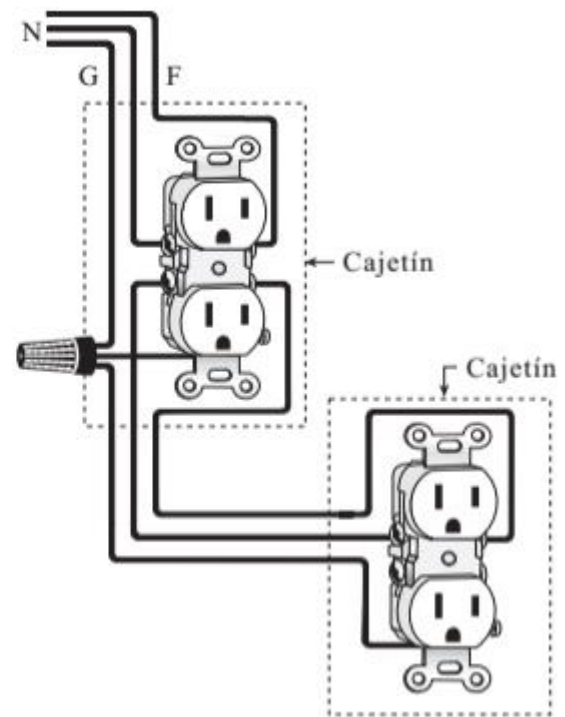
		Espacio libre dentro de la caja para cada conductor	
Calibre del conductor (AWG)		cm ³	pulg ³
16		28.7	1.75
14		32.8	2.00
12		36.9	2.25
10		41.0	2.50
8		49.2	3.00
6		81.9	5.00

Volumen requerido por cada conductor.

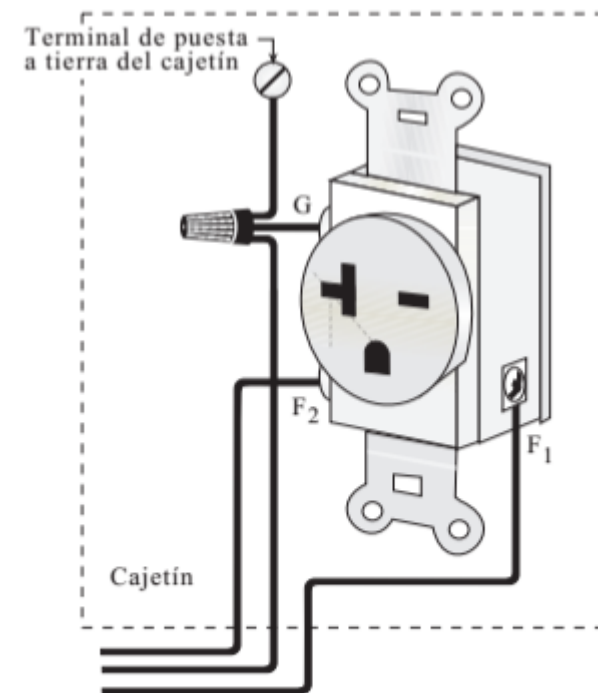
Cableado de tomacorrientes



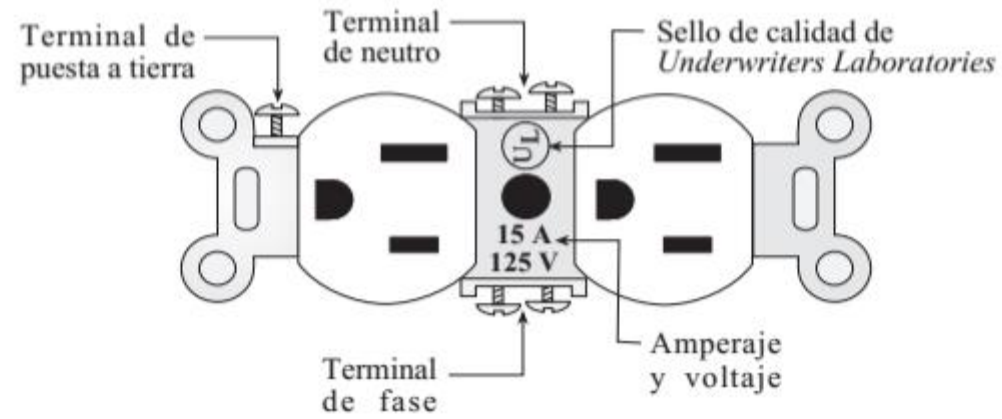
Cableado de un solo tomacorriente.



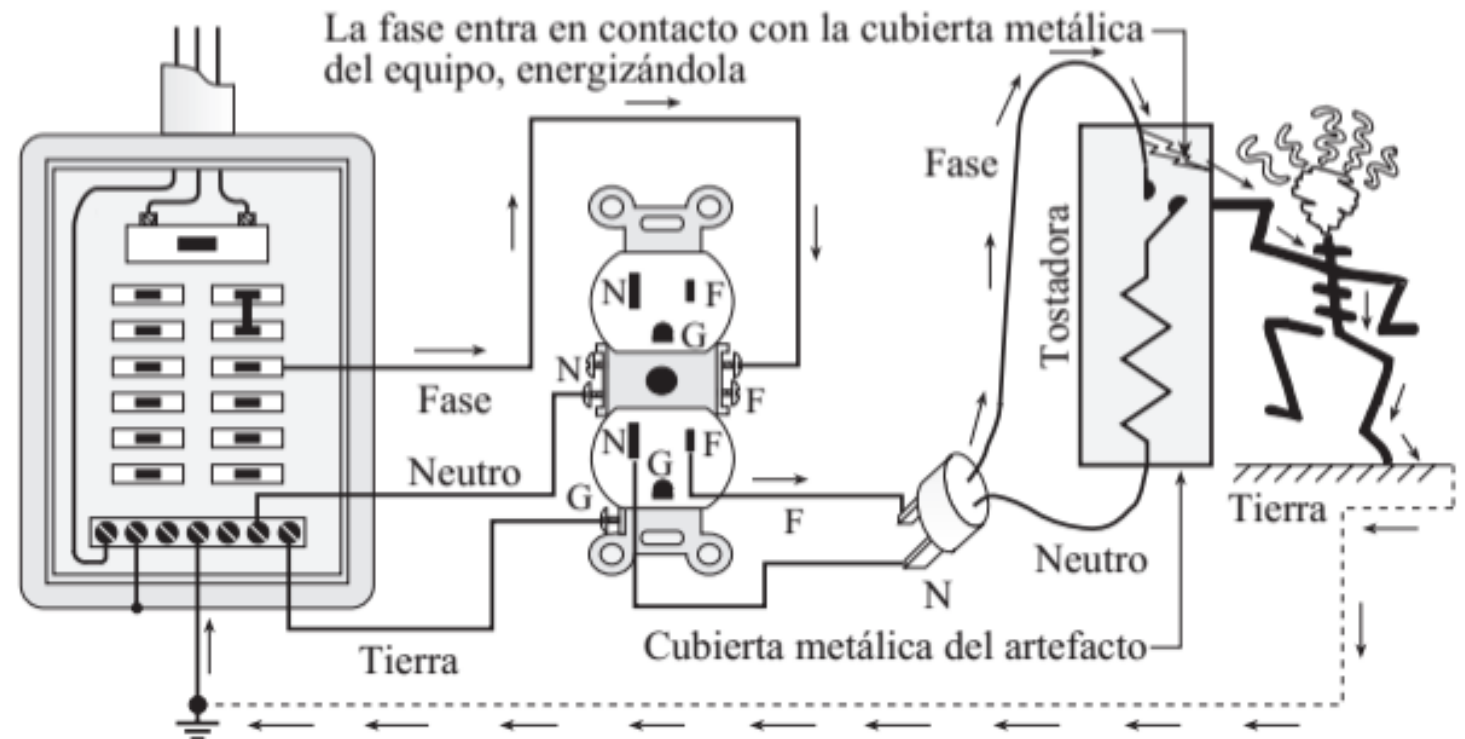
Cableado de dos tomacorrientes.



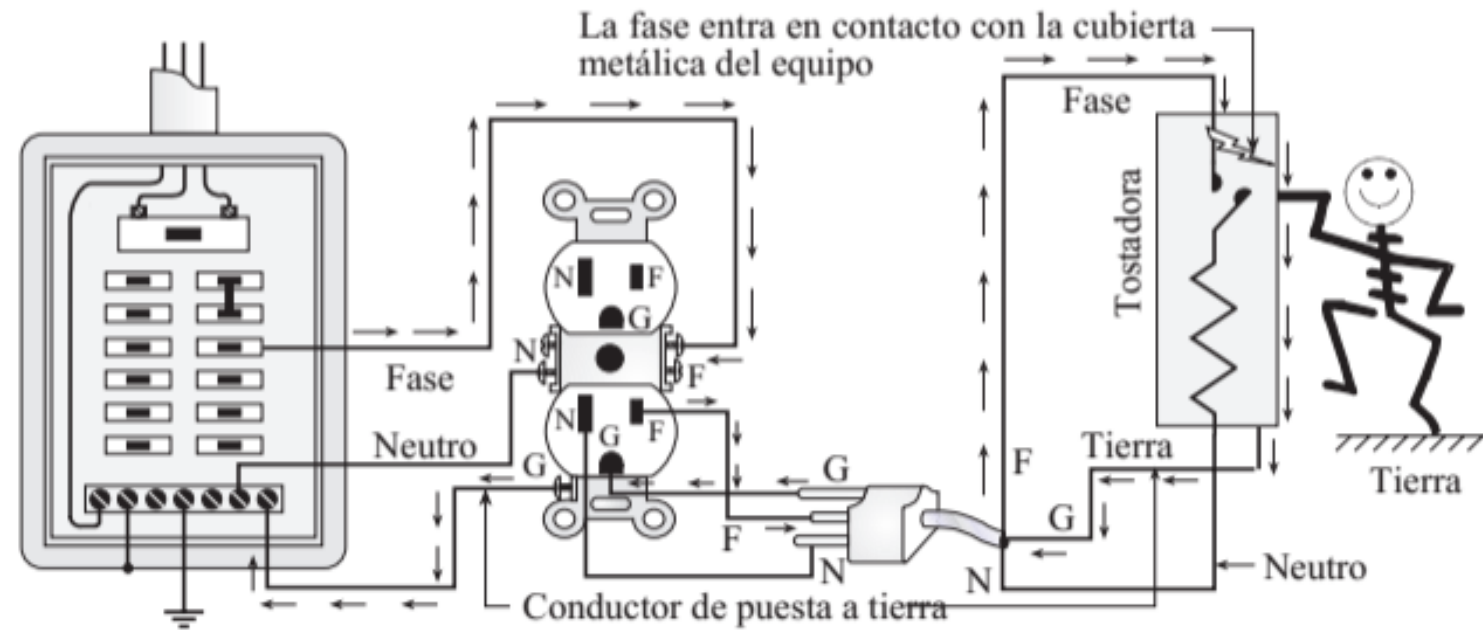
Cableado de un tomacorriente para 240 V.



En un tomacorriente deben estar presentes las marcas sobre amperaje y voltaje.
El sello UL garantiza la calidad del mismo.



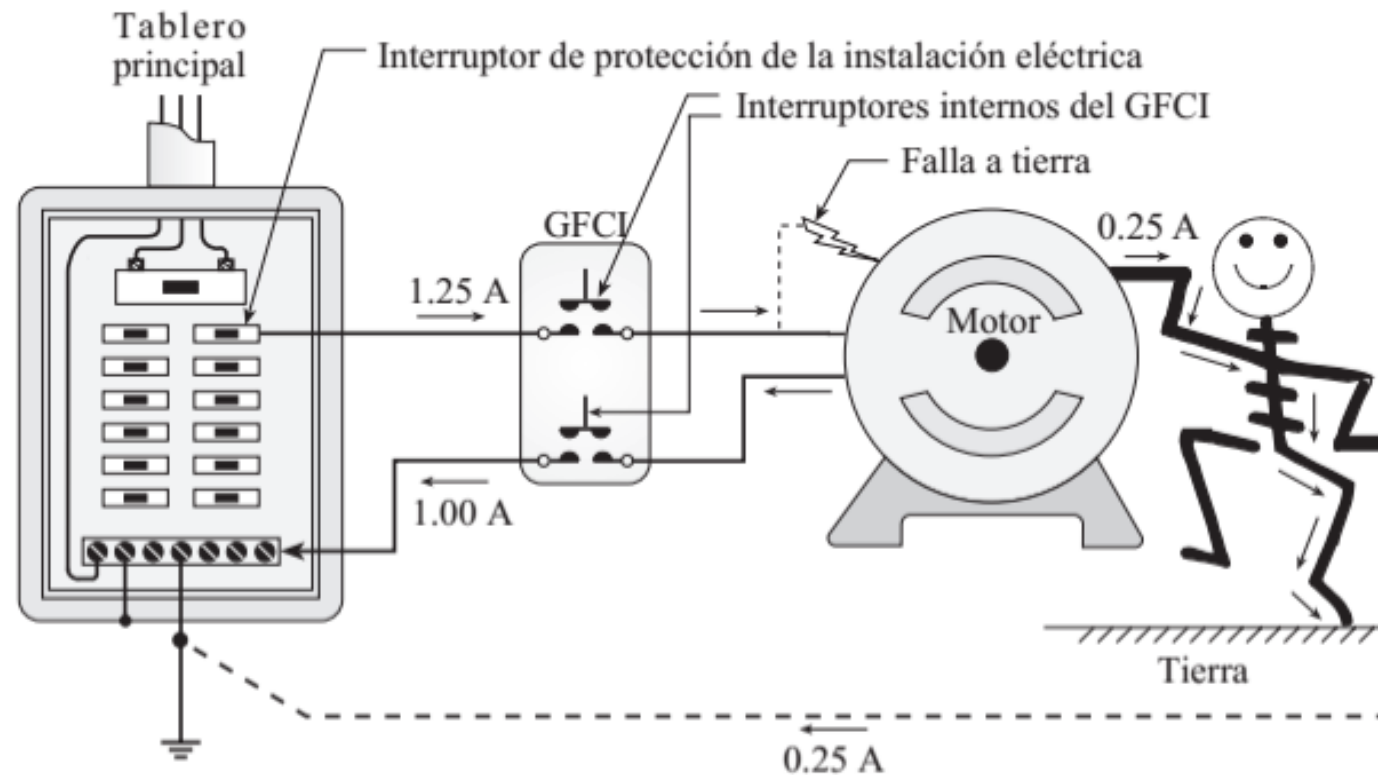
Recorrido de la corriente en un circuito cuando se produce una falla de contacto que conecta el conductor de fase con la cubierta metálica del artefacto. Las flechitas negras señalan el camino de la corriente que pasa a través de la persona.



Recorrido de la corriente en un circuito cuando se produce una falla que conecta el conductor de fase con la cubierta metálica del artefacto. La corriente sigue el camino señalado por las flechitas negras, que no pasa a través de la persona. En este caso, la corriente se devuelve a la fuente a través del conductor de puesta a tierra, provocando el disparo del interruptor (*breaker*) del tablero principal. De esta forma, la persona no corre peligro al producirse la falla.

Efecto sobre el organismo humano	Corriente en mA (60 Hz)	
	Hombres	Mujeres
Imperceptible.	0.4	0.3
Cosquilleo, umbral de percepción,	1.1	0.7
Choque eléctrico, sin dolor, no hay contracción muscular.	1.8	1.2
Choque eléctrico, dolor, sin contracción muscular.	9.0	6.0
Choque eléctrico, dolor, umbral de contracción muscular.	16.0	10.5
Choque eléctrico, dolor severo. Contracción muscular con inmovilización. Paro respiratorio.	23	15
Fibrilación muscular después de tres segundos. Seguramente fatal.	> 100	> 100

Tabla 5.1 Efectos de la corriente sobre el cuerpo humano.



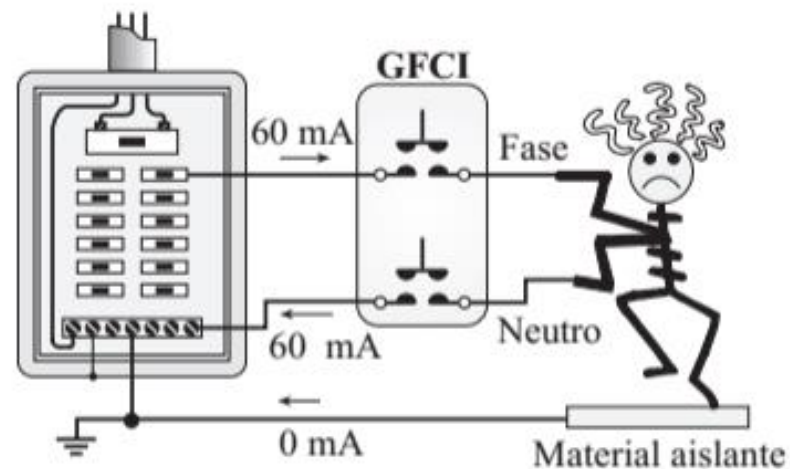
El GFCI detecta la diferencia entre la fase y el neutro. Cuando esa diferencia alcanza $0,25\text{ A}$, para la figura mostrada, el dispositivo desconecta los conductores de fase y neutro. De esta manera, la persona recibe solo una descarga instantánea al tocar la carcasa del motor.

Limitaciones del GFCI

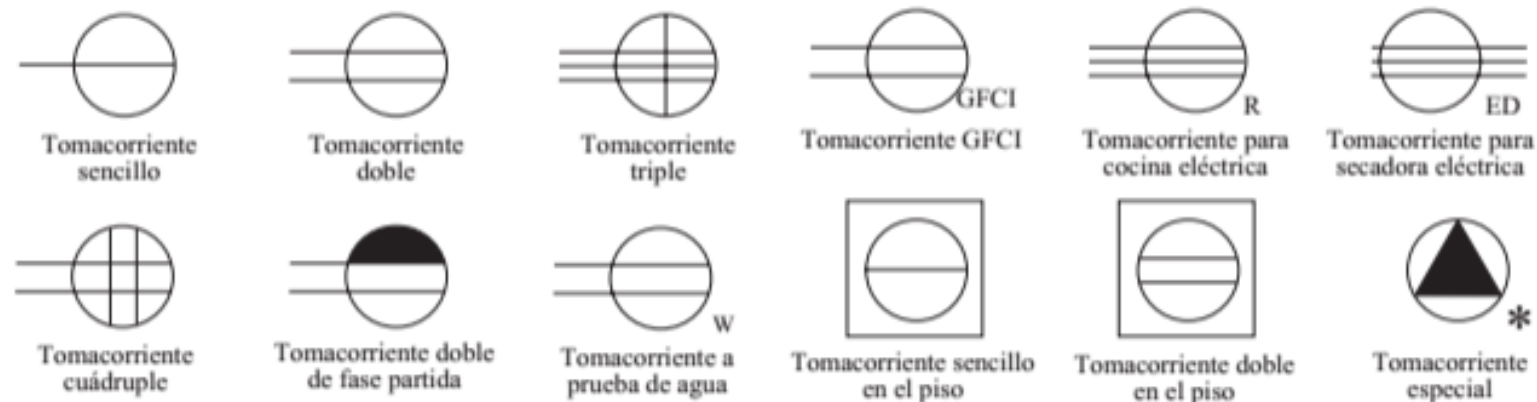
- Un GFCI no protege contra shocks eléctricos cuando una persona, que descansa sobre una superficie no conductora, toca dos conductores activos (fases) o un conductor activo (fase) y el neutro. Bajo estas condiciones, no hay corriente de retorno a través de tierra y el GFCI no detecta diferencia de corrientes en sus terminales, como se indica en la **Fig. 5.21**.
- Cuando se produce una falla a tierra que involucra a un ser humano, este podría recibir una descarga eléctrica de considerable magnitud. La ventaja de un circuito conectado a un GFCI es que esa descarga, en su presencia, se produce por un tiempo muy pequeño que impide la electrocución.
- Un GFCI no detecta ni se dispara cuando se producen cortocircuitos entre fase y neutro o entre dos fases, puesto que la corriente es la misma en sus dos terminales. En este caso es el interruptor del circuito ramal, ubicado en el tablero principal, el que debe actuar.

Limitaciones del GFCI

- Un GFCI no actúa cuando se produce un exceso de corriente en el circuito ramal. La protección debe proveerla el interruptor correspondiente (*breaker*) del tablero principal.










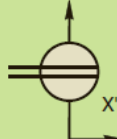
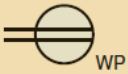



Si alguien descansa sobre un material aislante (madera seca, por ejemplo) y toca a la vez la fase y el neutro, las corrientes en los terminales del GFCI son iguales y el circuito no se desconecta. Como consecuencia, la persona recibe una descarga eléctrica, 60 mA en esta figura, que puede ser mortal.



* **Tomacorriente especial:** el asterisco puede ser reemplazado por una letra tal como a, b, c, o por un conjunto de letras como DW, ED, para indicar lavaplatos y secadora eléctrica. También se pueden utilizar otros símbolos cuyos significados se deben especificar en los planos de la instalación.

Símbolos para representar a tomacorrientes con diferentes usos.

RECEPTACLE OUTLETS	
 Single receptacle outlet	 Clothes dryer outlet
 Duplex receptacle outlet	 Exhaust fan outlet
 Triplex receptacle outlet	 Clock outlet
 Duplex receptacle outlet, split wired	 Floor outlet
 Double duplex receptacle (quadplex)	 Multioutlet assembly; arrow shows limit of installation. Appropriate symbol indicates type of outlet. Spacing of outlets indicated by "X" inches.
 Weatherproof receptacle outlet	 Floor single receptacle outlet F = flush mtd, S = surface mtd










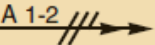
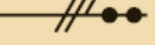






 Weatherproof receptacle outlet	 Floor single receptacle outlet F = flush mtd, S = surface mtd
 Ground-fault circuit interrupter receptacle outlet	 Floor duplex receptacle outlet F = flush mtd, S = surface mtd
 Range outlet	 Floor special-purpose outlet F = flush mtd, S = surface mtd
 Special-purpose outlet (subscript letters indicate special variations: DW = dishwasher; also a, b, c, d, etc., are letters keyed to explanation on drawings or in specifications).	

FIGURE 2-8 Receptacle outlet symbols.

SWITCH SYMBOLS

S	Single-pole switch
S ₂	Double-pole switch
S ₃	Three-way switch
S ₄	Four-way switch
S _D	Door switch
S _{DS}	Dimmer switch
S _G	Glow switch toggle— glows in off position
S _K	Key-operated switch
S _{KP}	Key switch with pilot light
S _{LV}	Low-voltage switch
S _{LM}	Low-voltage master switch
S _{MC}	Momentary-contact switch
	Occupancy sensor—wall mounted with “Off-auto” override switch
	Occupancy sensor—ceiling mounted; “P” indicates multiple switches wire-in parallel
S _P	Switch with pilot light on when switch is on
S _T	Timer switch
S _R	Variable-speed switch
S _{WP}	Weatherproof switch

CIRCUITING

	Home run to panelboard. Number of arrows indicates number of circuits. Letters and numbers indicate circuit(s). Full slashes indicate ungrounded “hot” (or switch leg) circuit conductors. Half slashes indicate grounded neutral circuit conductor(s). No slashes indicate one “hot” and one neutral conductor.
	Branch circuit. Full slashes indicate ungrounded “hot” (or switch leg) circuit conductors. Half slashes indicate grounded neutral circuit conductor(s). No slashes indicate one “hot” and one neutral conductor. Dots indicate equipment grounding conductors.
	Wiring concealed in construction in finished areas, exposed in unfinished areas
	Conduit concealed in or under floor slab
	Conduit turning up
	Conduit turning down
	Conduit only (empty)
	Switch leg; connects switched outlets with control points



Alarm—smoke



Alarm—heat



Battery



Buzzer



Circuit breaker



Data outlet

xxAF
yyAT



Disconnect switch, fused;
size as indicated on drawings.
“xxAF” indicates fuse ampere
rating. “yyAT” indicates switch
ampere rating.

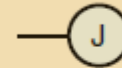
xxA



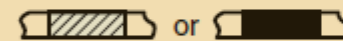
Disconnect switch, unfused;
size as indicated on
drawings. “xxA” indicates
switch ampere rating.



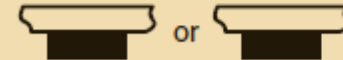
Junction box—ceiling



Junction box—wall



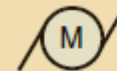
Lighting or power
panel, recessed



Lighting or power
panel, surface



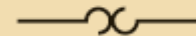
Motion detector



Motor



Motor: “2” indicates
horsepower



Overload relay



Push button



Doorbell



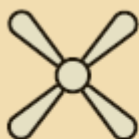
Door chime



Door opener (electric)



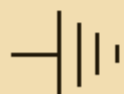
Fan: ceiling-suspended
(paddle)



Fan: ceiling-suspended
(paddle) fan with light



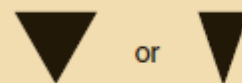
Fan: wall



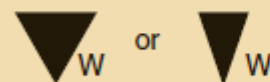
Ground



Switch and fuse



Telephone outlet



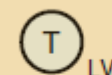
Telephone outlet—
wall mounted



Telephone/data outlet



Thermostat—line voltage





Thermostat—low voltage





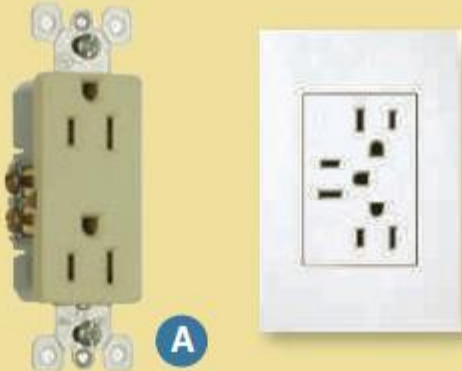


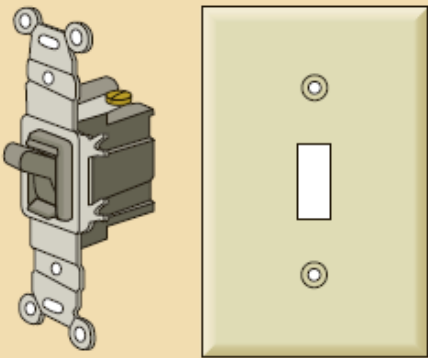

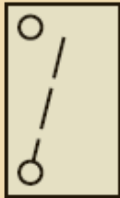
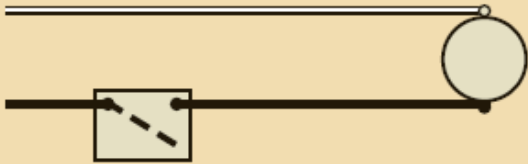
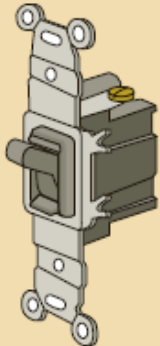




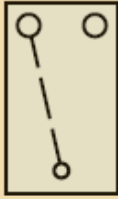
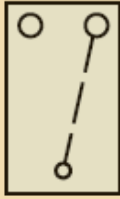
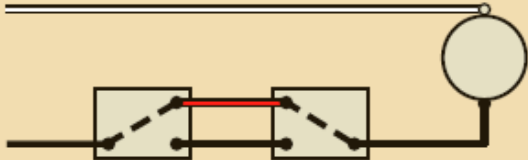
Time switch

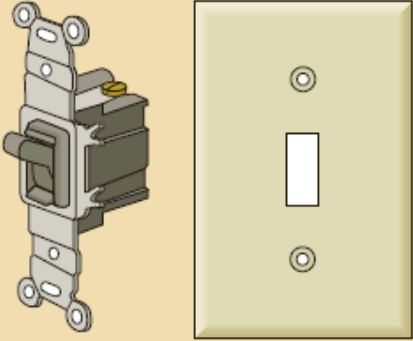

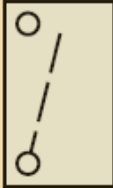

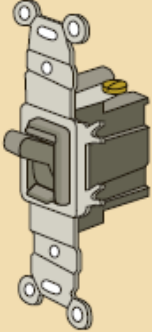
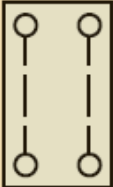




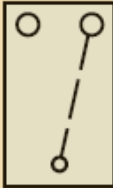
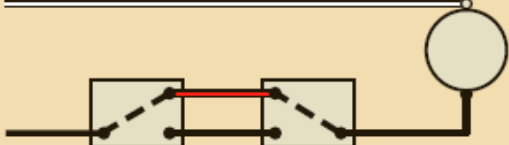


Transformer

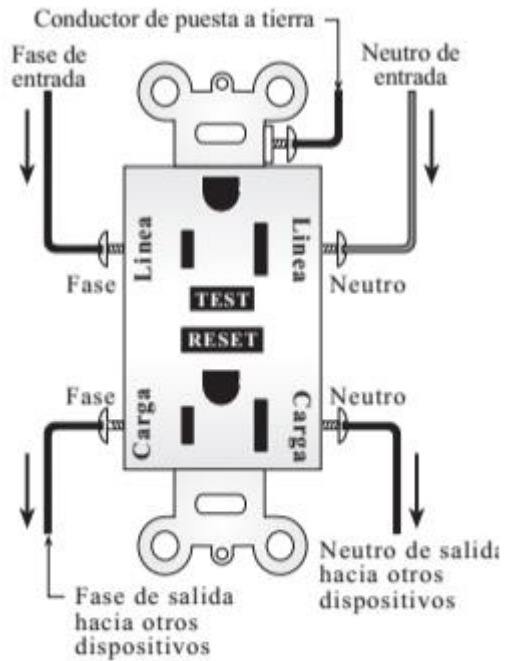
SYMBOL	TYPE OF LUMINAIRE OR OUTLET
 <p>Or</p> <p>Or</p> <p>Ceiling lighting outlet</p>	<p>1.</p>  <p>Surface-mounted luminaire</p>

 <p>Wall lighting outlet</p>	<p>3.</p>  <p>Wall-mounted luminaire; also called a "sconce"</p>
 <p>Duplex receptacle outlet</p>  <p>Triplex receptacle outlet</p>	<p>4.</p>  <p>A</p> <p>B</p>

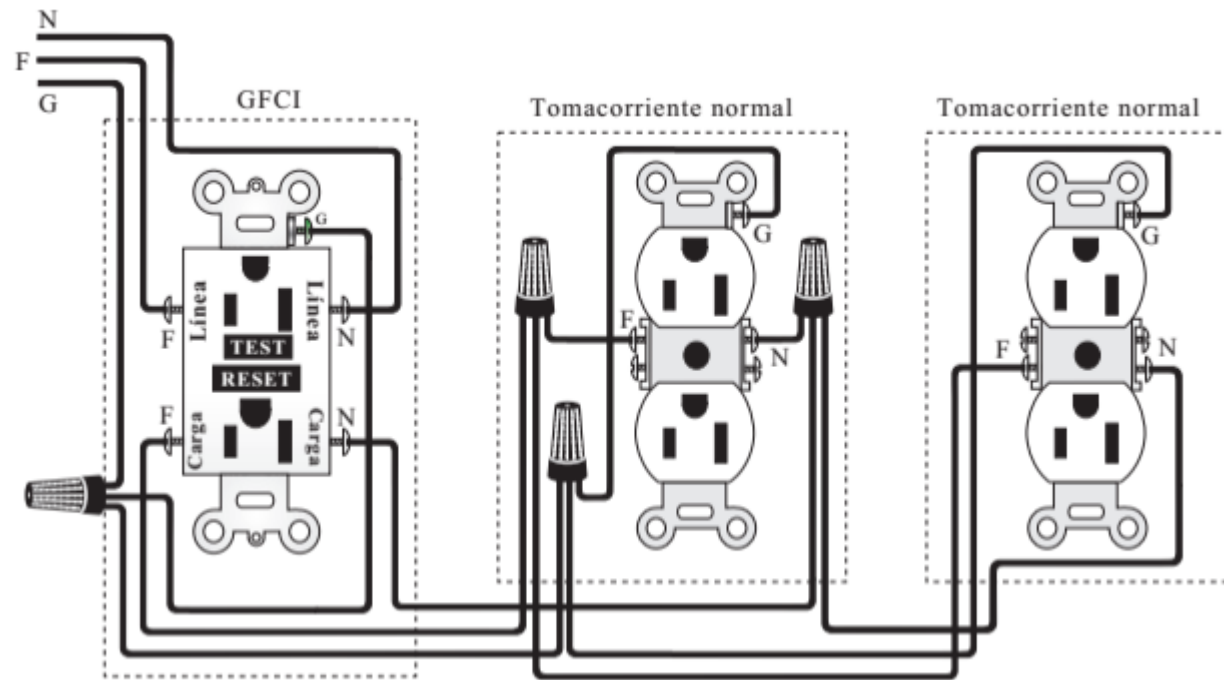
SYMBOL	FLUSH TOGGLE SWITCH	OPERATION	CONNECTIONS
S Single-pole		 On  Off	
S₂ Double-pole		 On  Off	
S₃ Three-way		 Position 1  Position 2	

SYMBOL	FLUSH TOGGLE SWITCH	OPERATION	CONNECTIONS
S Single-pole		  On Off	
S₂ Double-pole		  On Off	
S₃ Three-way		  Position 1 Position 2	

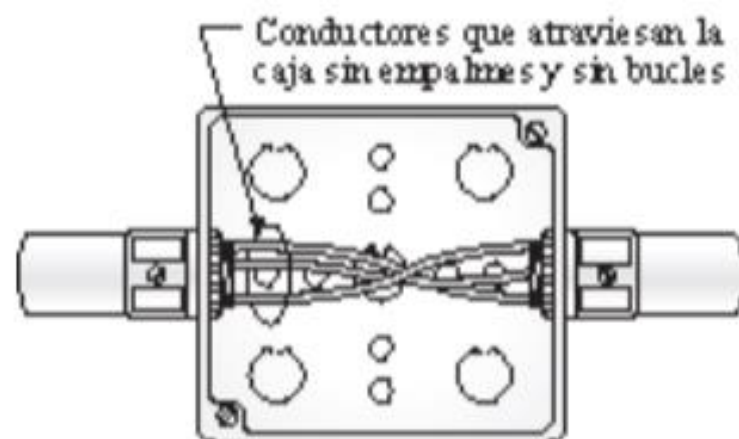
Cableado de tomacorrientes GFCI



Dibujo esquemático de un GFCI.

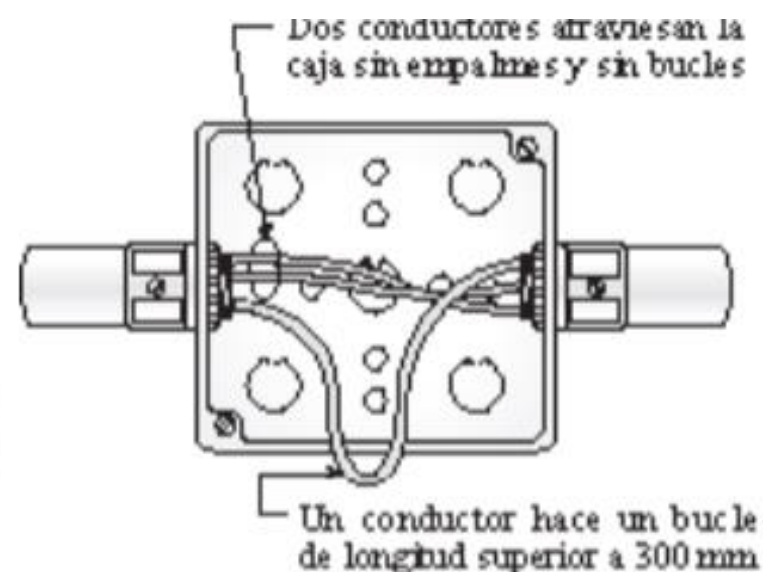


Protección de dos tomacorrientes normales mediante un GFCI. Este último detecta



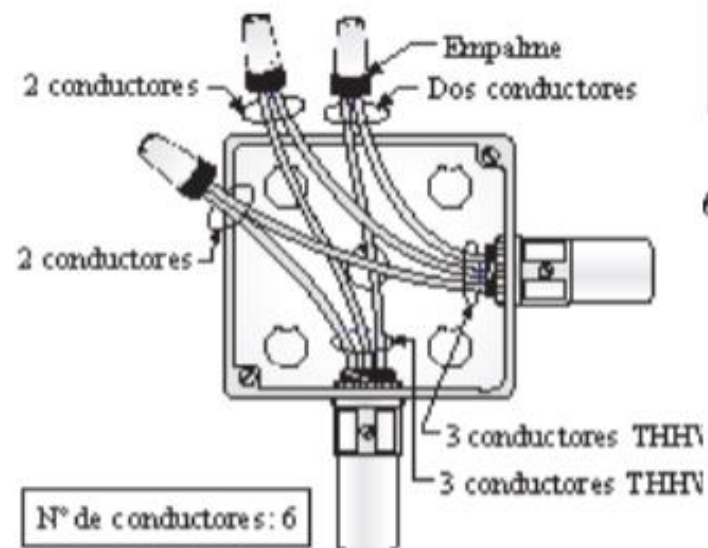
Número de conductores: 3

Cada conductor que entra y sale cuenta como uno solo.



Número de conductores: 4

Cada bucle de longitud superior a 300 mm cuenta como dos conductores.



Cada empalme cuenta como dos conductores.

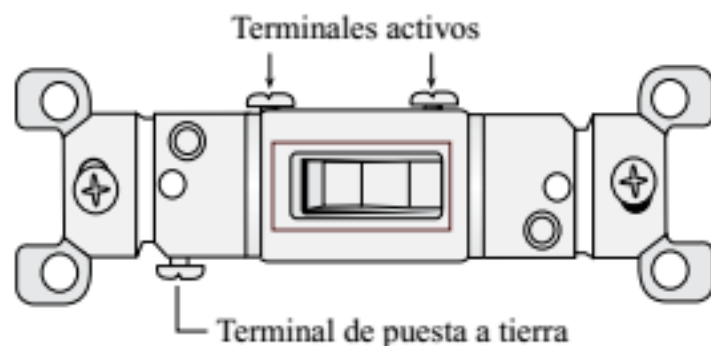
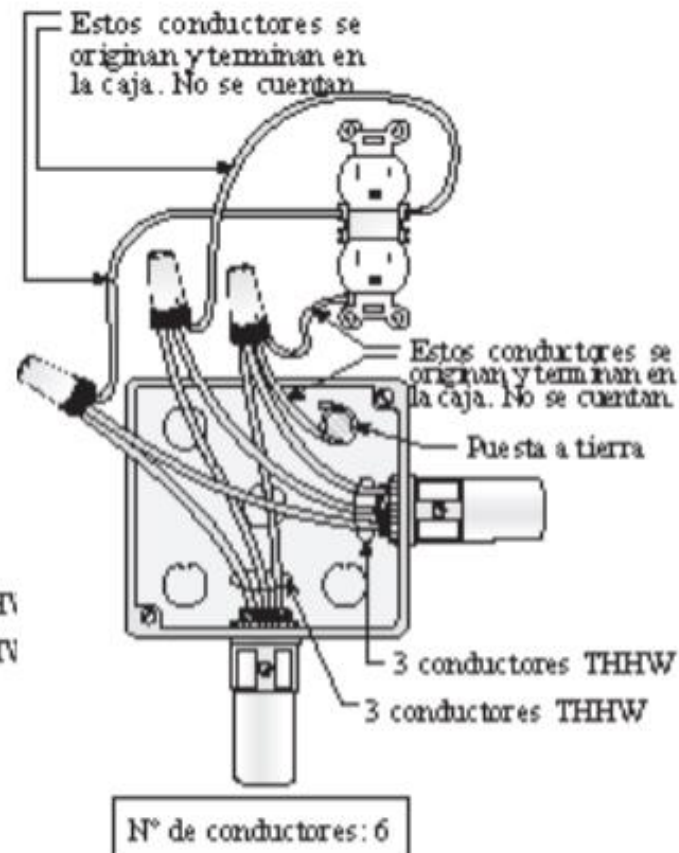
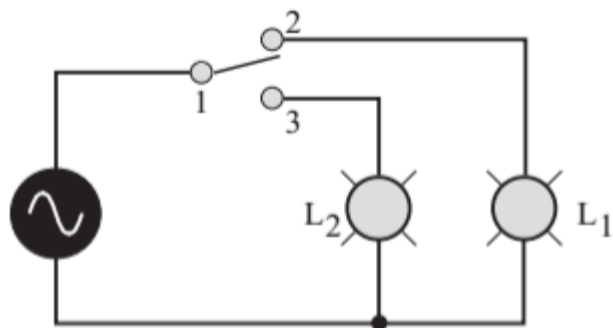


Fig. 51 Interruptor electromecánico utilizado en instalaciones eléctricas para apagar o encender una lámpara, o para activar una carga desde un solo sitio.

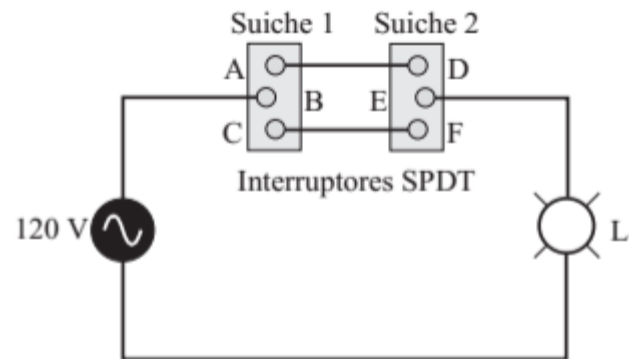


Los conductores que se originan y terminan en la misma caja no se cuentan para efectos de la determinación de la capacidad de la misma.

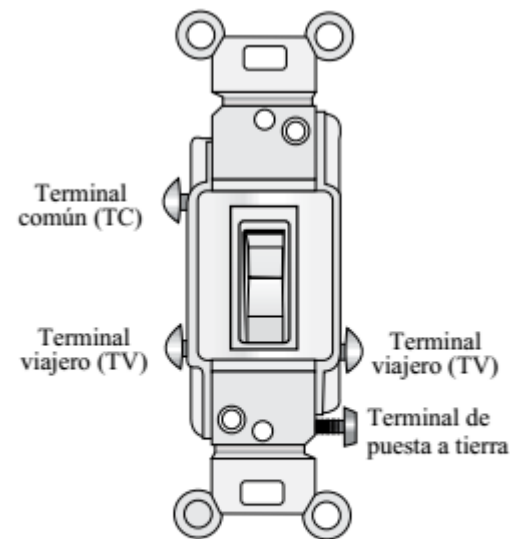
Interrupidores



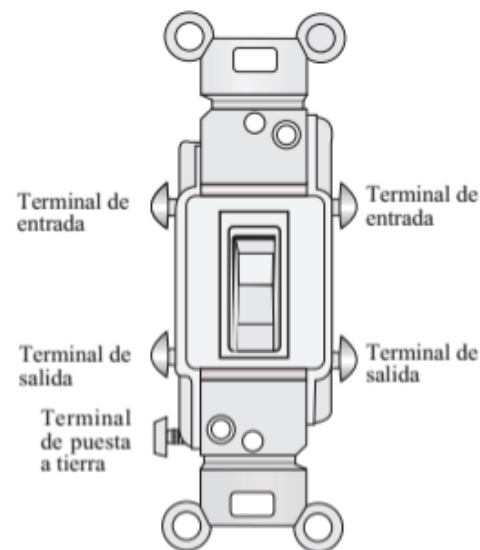
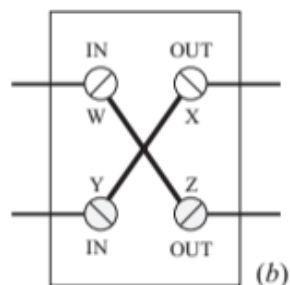
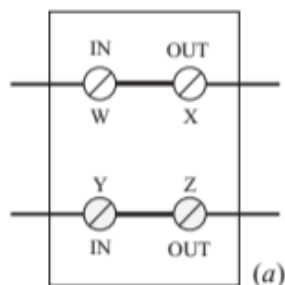
Circuito elemental para encender dos lámparas mediante un interruptor SPDT.



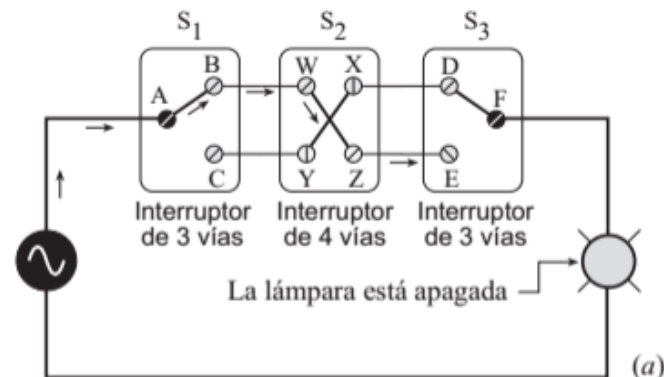
Circuito elemental para encender una lámpara mediante dos interruptores SPDT.



Interruptor de tres vías. El terminal común, por lo general, es de color oscuro, mientras que los terminales viajeros son, también por lo general, de color claro.

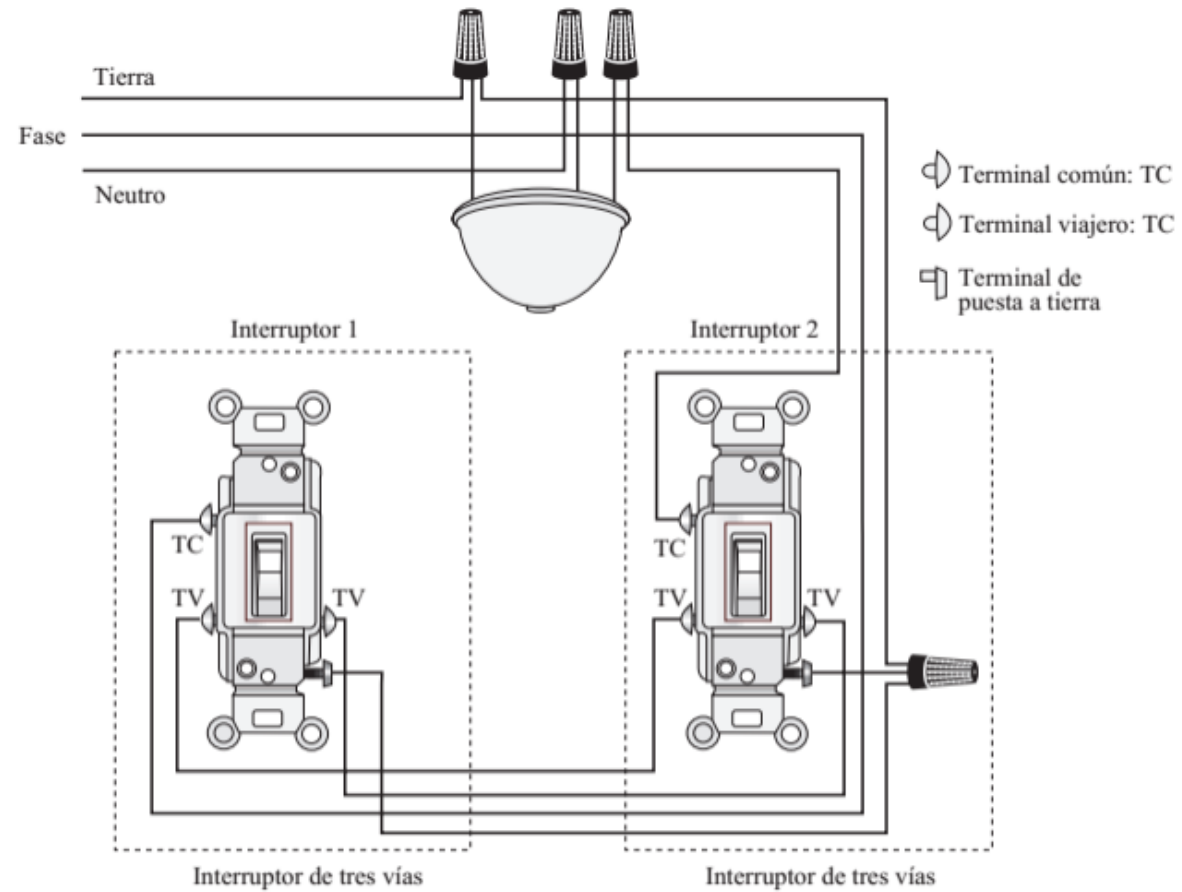


Interruptor de cuatro vías. Los terminales de entrada y de salida están marcados mediante colores distintos.

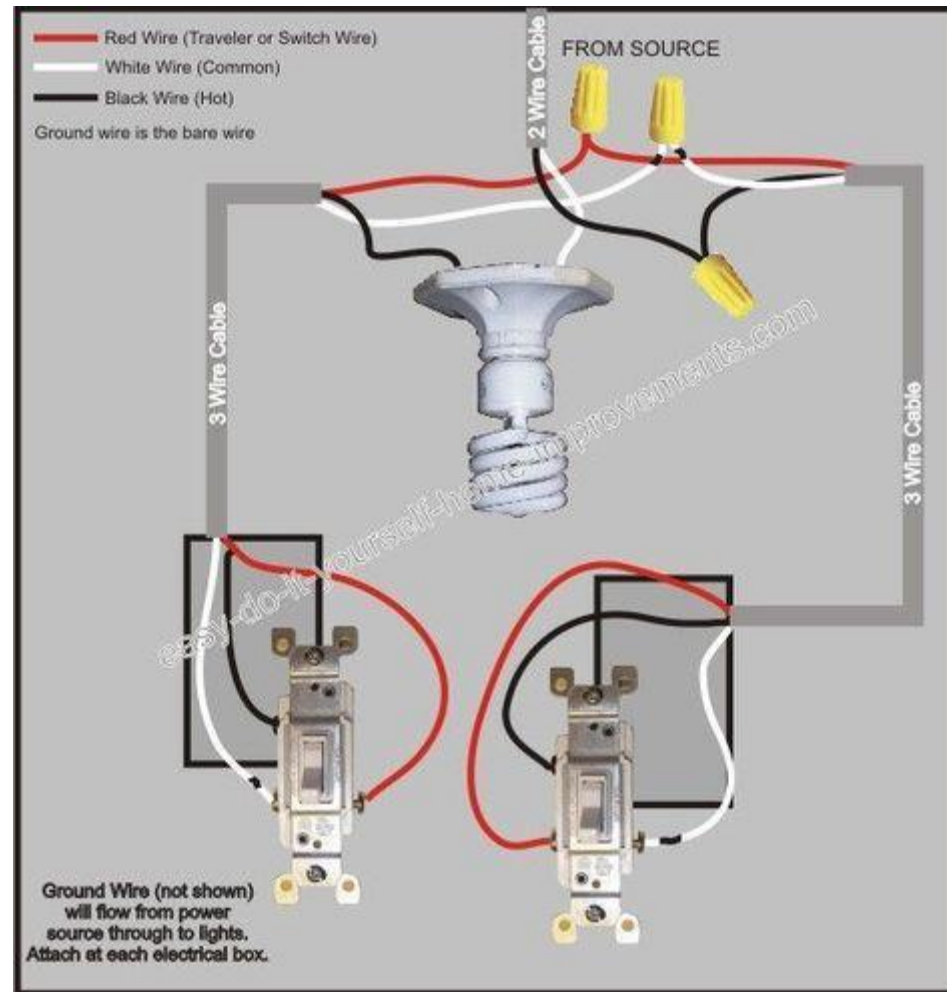


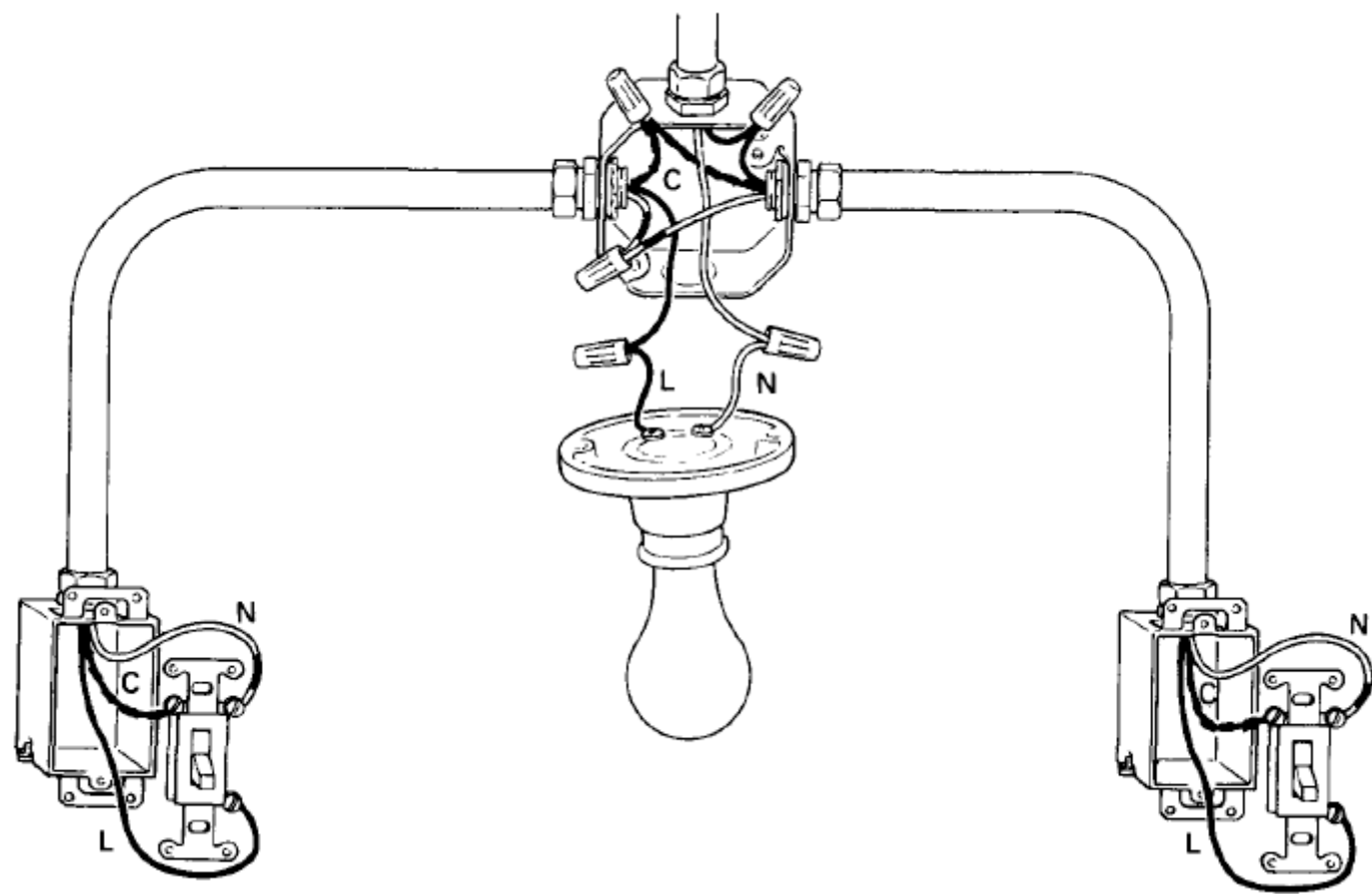
El suiche S₃ interrumpe el circuito.

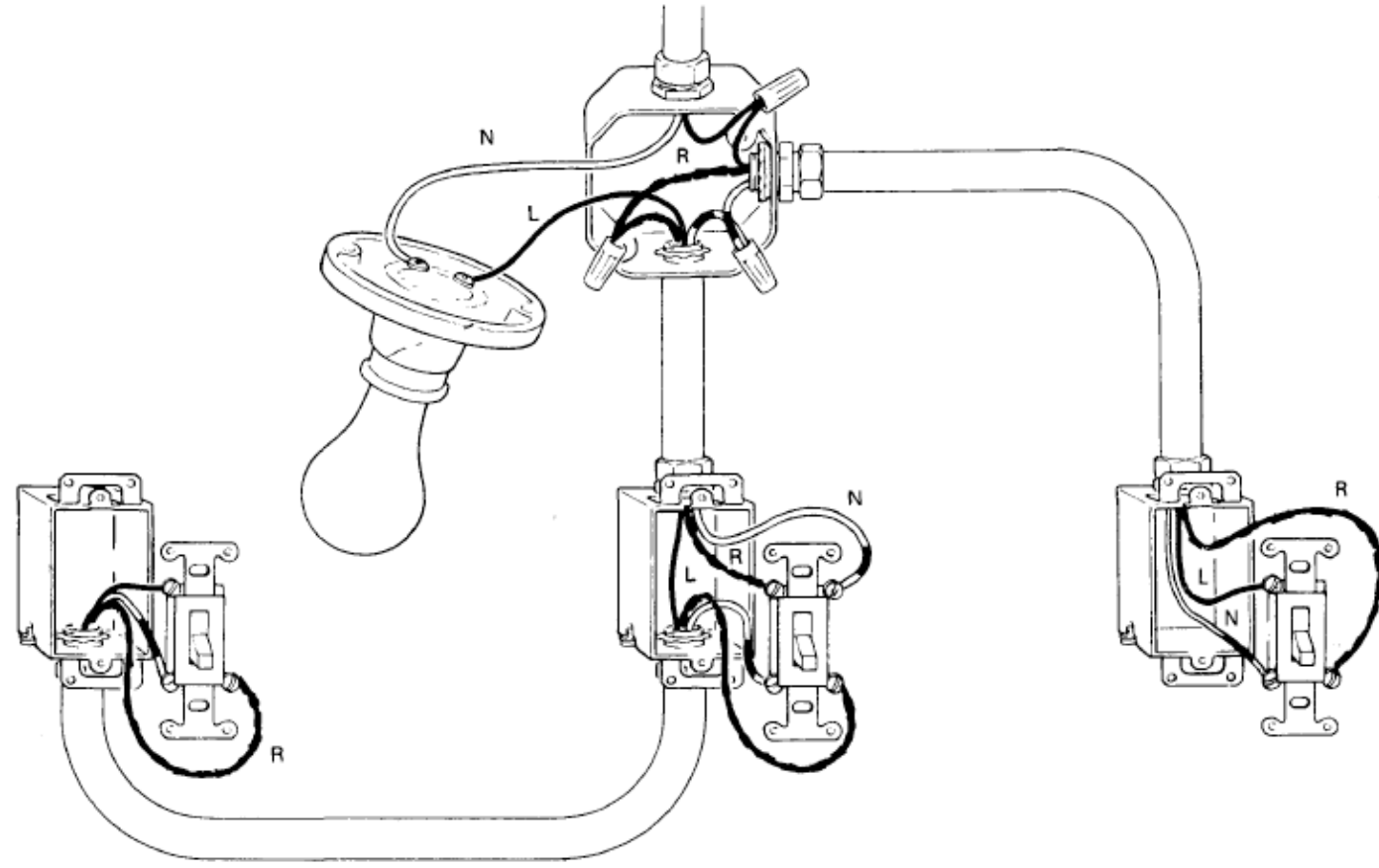
Interruptores



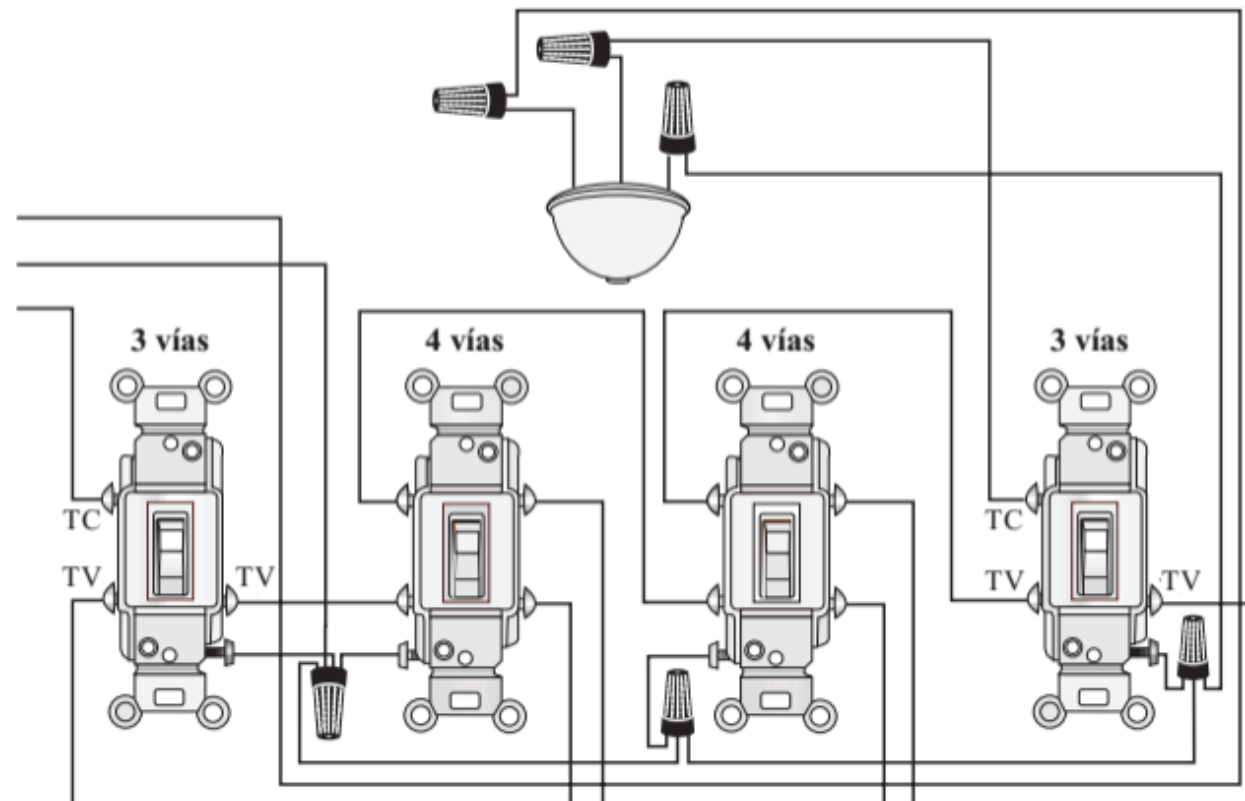
Control de una lámpara mediante dos interruptores de tres vías.
La alimentación entra por la lámpara.





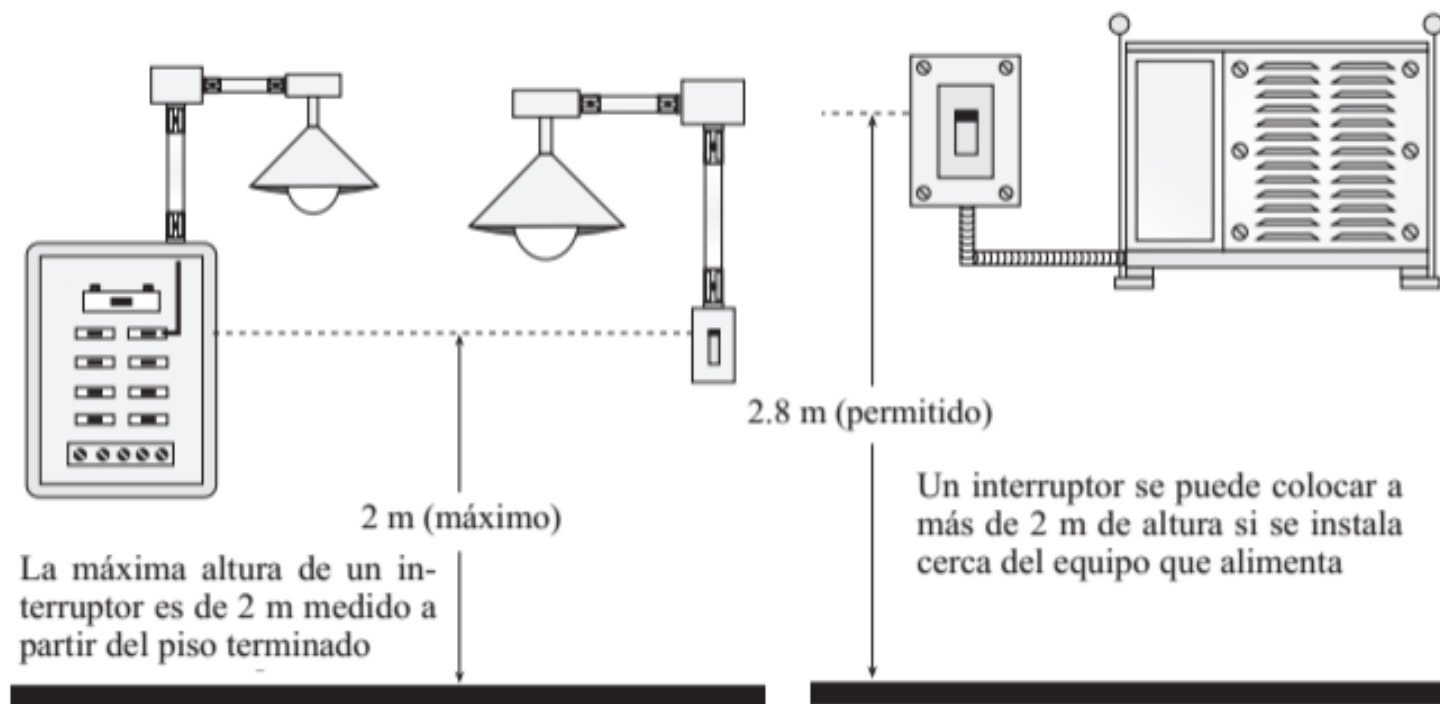


Interrupciones



Control de una lámpara desde cuatro sitios distintos, mediante dos interruptores de tres vías y dos de cuatro vías.

Interruptores



Alturas máximas de los interruptores.

Siguiendo lo establecido en los párrafos anteriores, es común colocar los interruptores a una altura de 120 cm a 140 cm desde el piso terminado hasta el medio de la caja que aloja al interruptor.

Proyecto eléctrico: Generalidades

Un buen proyecto eléctrico se ciñe, al menos, a las siguientes características:

1. El uso de materiales de calidad aprobados para la instalación. Esto incluye los materiales utilizados en la fabricación de conductores, canalizaciones, cajas, tomacorrientes, interruptores, luminarias, etc.
2. Cantidad suficiente de tomacorrientes, puntos de luz e interruptores ubicados en aquellos sitios que faciliten el uso de la instalación eléctrica.
3. Tableros con capacidad para responder a ampliaciones futuras.
4. Tubería adicional para posibles ampliaciones de la instalación eléctrica.
5. Acometida capaz de soportar la carga de diseño presente y futura.
6. Uso de conductor de puesta a tierra en la instalación y de puesta a tierra de las cubiertas metálicas de equipos, ambos para evitar choques eléctricos.
7. Uso de interruptores de falla a tierra (GFCI) y de falla de arco (AFCI) para desconectar los circuitos cuyo conductor activo se ponga a tierra o que produzcan chispas capaces de ocasionar un incendio.

Consumos estimados de equipos eléctricos

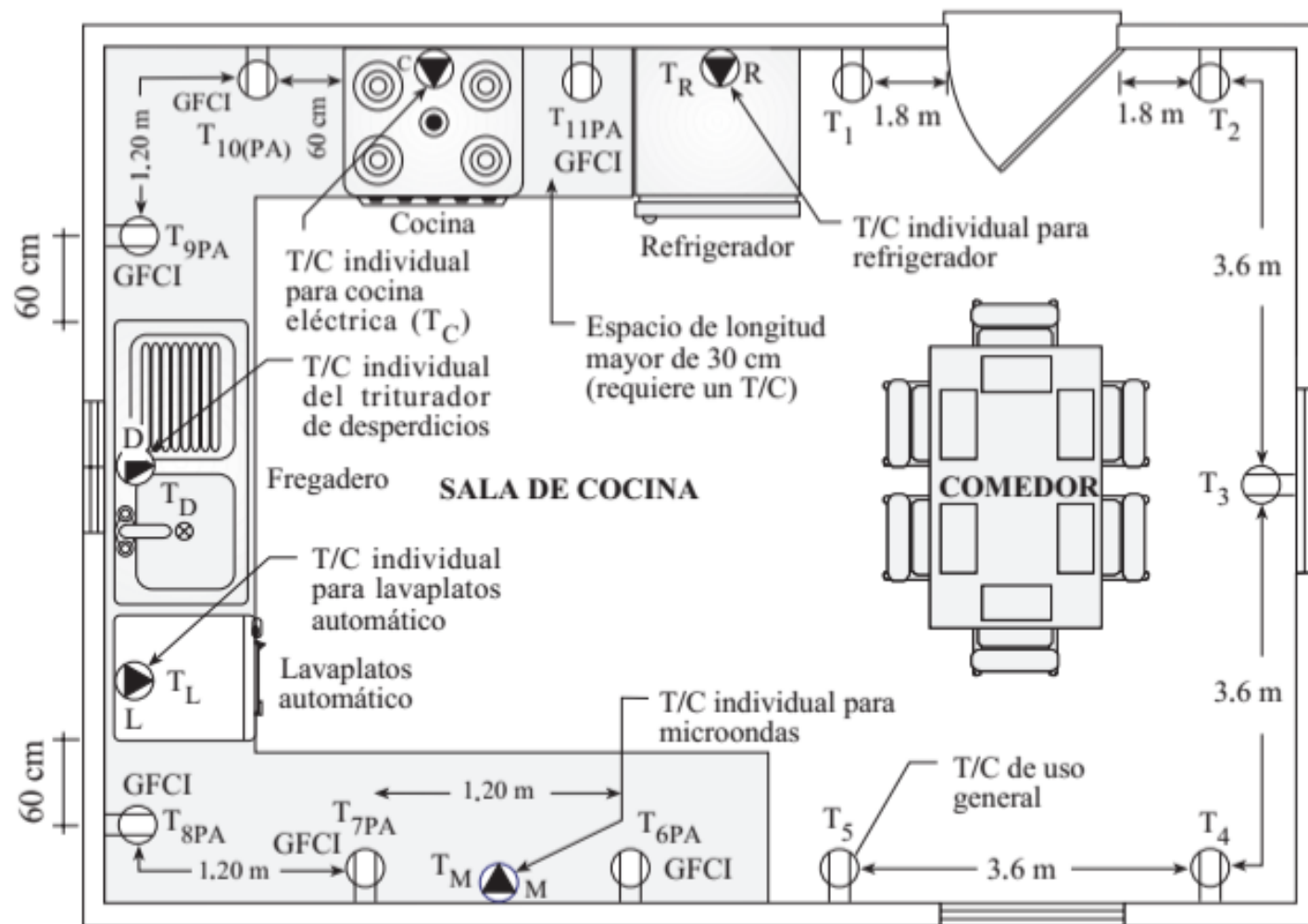
Equipo Eléctrico/Artefacto	Consumo (W)	Equipo Eléctrico/Artefacto	Consumo (W)
A.A. central 24000 BTU (2 ton)	1900	Cocina (4 hornillas)	8000
A.A. central 30000 BTU (2.5 ton)	2800	Cocina (horno + 4 hornillas)	12000
A.A. central 36000 BTU (3 ton)	2900	Computadora	60–250
A.A. central 60000 BTU (5 ton)	4900	Congelador (14 pies cúbicos)	350
A.A. tipo <i>split</i> 9000 BTU	820	Cuchillo eléctrico	360
A.A. tipo <i>split</i> 12000 BTU	1260	Deshumecedor portátil	90
A.A. tipo <i>split</i> 15000 BTU	1410	Ducha eléctrica	3500
A.A. tipo <i>split</i> 18000 BTU	1840	Equipo de sonido	100
A.A. tipo <i>split</i> 24000 BTU	2300	Esterilizador de teteros	500
A.A. tipo <i>split</i> 36000 BTU	2660	Horno grande	4000–8000
A. A. ventana 12000 BTU	800	Humificador	40
A. A. ventana 15000 BTU	1410	Impresora <i>deskjet</i>	20
A. A. ventana 18000 BTU	1840	Impresora láser	400
A. A. ventana 24000 BTU	2300	Lavadora automática	500
Abridor de latas	120	Lavaplatos	1200–1500
Aspiradora	650	Licuadaora	300
Batidora	200	Máquina de afeitar	20
Bomba de agua 1.5 HP	1120	Máquina de coser	100
Bomba de agua 1/3 HP	250	Microondas	600–1500
Cafetera	800	Olla arrocera	1000
Calentador de agua	3000	Plancha	360
Calentador de teteros	350	Procesador de alimentos	360

Tabla 7.1 Equipos y artefactos usados comúnmente en una residencia y su consumo típico en vatios.

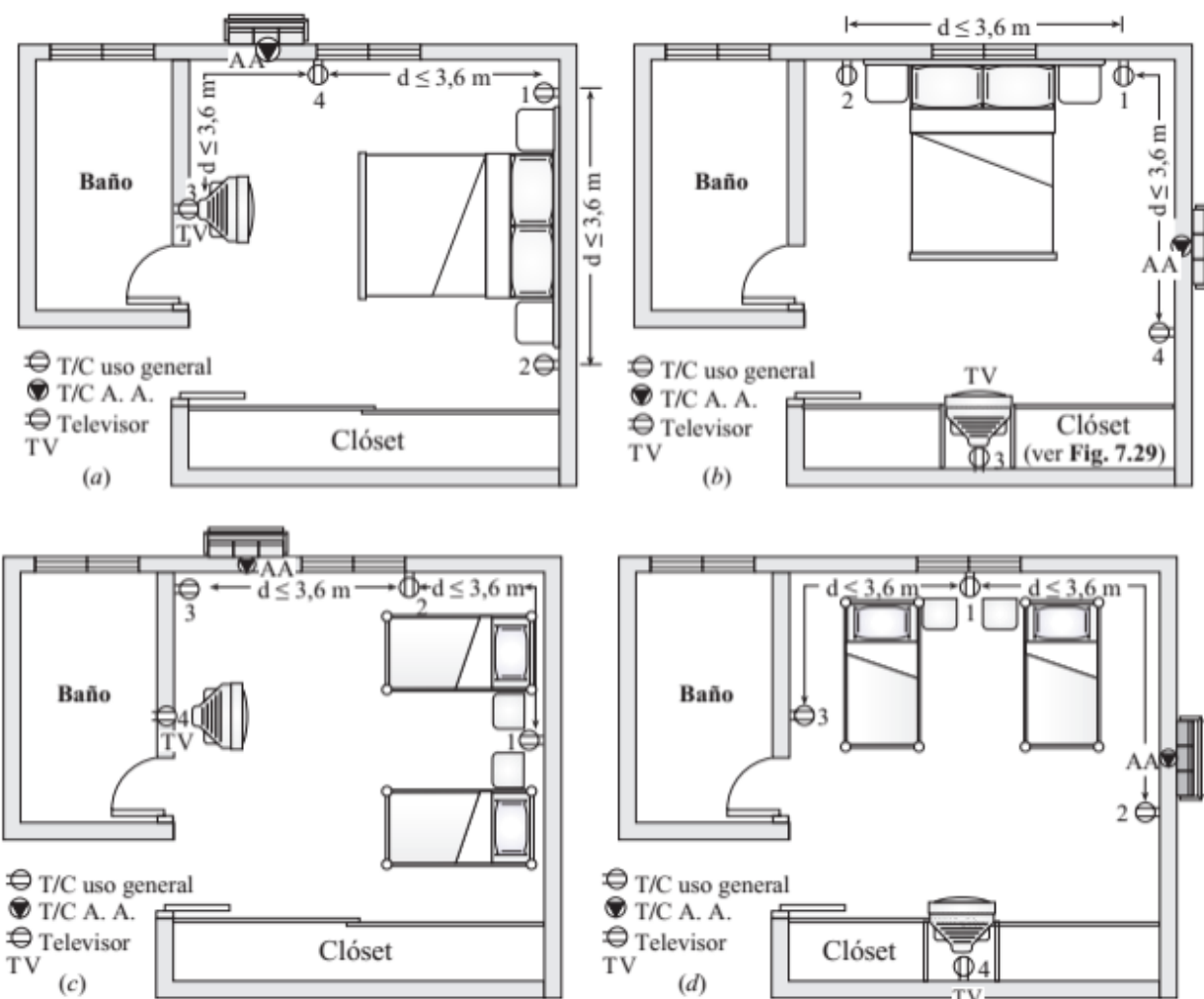
* Los consumos mostrados son solo ilustrativos. El consumo real puede variar de acuerdo con los avances tecnológicos.

Para optimizar la instalación eléctrica en una residencia, es recomendable que el diseño del proyecto comprenda los siguientes pasos:

1. Asegurar que el suministro de energía eléctrica esté disponible.
2. Establecer conversaciones con el dueño de la residencia, si se trata de un desarrollo individual, o con el grupo de familias, si se trata de proyectos colectivos o de interés social, con el fin de precisar los equipos y artefactos a utilizar en el hogar. Tomar las previsiones para futuras ampliaciones.
3. Precisar dónde se van a colocar los distintos puntos de tomacorrientes, lámparas, interruptores y todas aquellas salidas necesarias para desarrollar el cableado de la instalación en los planos arquitectónicos. Esto se deberá hacer en estrecha colaboración con el arquitecto y los propietarios residenciales. Aquí es necesario distinguir entre los tomacorrientes de uso general y los que alimentarán artefactos y equipos individuales.
4. Ubicar los sitios de colocación del tablero principal y de los subtableros.
5. Calcular el número de circuitos de alumbrado y de tomacorrientes. Añadir circuitos de reservas para futuras ampliaciones.
6. Dibujar el cableado de los circuitos de alumbrado y de tomacorrientes, así como establecer la forma de conectarlos a los tableros y subtableros.
7. Calcular el calibre de los conductores y de los ductos de la instalación eléctrica.
8. Determinar las protecciones de cada uno de los circuitos de la instalación eléctrica.
9. Verificar que la caída de tensión no supere lo sugerido por las normas.
10. Seleccionar el tipo de acometida: aérea o subterránea.
11. Calcular el calibre de la acometida.
12. Diseñar los sistemas de comunicación y de señales.

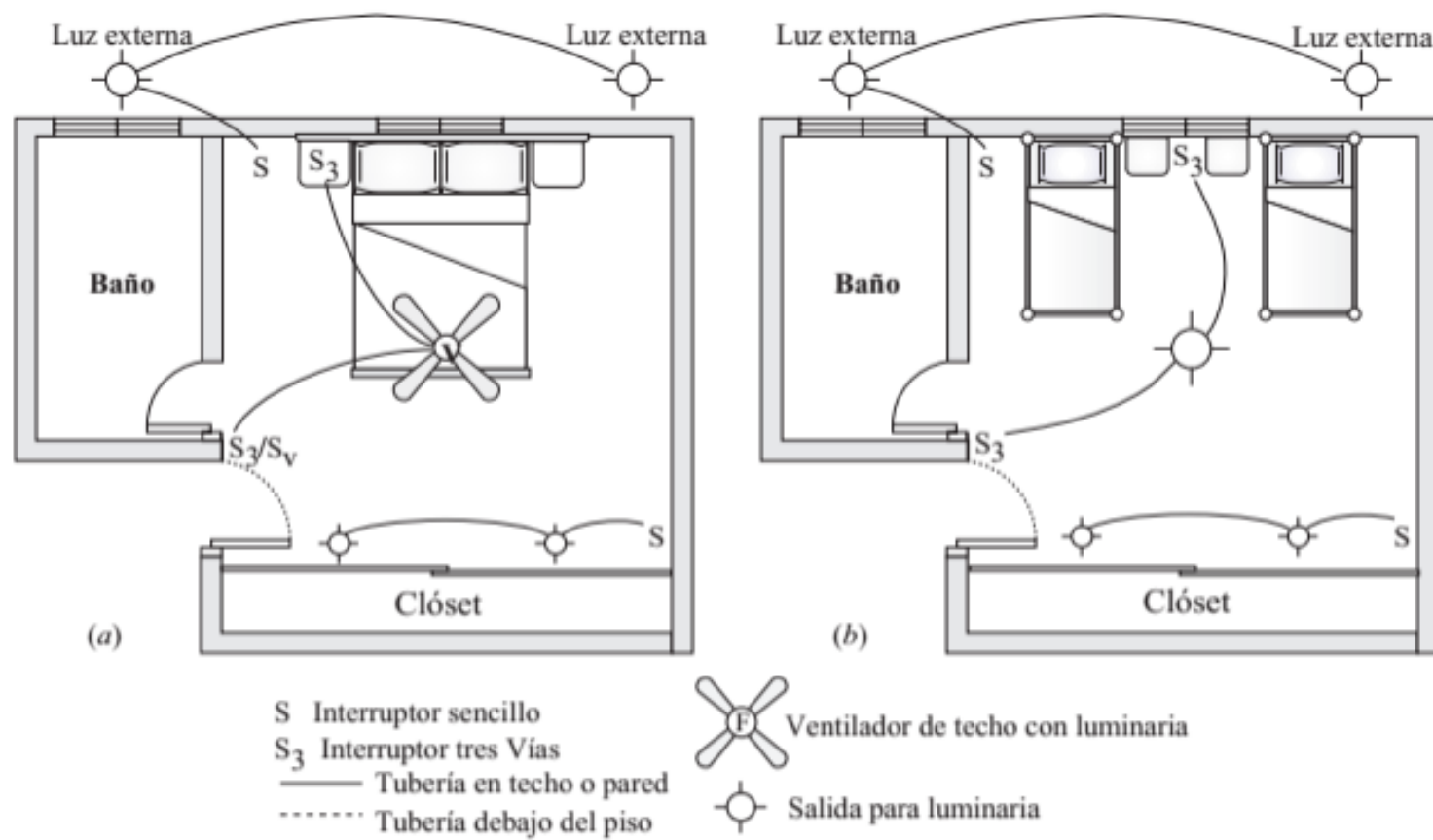


Distribución de tomacorrientes en la sala de cocina, según lo establecido por las normas eléctricas.

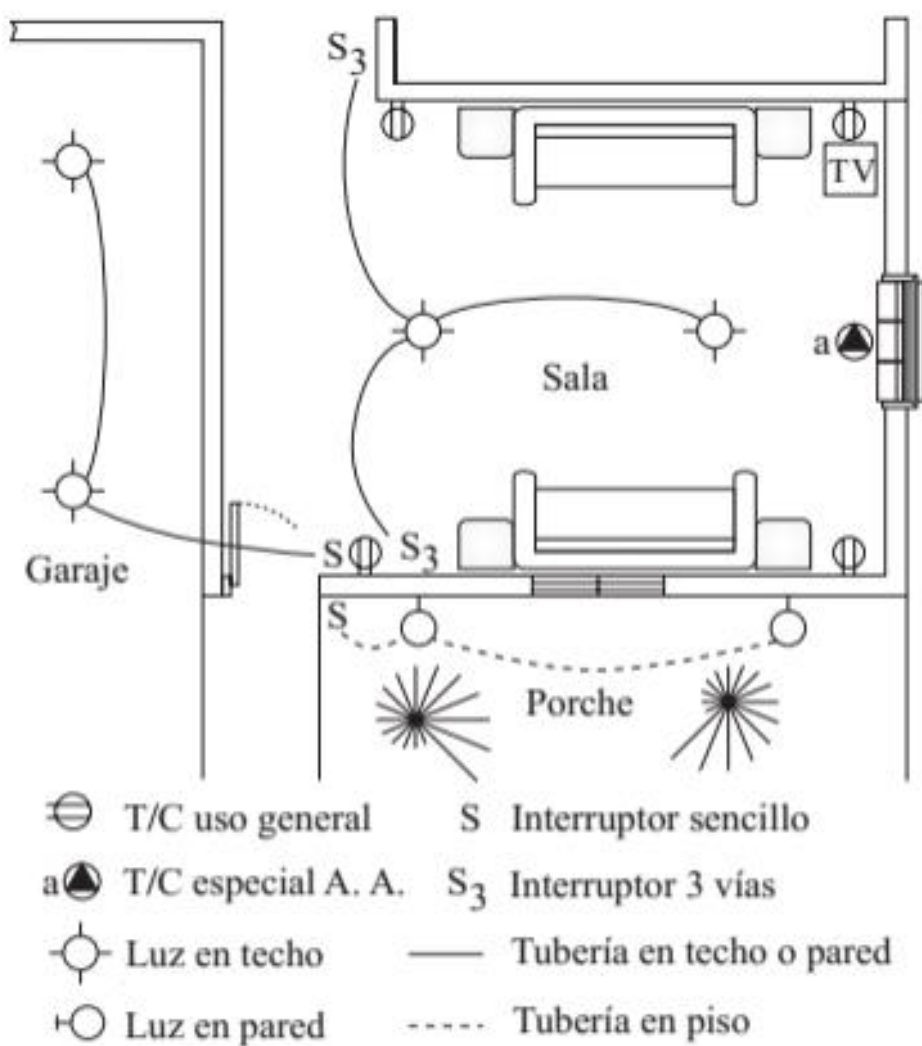


Nota: El tomacorriente del televisor es un tomacorriente de uso general.

Resumen de las alternativas para la ubicación de tomacorrientes en un dormitorio con camas matrimoniales o individuales.

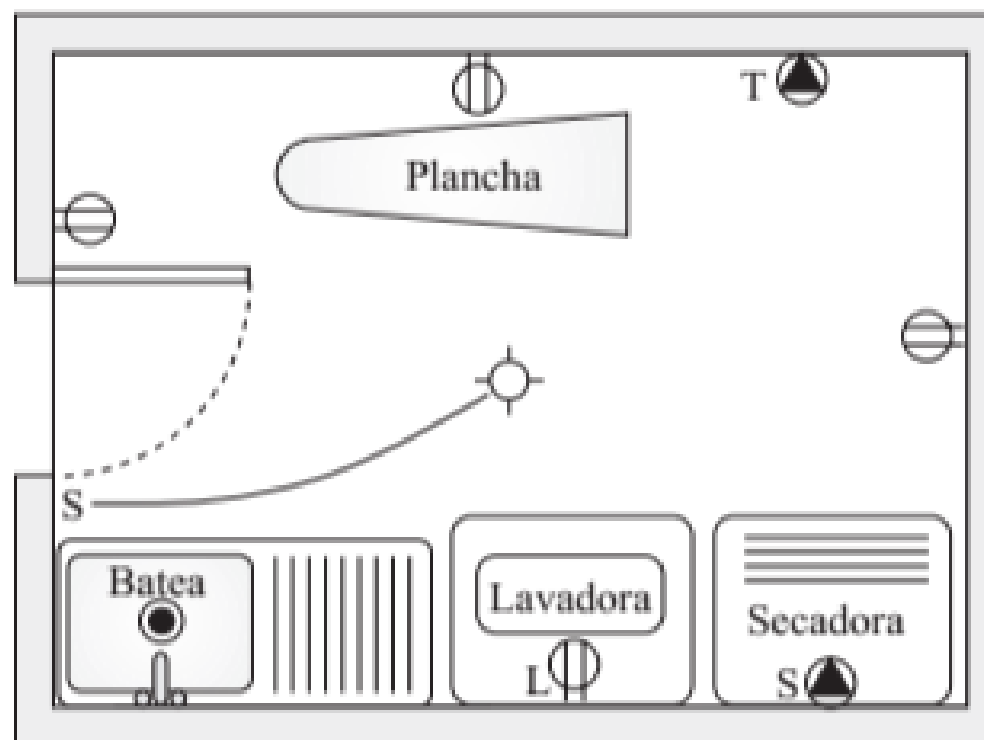


Iluminación y control de luminarias en un dormitorio.



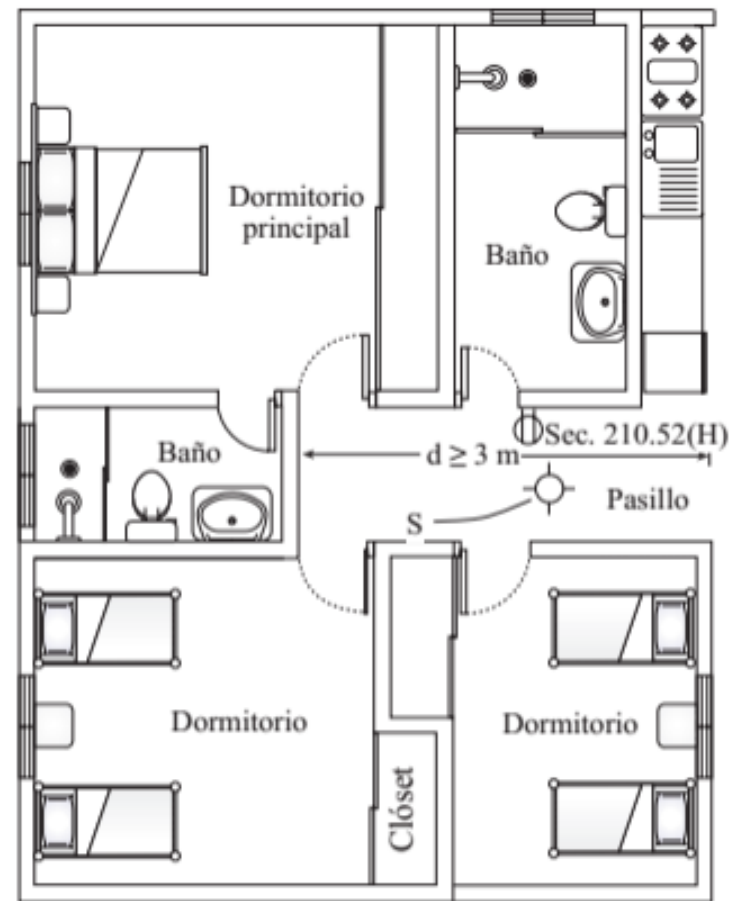
Nota: Uno de los T/C de la sala se usará para el televisor.

Distribución de luminarias con sus interruptores de control y tomacorrientes en la sala.

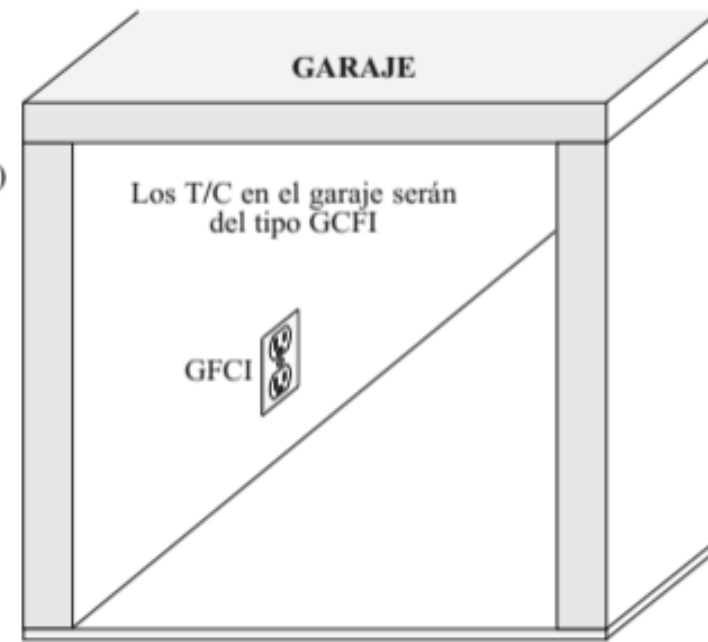


- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| ⊕ T/C uso general | S Interruptor sencillo |
| L ⊕ T/C lavadora | — Tubería en techo o pared |
| S ⊕ T/C secadora | ⊙ Luz en techo |
| T ⊕ T/C calentador de agua | |

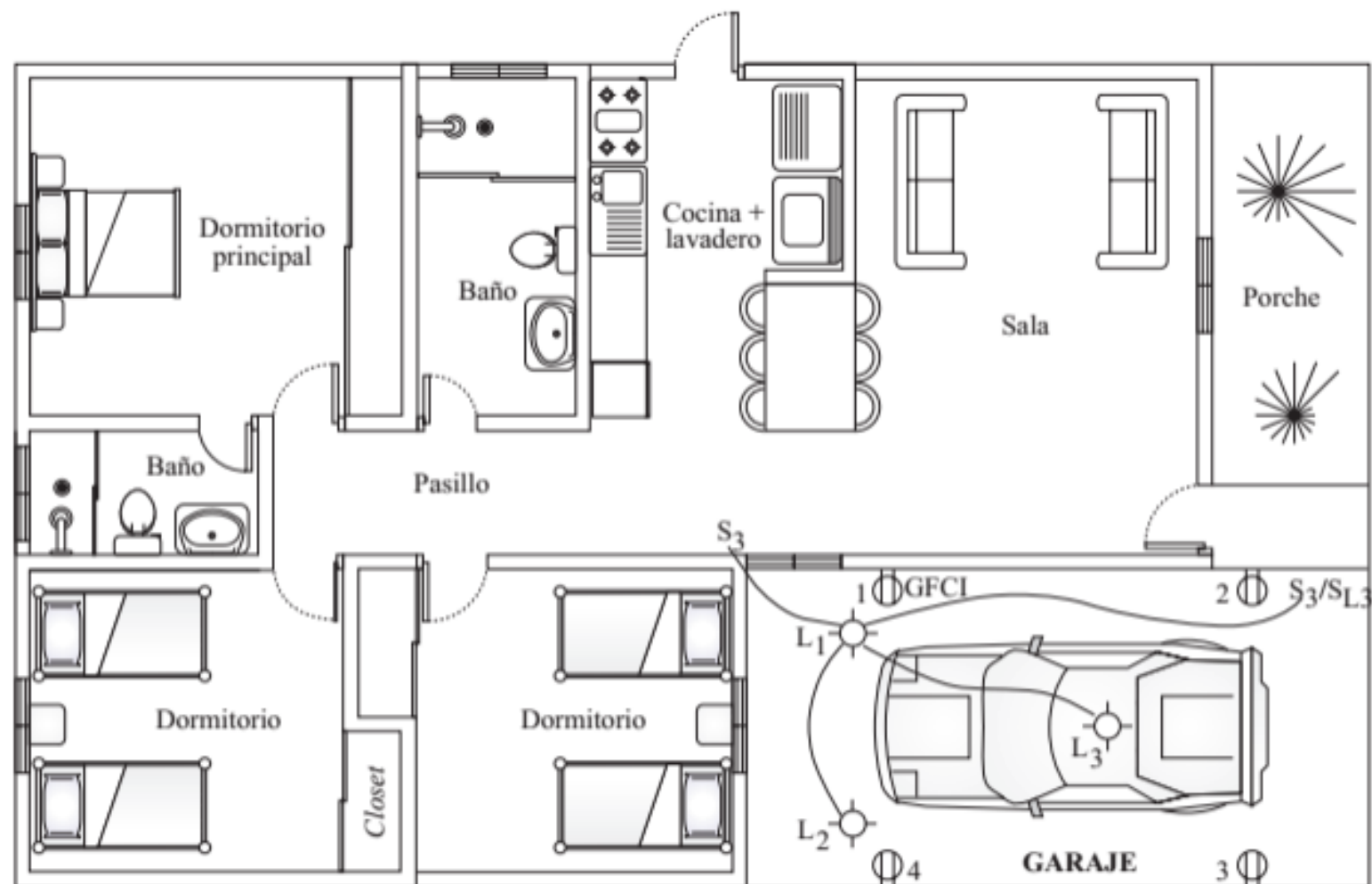
Luces y tomacorrientes en el lavadero.



En los pasillos se debe dejar, al menos, un tomacorriente y una salida para lámpara, controlada por un interruptor.



Los tomacorrientes en el garaje, con las excepciones citadas en el texto, deben ser del tipo GFCI.



Los T/C 2, 3 y 4 se conectan en cascada al T/C 1, que es del tipo GFCI, por lo que actúa como protección de los primeros.

Tomacorrientes y salidas de iluminación en un garaje.

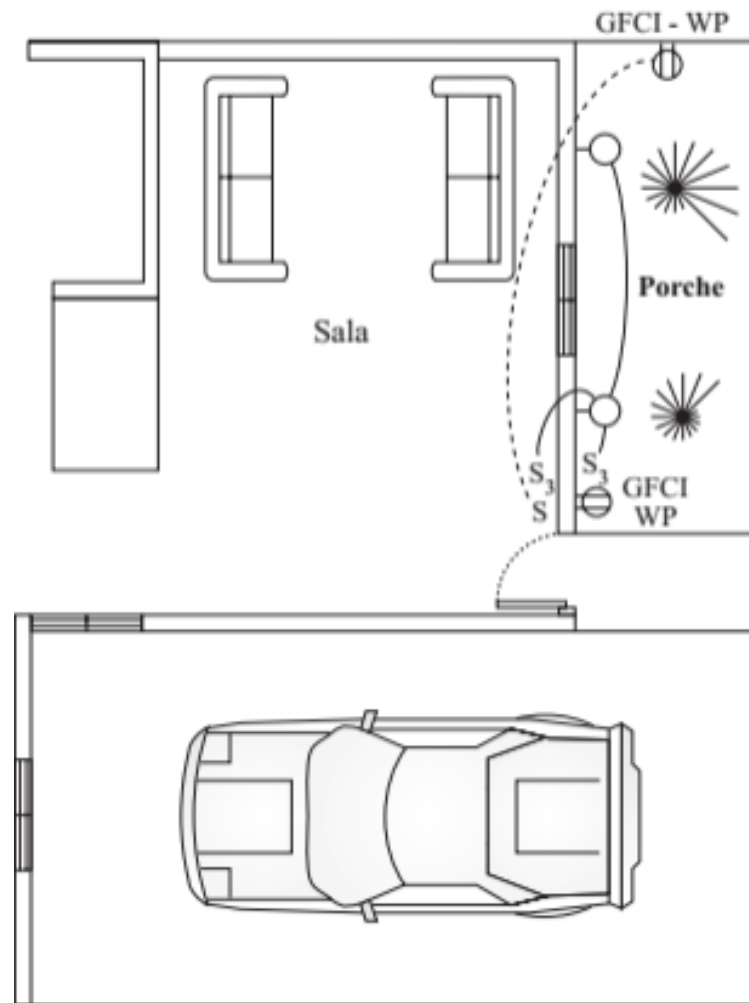


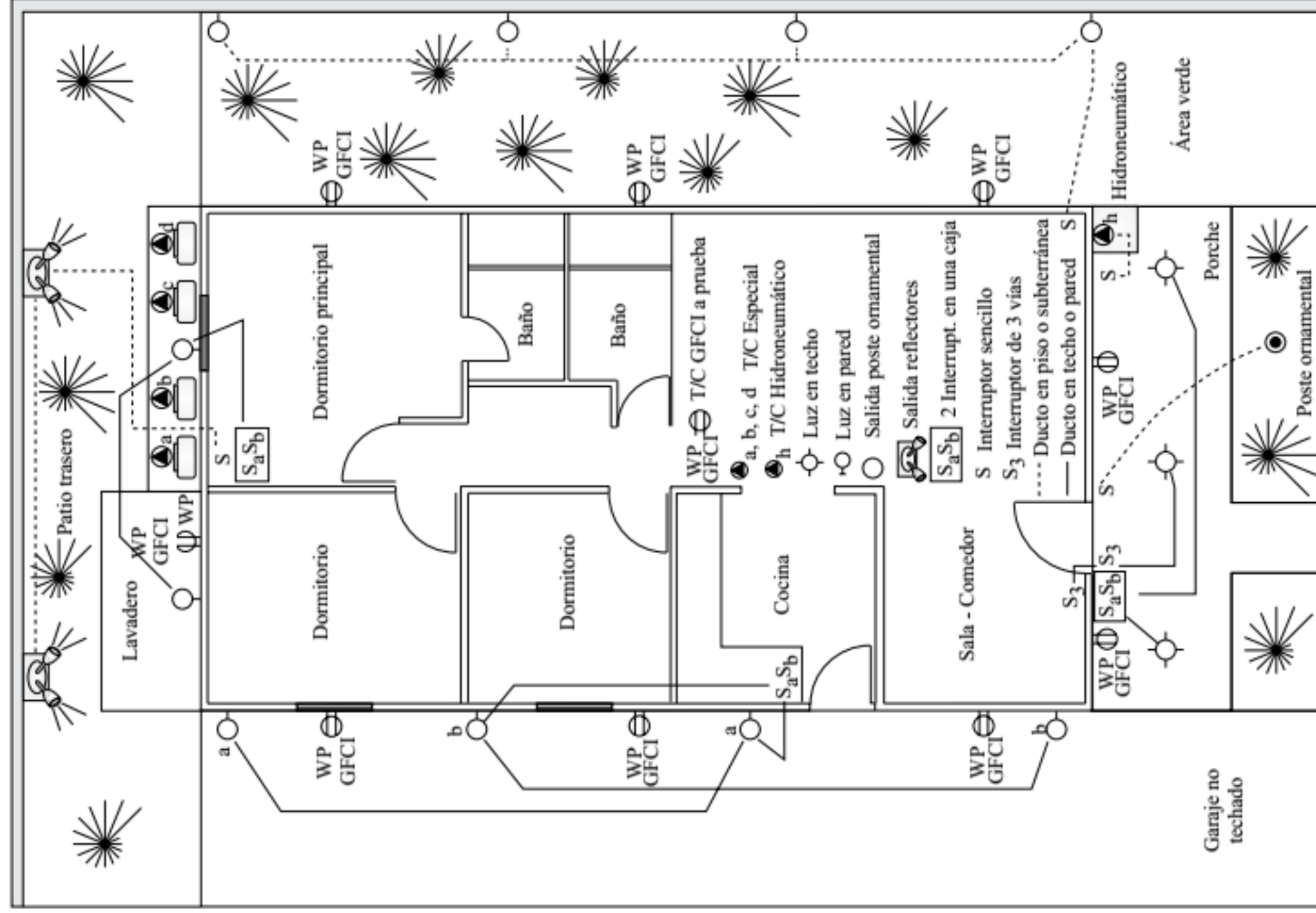
Fig. 7.41 Tomacorrientes y salida para luz en el porche.

Observa que los tomacorrientes del porche son protegidos contra la humedad (de allí las letras WP: *weather proof*), ya que esta zona, exterior a la residencia, puede estar sometida a factores climáticos como la lluvia. El porche se considera como un lugar húmedo, abierto, techado y no expuesto a lluvia batiente o al agua que se escurre por sus paredes.

Parte anterior (porche)

Tenemos los siguientes elementos:

- a) Un poste ornamental, colocado en el jardín y controlado por un interruptor S que se ubica al lado de la puerta de entrada.
- b) Una lámpara ubicada en el centro del porche, controlada por dos interruptores de tres vías, que pueden encenderla o apagarla exteriormente, desde el porche o, internamente, desde la sala. La idea detrás de este doble control es que una persona que llegue en la noche pueda fácilmente introducir la llave en la cerradura. Asimismo, si se desea iluminar el porche sin salir de la casa, se usa el interruptor interno de tres vías.
- c) Las dos lámparas de los extremos del porche completan el trío de luces que lo ilumina. Están controladas individualmente por un interruptor doble, S_a y S_b , colocado al lado de la puerta. De esta forma, se pueden encender de una a tres lámparas en el porche, garantizando una buena iluminación y un ahorro en el consumo, cuando no se necesite una cobertura luminosa completa.
- d) Se encuentran en el porche dos tomacorrientes de propósito general, a prueba de agua y protegidos contra fallas a tierra.
- e) Como el sistema hidroneumático se encuentra en el porche, se coloca un tomacorriente especial con un interruptor que controla el motor del equipo. En este caso, se trata de un motor monofásico de 120 V y 1/2 HP.



Distribución de salidas para luces y tomacorrientes en el exterior de una residencia.

Parte posterior (patio)

Se distinguen los siguientes elementos:

- a) Tenemos dos lámparas de pared que iluminan el área del lavadero y la zona encementada, donde están los compresores de los acondicionadores de aire de los dormitorios y de la sala. Estas salidas, controladas por un interruptor doble en el cuarto principal, sirven también como luces de seguridad durante la noche.
- b) Un interruptor GFCI, protegido contra la humedad, se coloca en el área del lavadero, donde se puede conectar una lavadora o cualquier otro artefacto eléctrico.
- c) Para iluminar el patio trasero se usan dos reflectores dobles controlados por un interruptor sencillo desde el cuarto principal.

Parte lateral izquierda (garaje)

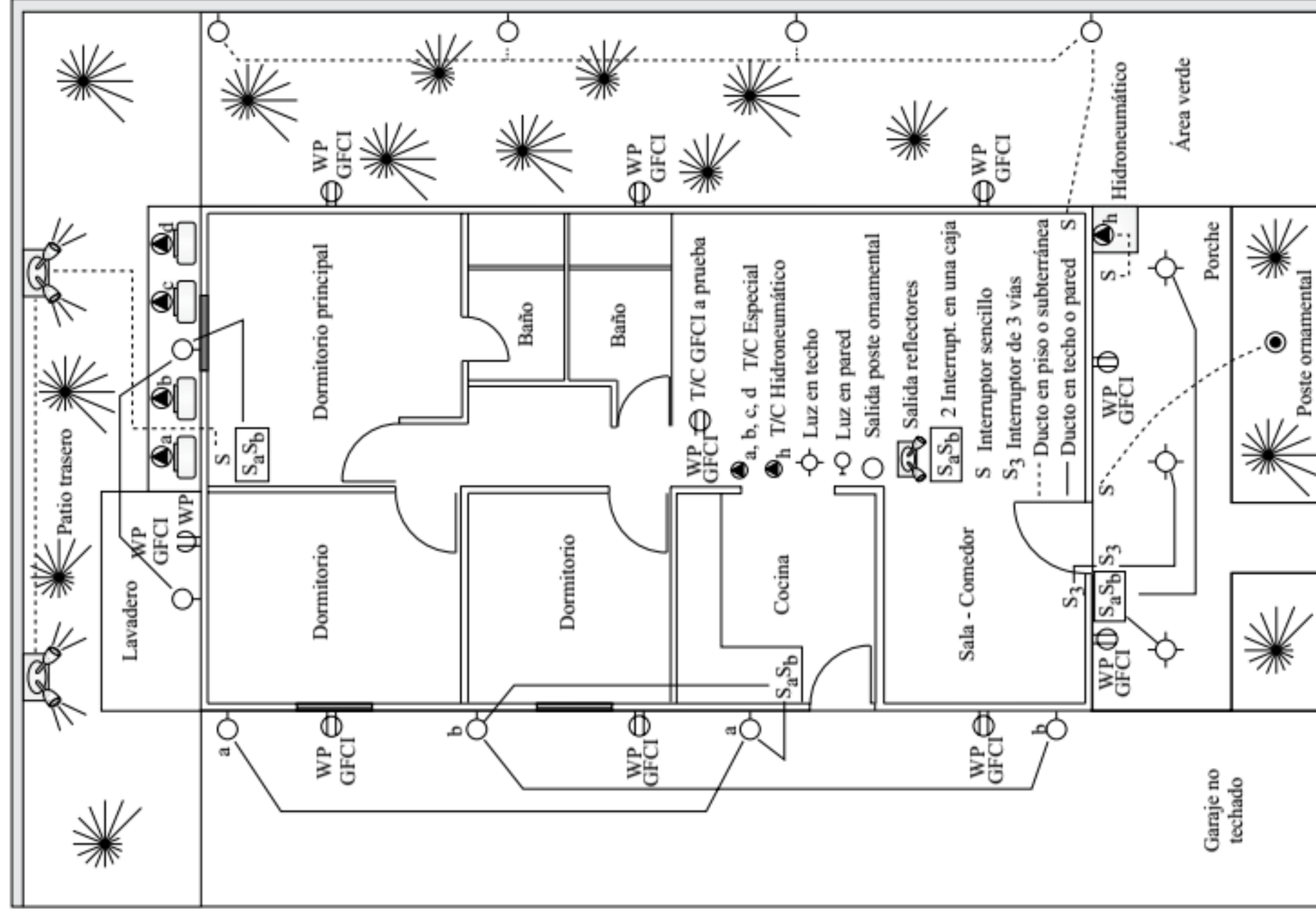
La superficie lateral izquierda se puede usar como garaje o como zona de esparcimiento; de allí que sea necesario colocar suficiente iluminación y los tomacorrientes que permitan conectar equipos de sonido y artefactos eléctricos:

- a) Se cuenta con cuatro luminarias externas de pared, controladas, en grupos de dos, por un interruptor doble colocado en la cocina. Esto permite ahorrar energía, al tenerse la opción de no encender todas las lámparas a la vez.
- b) Tres tomacorrientes GFCI, a prueba de agua, se ubican a lo largo del garaje.

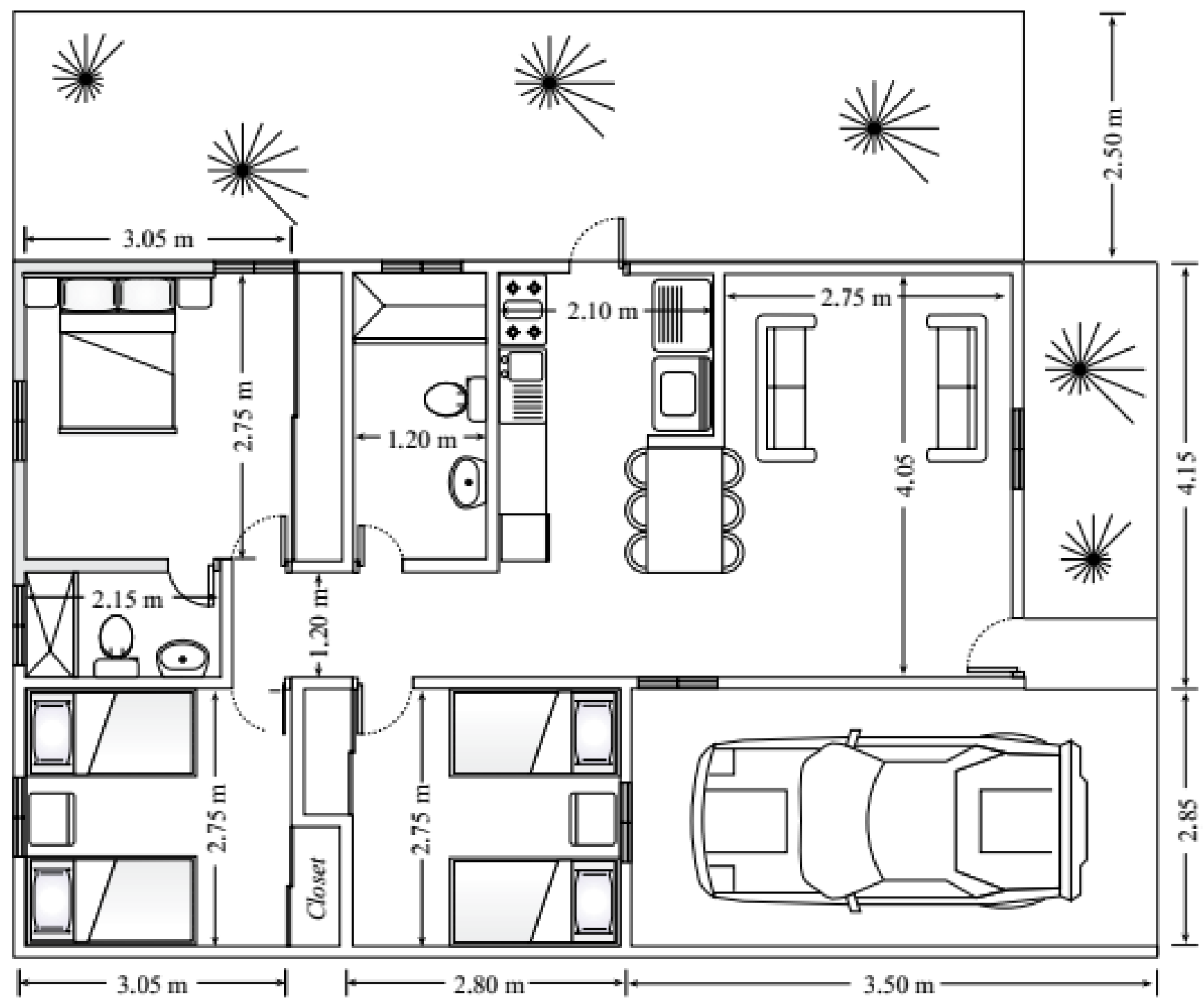
Parte lateral derecha (área verde)

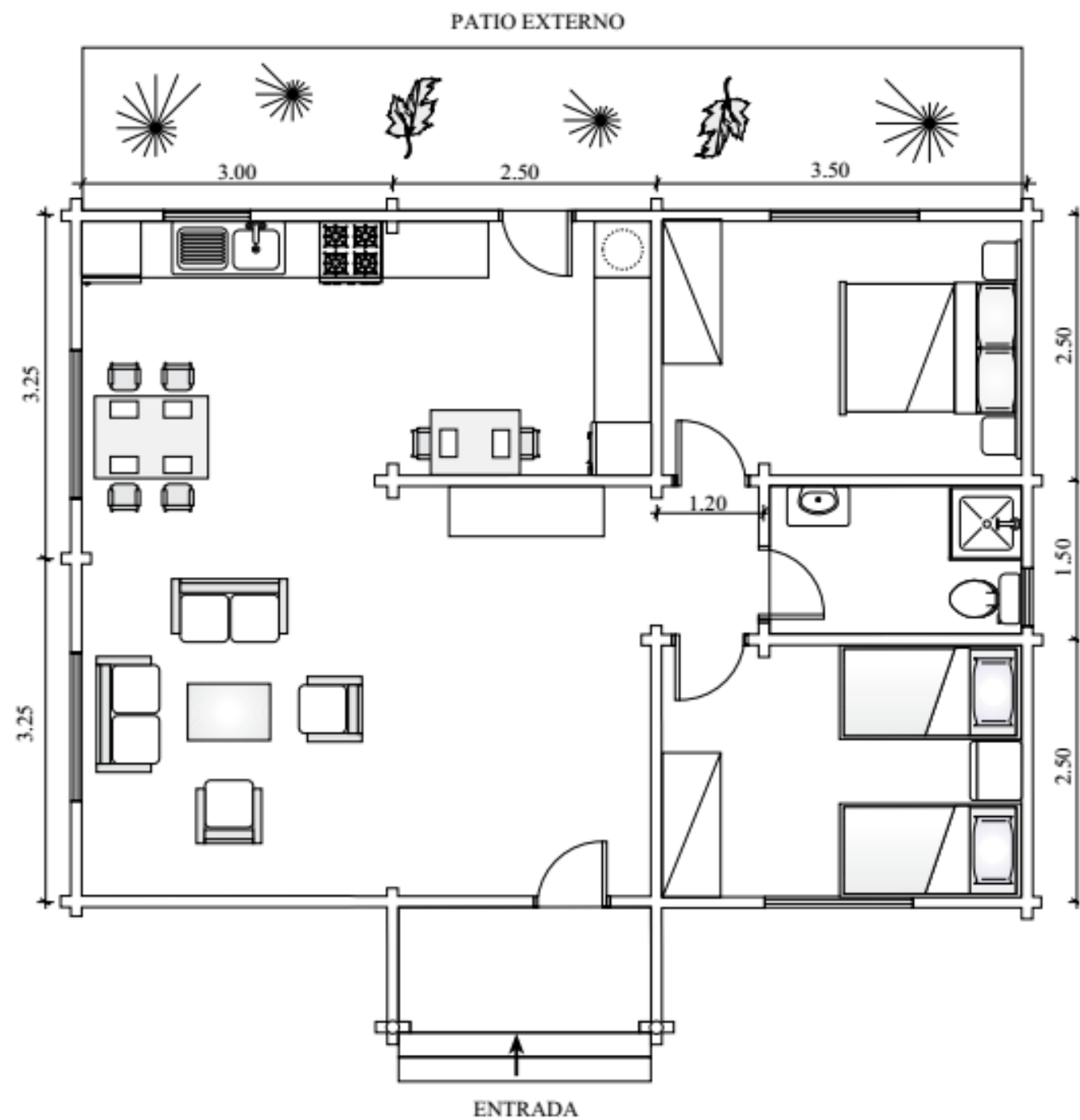
La superficie lateral derecha se puede usar como garaje o como zona verde. Los elementos eléctricos que se destacan son:

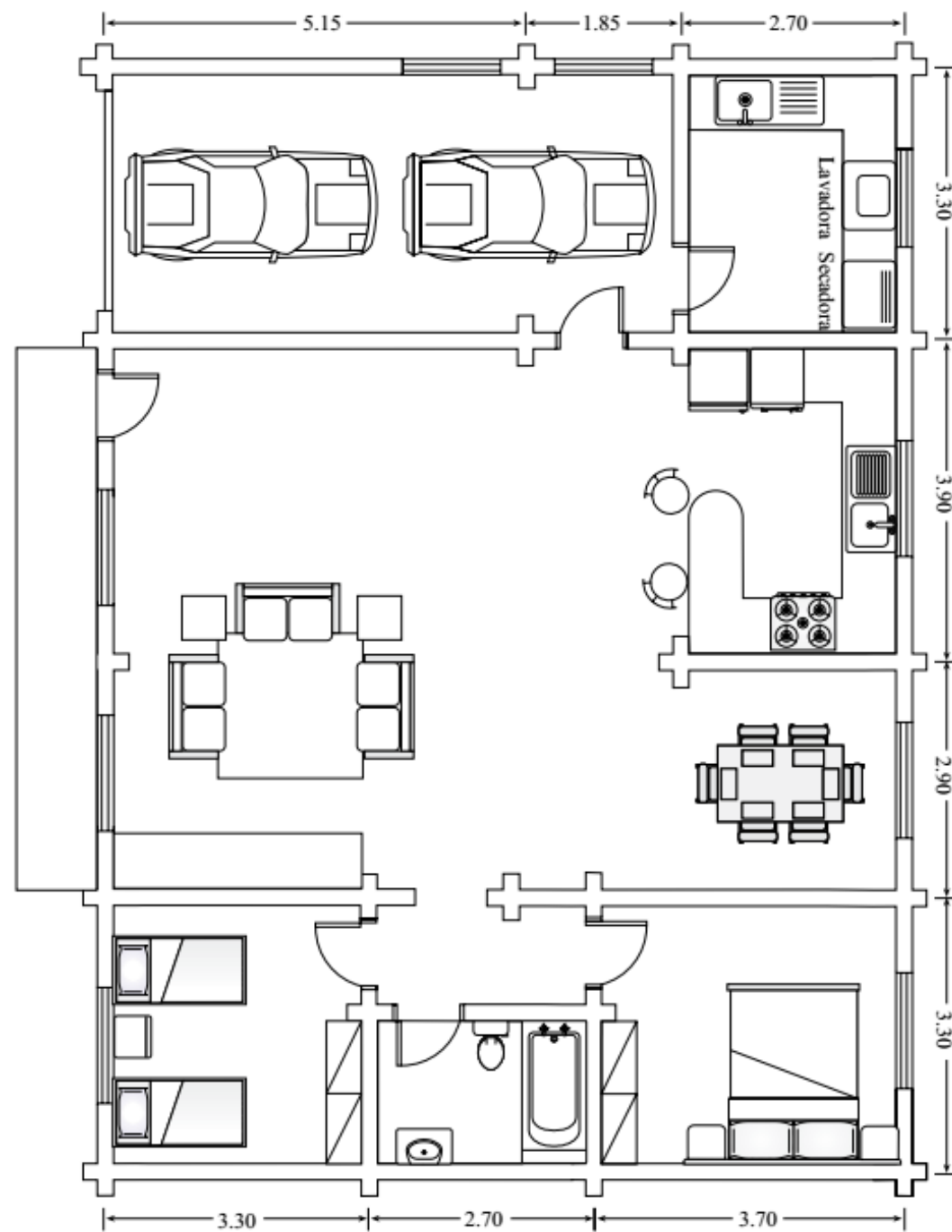
- a)* Cuatro lámparas de pared iluminan la zona a lo largo de la misma. Estas luces se controlan desde la sala. Se pueden apagar todas a la vez o se puede usar un interruptor doble para controlarlas en pares.
- b)* Tres tomacorrientes GFCI a prueba de agua se colocan para suministrar energía a cualquier artefacto eléctrico que se desee conectar en ese espacio.



Distribución de salidas para luces y tomacorrientes en el exterior de una residencia.







Acometidas

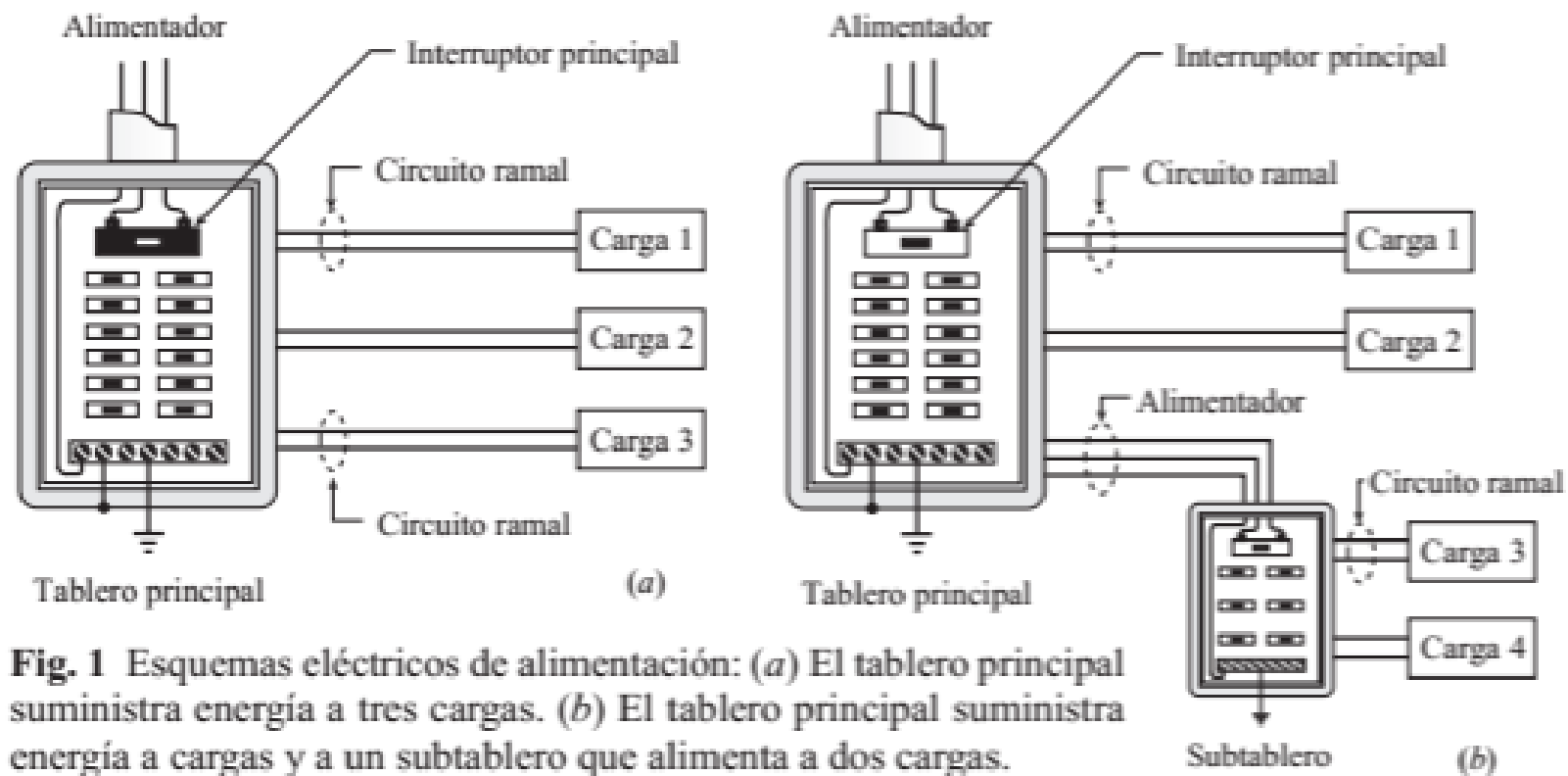


Fig. 1 Esquemas eléctricos de alimentación: (a) El tablero principal suministra energía a tres cargas. (b) El tablero principal suministra energía a cargas y a un subtablero que alimenta a dos cargas.

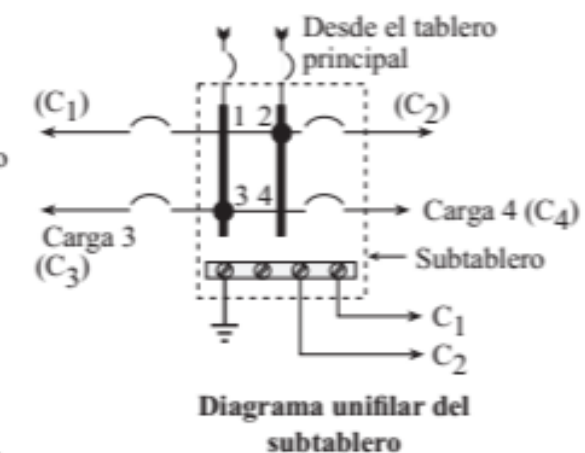
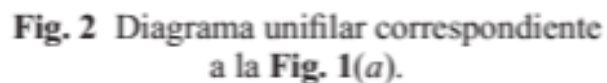


Fig. 3 Diagrama unifilar correspondiente a la Fig. 1(b).

Cuando se trata de viviendas multifamiliares (conjuntos de apartamentos, edificios), el centro de medición y protecciones surte energía a los tableros que alimentan a cada una de las viviendas individuales, tal como lo indica la **Fig. 4**. El interruptor principal protege a toda la instalación y cada uno de los alimentadores de los tableros está también protegido por un interruptor individual.

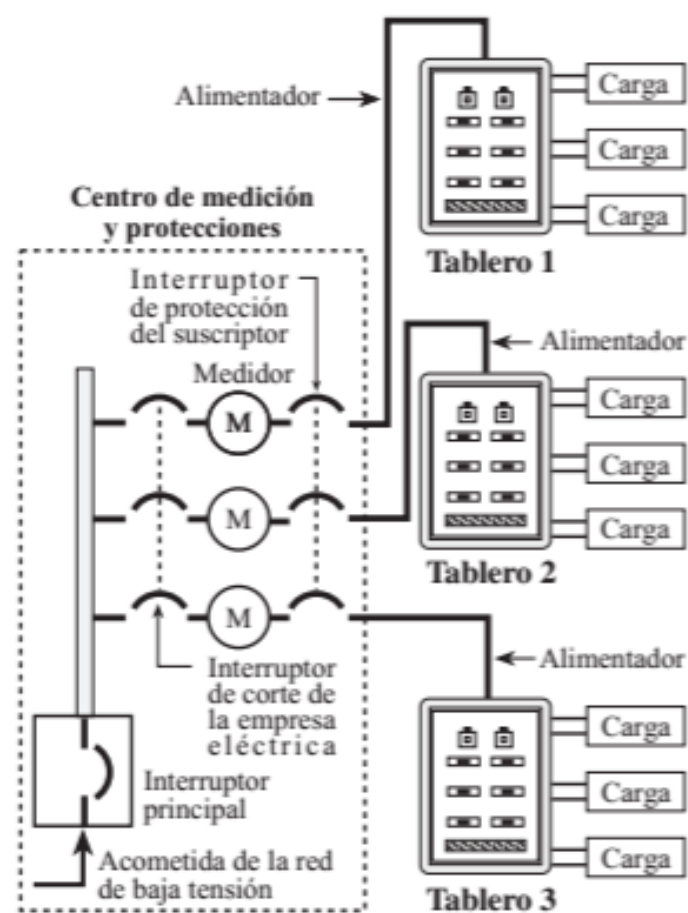


Fig. 4 El centro de medición y protecciones surte energía a todos los tableros que se encargan de alimentar a cada una de las cargas.

› Determinación del calibre apropiado del conductor del alimentador:

1. Se deben utilizar las siguientes recomendaciones para ubicar las salidas de tomacorrientes y luminarias en los distintos ambientes de la vivienda. Asimismo, se trató allí el número de circuitos a considerar en cada uno de esos espacios. Así, tenemos:

a) Cocina y comedor: Se deben destinar, por lo menos, dos circuitos de 20 A para pequeños artefactos, a fin de alimentar el área de la cocina, el comedor y sus áreas conexas.

b) Salas de baño: Se requiere un circuito individual de 20 A para tomacorrientes en cada sala de baño. A este circuito no se debe conectar ningún tomacorriente que no esté dentro de la sala de baño.

c) Lavadero: Se requiere al menos un circuito ramal de 20 A para alimentar a los tomacorrientes. A este circuito no se le debe conectar ninguna otra salida.

d) Circuitos individuales: Se dejarán salidas individuales para artefactos eléctricos de un consumo relativamente grande, entre los cuales figuran acondicionadores de aire, cocinas eléctricas, unidades de calefacción, calentadores de agua y secadoras de ropa.

2. Se deben aplicar los conceptos sobre protecciones de los circuitos ramales para calcular los dispositivos de protección.

3. Se usarán los siguientes criterios y relaciones para el diseño:

a) *Cargas mínimas*: Se usa la **Tabla A1 (Apéndice)*** para seleccionar las cargas de iluminación general (VA) por m² o ft² en distintos ambientes. Para unidades residenciales se establece un mínimo de 33 VA/m².

b) *Circuitos ramales de 15 A*: La relación siguiente permite calcular el número de circuitos de 15 A en una residencia:

$$N_{15} = 0.01833 \cdot \text{Área}$$

c) *Circuitos ramales de 20 A*: La relación siguiente permite calcular el número de circuitos ramales de 20 A:

$$N_{20} = 0.01375 \cdot \text{Área}$$

d) *Circuitos ramales de 20 A para pequeños artefactos*: De acuerdo con lo establecido por las normas eléctricas, si el área de la cocina es inferior a 145.46 m², basta con dos circuitos para pequeños artefactos. En caso contrario, hay que aumentar el número de circuitos.

Las siguientes cargas se tendrán en cuenta para el cálculo de los alimentadores. Otras cargas, distintas a las mencionadas, serán consideradas según el consumo indicado en sus placas de características.

a) *Circuitos de pequeños artefactos*: Se computarán $2 \cdot 1500 = 3000$ W para los dos circuitos de pequeños artefactos.

b) *Circuito del lavadero*: Se tendrá en cuenta una carga de 1500 W, que se agregará a las cargas de los circuitos de iluminación y a la de los pequeños artefactos.

c) *Circuito de las salas de baños*: Esta carga se considera incluida en los 33 VA/m² correspondientes a la carga por iluminación de una vivienda.

d) *Cocinas eléctricas*: Referirse a las normas y a la **Tabla A2 (Apéndice)** para determinar la carga correspondiente.

e) *Calentadores de agua*: Serán computados como cargas continuas cuyos valores dependerán del consumo marcado en placa.

f) *Secadoras de ropa*: La carga será un mínimo de 5000 W o la marcada en la placa del artefacto si esta es mayor. La **Tabla A3 del Apéndice** especifica los factores de demanda para varias secadoras.

g) *Lavaplatos eléctrico*: Se tomará una carga igual al 125% de la indicada en la placa.

h) *Compactador de basura*: Se usará una carga igual a la indicada en la placa o el 125% de la corriente nominal del motor: la que sea mayor.

i) *Triturador de desperdicios*: Se usará una carga igual a la indicada en la placa o el 125% de la corriente nominal del motor: la que sea mayor.

j) *Nevera o congelador*: La carga se considera incluida en la iluminación general.

k) *Horno de microondas*: Se empleará la carga indicada en la placa del artefacto.

l) *Acondicionadores de aire*: Se usarán los valores de corriente de la **Tabla A4 (Apéndice)**, de acuerdo con la potencia del motor expresada en HP, o, si se conoce la potencia del equipo en VA, se puede utilizar este valor.

Cálculo de alimentadores/acometidas. Método estándar

Cálculo de la carga en circuitos ramales

Normativa 1. Se refiere a las cargas de iluminación para distintos ambientes. En la **Tabla A1** del **Apéndice** se indica que el factor a utilizar, en caso de viviendas, es 33 VA/m^2 .

Normativa 2. Las cargas no previstas en la *normativa 1* serán calculadas según su consumo en amperios, como se describe en el libro de esta serie sobre circuitos ramales.

Normativa 3. Para la carga de las secadoras eléctricas, hay que referirse en el libro de esta serie sobre circuitos ramales. Se debe utilizar una carga de 5000 vatios, aun cuando sea menor que este valor, o lo que marque la placa del artefacto: el valor que sea mayor. Para la carga de cocinas eléctricas, nos referiremos a la **Tabla A2 (Apéndice)**.

Normativa 4. Cuando una salida alimenta a luminarias, la carga se estimará según la capacidad máxima en VA del equipo y las lámparas para las cuales las luminarias estén especificadas.

Normativa 5. En la carga general de iluminación de viviendas unifamiliares y viviendas multifamiliares, mencionada en la **Tabla A1 (Apéndice)**, están incluidas las siguientes cargas:

- a) Los tomacorrientes de uso general, de 15 o de 20 A, incluyendo las de salas de baño.
- b) Las salidas de tomacorrientes de uso general para ambientes exteriores, sótanos y garajes.
- c) Las salidas de iluminación en viviendas.

Normativa 6. La carga total no superará la capacidad del circuito ramal ni tampoco las cargas máximas citadas a continuación:

a) Cargas operadas por motor o combinadas: Si un circuito alimenta solo a cargas operadas por motores, se aplicará el **art. 430.24 del CEN (Referencia 1 en Apéndice)**. Cuando alimente solo a acondicionadores de aire o de refrigeración, o a ambos, se aplicará el **art. 440.33 del CEN**. Para circuitos que alimenten a cargas de equipos operados por motores mayores de 1/8 hp y fijos, en combinación con otras cargas, la carga total calculada será 125% de la carga del motor mayor, más la suma de las otras cargas. (**Referencia 2 en Apéndice**).

b) Cargas de iluminación inductivas: Para circuitos que alimenten a unidades de iluminación que tengan balastos y transformadores, la carga se basará en los amperios que estén marcados en las unidades de iluminación y no en la potencia total de las lámparas.

Cálculo de acometidas/alimentadores

Normativa 1. La carga calculada de un alimentador o de una acometida no debe ser menor que la suma de las cargas de los circuitos ramales alimentados después que se hayan aplicado los factores de demanda correspondientes.

Normativa 2. Los factores de demanda, de la **Tabla 1** la (**Tabla A5 del Apéndice**), se aplicarán a la porción de la carga total calculada para iluminación general.

Tipo de ambiente	Porción de carga de alumbrado al cual se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda (%)
Hogares (incluye casas y apartamentos)	Primeros 3000 o menos	100
	Desde 3001 a 120000	35
	Remanente sobre 100000	25
Hospitales	Primeros 50000 o menos	40
	Remanente sobre 50000	20
Hoteles y moteles (incluye casas de apartamentos sin facilidades de cocina para huéspedes)	Primeros 20000 o menos	50
	Desde 20001 hasta 100000	40
	Remanente sobre 100000	30
Almacenes (depósitos)	Primeros 12500 o menos	100
	Remanente sobre 12500	50
Todos los demás	Total voltios-amperios	100

Tabla 1 Factores de demanda para cargas de iluminación (**Apéndice, Tabla A5**).

Normativa 3. Los conductores de una combinación de motores y otras cargas tendrán una ampacidad no inferior al 125% de la corriente a plena carga del motor mayor más la suma de las corrientes a plena carga de los otros motores y de las otras cargas.

Normativa 4. La carga de los equipos fijos de calefacción se calculará al 100% de la carga conectada. En ningún caso la capacidad nominal del alimentador será menor que la del mayor circuito ramal alimentado.

Normativa 5. (a) En cada vivienda la carga de los circuitos de pequeños artefactos se calculará con base en 1500 VA por cada circuito. (b) Se incluirá una carga no menor de 1500 VA para un circuito ramal dedicado al lavadero.

En ambos casos, esta carga podrá ser incluida en la carga general de iluminación y estará sujeta a los factores de demanda de la **Tabla 1**.

Normativa 6. En viviendas unifamiliares o multifamiliares se permite aplicar un factor de demanda del 75% a la carga indicada en la placa de características cuando al circuito estén conectados cuatro o más artefactos fijos que no sean cocinas eléctricas, secadoras de ropa y equipos de calefacción o de aire acondicionado.

Normativa 7. La carga para una secadora eléctrica de ropa en una vivienda será de 5000 W o lo que marque la placa: el valor que sea mayor. Se permite el uso de los factores de demanda de la **Tabla A3 (Apéndice)**. Cuando dos o más secadoras sean alimentadas por un alimentador o acometida trifásica de cuatro hilos, la carga total será calculada como dos veces el número máximo conectado entre cualesquiera dos fases.

Normativa 8. La carga de las cocinas eléctricas será calculada según lo tratado en lo expuesto en la **Tabla A2 (Apéndice)** de este libro.

Normativa 9 (cargas no coincidentes). Cuando sea muy improbable que dos cargas se utilicen al mismo tiempo, se permite solo el uso de la mayor para los efectos del cálculo de alimentadores y acometida.

El caso típico corresponde a una vivienda que tenga calefacción y aire acondicionado, equipos que no se utilizan simultáneamente.

Normativa 10 (carga en el neutro del alimentador o de la acometida). La carga del neutro será la carga máxima computada entre el neutro y cualquiera de los conductores de fase.

Las cargas conectadas entre fase y fase no dan lugar a ninguna corriente sobre el neutro y, por tanto, no se deben tener en cuenta cuando se determina el calibre del neutro de los alimentadores o de la acometida.

Normativa 11 (reducciones permitidas en el calibre del neutro del alimentador o acometida). Podrán ser aplicadas reducciones adicionales del 70% en el calibre del neutro, en los casos mencionados a continuación:

Ejemplo

Una familia posee una vivienda de 75 m^2 en la cual no se requieren acondicionadores de aire ni calefacción. La cocina es a base de gas natural y se utiliza la energía solar para el secado de la ropa. Si el voltaje de entrada es monofásico 208 V y se utiliza un horno de microondas con potencia 1000 VA, determine: *a)* el número de circuitos de 15 A; *b)* la carga de iluminación; *c)* la carga para pequeños artefactos; *d)* la carga del lavadero; *e)* el calibre del conductor activo y el neutro de la acometida, y *f)* el dispositivo de protección a usar para el tablero principal, dibujando un diagrama unifilar de dicho tablero.

a) NÚMERO DE CIRCUITOS DE 15 A: Usamos la siguiente para calcular el número mínimo de circuitos de 15 amperios:

$$N_{15} = 0.01833 \cdot \text{Área} = 0.0183 \cdot 75 = 1.37$$

De acuerdo con el resultado anterior se deben utilizar, al menos, dos circuitos de 15 A.

b) CARGA GENERAL DE ILUMINACIÓN:

$$75 \text{ m}^2 \cdot 33 \text{ VA/m}^2 = 2475 \text{ VA}$$

En la carga de iluminación están incluidos los tomacorrientes de uso general, de los baños y de las áreas exteriores, como porches y garajes.

c) CARGA DE CIRCUITOS DE PEQUEÑOS ARTEFACTOS: Como se trata de una vivienda pequeña, asumiremos dos circuitos de pequeños artefactos para la cocina según las normas ya estudiadas. A cada uno de esos circuitos se asigna una carga de 1500 VA para un total de 3000 VA.

d) CARGA DEL LAVADERO: Se asume un circuito de 1500 VA.

e) PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE CÁLCULO:

Carga general de iluminación:	2475 VA
Carga pequeños artefactos:	3000 VA
Carga del lavadero:	1500 VA
<hr/>	
Carga total:	6975 VA

Primeros 3000 VA al 100%:	3000 VA
Próximos 3975 VA al 35%:	1392 VA
Carga/factores de demanda:	4392 VA
Carga artefactos fijos (microondas):	1000 VA

Como hay un solo artefacto fijo, no se aplica el factor de reducción del 75%.

CARGA TOTAL SOBRE LA ACOMETIDA/ALIMENTADOR:

$$\text{Carga total} = 4392 + 1000 = 5392 \text{ VA}$$

AMPACIDAD MÍNIMA PARA LOS CONDUCTORES DE LA ACOMETIDA/ALIMENTADOR:

$$\text{Ampacidad} = \frac{5393 \text{ W}}{208 \text{ V}} = 25.92 \text{ A}$$

De acuerdo con la **Tabla A6 (Apéndice A)**, conductores THHN, calibre 10 AWG*, con una ampacidad de 30 amperios, seleccionados en la columna de 60°C, son apropiados para la fase y el neutro. Se recuerda que para conductores calibres desde 14 AWG hasta 1 AWG, se debe utilizar la columna de 60°C.

f) INTERRUPTOR DE PROTECCIÓN: Se puede usar un interruptor principal estándar de 30 A, según los valores estándar de dispositivos de protección.

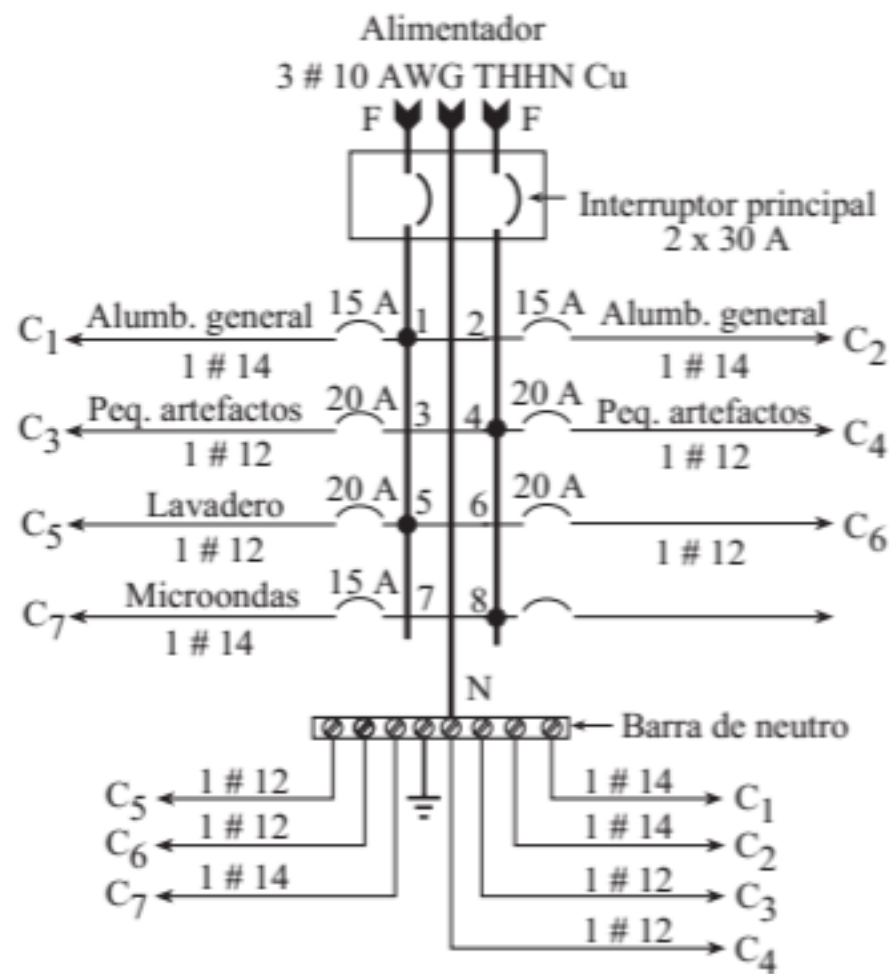
g) **DIAGRAMA UNIFILAR:** Para dibujar el diagrama unifilar hay que tener en cuenta todos los circuitos. Para este ejemplo, tenemos:

Circuito ramal	Nº circuitos	Protección
Alumbrado general	2	15 A
Pequeños artefactos	2	20 A
Lavadero	1	20 A
Baño	1	20 A
Microondas	1	15 A

Se debe subrayar que el número de circuitos de alumbrado general, pequeños artefactos, lavadero y baño es un mínimo y que su número definitivo quedará a criterio del diseñador, según el tipo de unidad residencial y la información suministrada por el propietario. El horno de microondas absorbe una corriente dada por:

$$I = \frac{1000 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 8.33 \text{ A}$$

En el resultado obtenido se observa que se puede usar un conductor calibre 14 AWG con protección de 15 A, tal como se muestra en la tabla anterior.



Ejemplo 2

En una vivienda de 120 m² se utilizarán los siguientes artefactos:

Cocina eléctrica;	5000 VA, 208 V
Secadora de ropa:	3000 VA, 208 V
Acondicionadores de aire (4):	1060 VA c/u, 208 V
Horno de microondas:	3000 VA, 120 V
Calentador de agua:	1500 VA, 120 V

Si el voltaje de entrada es monofásico 120/208 V, determine: *a)* el número de circuitos de 15 A; *b)* el número de circuitos para pequeños artefactos si el área de la cocina y sus espacios anexos tienen un área de 16.24 m²; *c)* el calibre de los conductores de la acometida/alimentador; *d)* el dispositivo de protección a utilizar, y *e)* el diagrama unifilar.

a) La siguiente relación nos permite calcular el número de circuitos de 15 amperios:

$$N_{15} = 0.01833 \cdot \text{Área} = 0.0183 \cdot 120 = 2.2$$

Lo que indica que se deben asignar tres circuitos de 15 A para la iluminación general.

b) Según lo estudiamos en el libro de esta serie sobre circuitos ramales, el área que

cubre un circuito de 20 amperios para los pequeños artefactos es de 72.73 m^2 . Como el área de la cocina es de 16.24 m^2 , basta con dos circuitos de pequeños artefactos.

c) PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE CÁLCULO

Carga general de iluminación (120 V, 15 A): $120 \text{ m}^2 \cdot 33 \text{ VA/m}^2 = 3960 \text{ VA}$

Carga de pequeños artefactos (120 V, 20 A): $2 \cdot 1500 = 3000 \text{ VA}$

Carga del lavadero (120 V, 20 A): $1 \cdot 1500 = 1500 \text{ VA}$

Aplicación de los factores de demanda según la **Tabla A5**:

Carga de iluminación general:	3960 VA
Carga de pequeños artefactos:	3000 VA
Carga del lavadero:	1500 VA
Carga total	8460 VA
Primeros 3.000 A al 100%:	3000 VA
Próximos 5.460 al 35%:	1911 VA
Carga/Factores de demanda:	4911 VA

CARGAS DE ARTEFACTOS ESPECIALES. Son artefactos especiales la cocina eléctrica, la secadora eléctrica de ropa y los acondicionadores de aire.

Cocina eléctrica (208 V). Usamos la segunda columna de la **Tabla A2** porque que se trata de una sola cocina de 5000 VA. Como el factor de demanda es del 80%:

Carga de la cocina: $0.80 \cdot 5000 = 4000$ VA

Secadora de ropa (208 V). La carga será el valor más grande entre lo marcado en placa (3000 VA) y 5000 VA. Se toma entonces el valor de 5000 VA:

Carga de la secadora de ropa: 5000 VA

Acondicionadores de aire (208 V). Se utilizan cuatro acondicionadores de aire, con una potencia de 1060 VA cada uno, para una carga total de:

Carga/acondicionadores de aire: 4240 VA

Artefactos conectados fijos (120 V)

Calentador de agua: 1500 VA Horno de microondas: 3000 VA

Carga total artefactos fijos: 4500 VA

Como hay menos de cuatro artefactos fijos, no se aplica a la carga anterior el factor de reducción del 75%.

25% DEL MOTOR MÁS GRANDE. El motor de mayor potencia corresponde al del compresor del acondicionador de aire, con una potencia de 1060 W. De acuerdo con las normas, se debe añadir a los cálculos anteriores el 25% de su potencia:

$$\text{Motor más grande: } 0.25 \cdot 1060 = 265 \text{ VA}$$

CARGA TOTAL SOBRE LA ACOMETIDA/ALIMENTADOR

$$\text{Carga total} = 4911 + 4000 + 5000 + 4240 + 4500 + 265 = 22916 \text{ VA}$$

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES DE FASE. Para este ejemplo, la potencia total es de 22916 VA. Como el voltaje entre fases es de 208 V, la ampacidad mínima es:

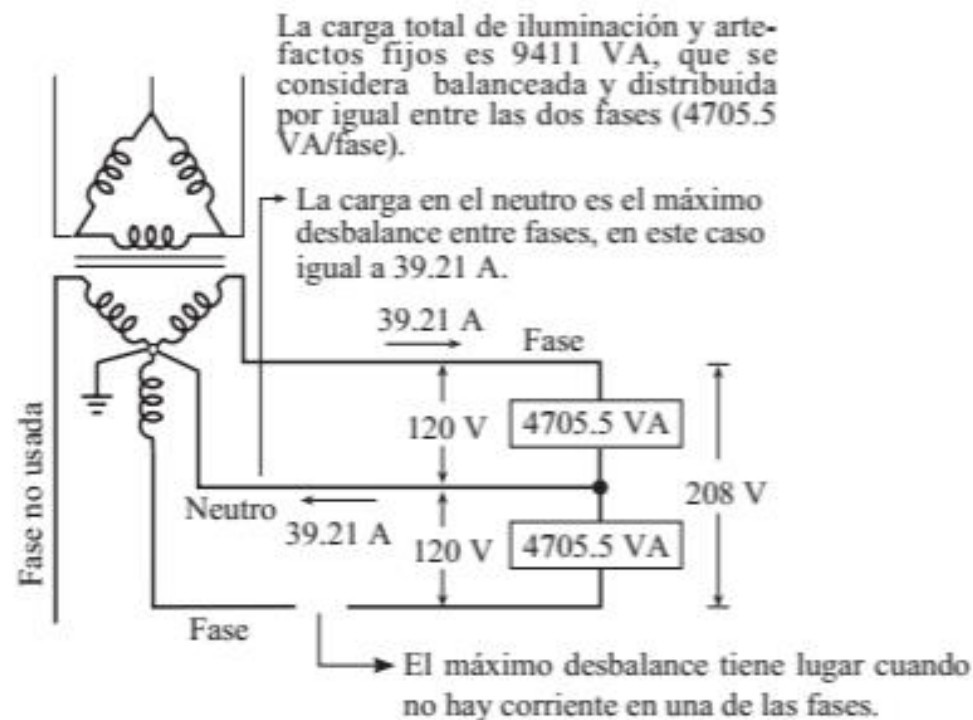
$$I = \frac{\text{Potencia(VA)}}{208 \text{ V}} = \frac{22916}{208} \approx 110 \text{ A}$$

De acuerdo con la **Tabla A6**, dos conductores de fase THHN, calibre 2 AWG*, con una ampacidad de 115 A a 75°C, se pueden utilizar para esta residencia.

CALIBRE DEL NEUTRO. Para calcular el calibre del neutro, se presentan a continuación dos métodos alternativos:

CALIBRE DEL NEUTRO. Para calcular el calibre del neutro, se presentan a continuación dos métodos alternativos:

Método 1. En la iluminación general y los artefactos fijos, donde las cargas son conectadas a 120 V entre fase y neutro, se asume que las cargas están balanceadas, de manera que la mitad está conectada de una fase al neutro, mientras que la otra mitad se conecta de la otra fase al neutro. Si la carga total es de 9411 VA, se llega a la **Fig. 13** con 4705.5 VA entre la fase A y el neutro y 4705.5 VA entre la fase B y el neutro.



El peor desbalance ocurre cuando una de las fases está desconectada o no hay ningún artefacto consumiendo energía entre esa fase y el neutro, tal como se indica en esa figura. La corriente en el neutro se obtiene dividiendo 9411 VA entre $2 \cdot 120$ V:

$$I_n (\text{Iluminación+artefactos fijos}) = \frac{9411}{2 \cdot 120} = 39.21 \text{ A}$$

Los acondicionadores de aire no contribuyen a la corriente en el neutro. Cuando se trata de cocinas eléctricas y secadoras de ropa, el aporte a la corriente del neutro se obtiene con base en el 70% del consumo en VA dividido entre 208 V:

$$I_n (\text{Cocina + secadora}) = 0.70 \cdot \frac{\text{VA}}{208} = 0.70 \frac{9000}{208} = 30.28 \text{ A}$$

Los consumos de la cocina y de la secadora son 4000 VA y 5000 VA, respectivamente. Multiplicando la suma de los consumos de estos artefactos (9000 VA) por 0.70 y dividiendo entre 208 V, determinamos la corriente en el neutro debida a estos artefactos.

Los acondicionadores de aire, como se dijo anteriormente, al estar conectados entre las dos fases, no contribuyen a la corriente en el neutro. En definitiva, la corriente total en el neutro está dada por:

$$I_N = 39.21 + 30.28 = 69.49 \text{ A}$$

Podemos seleccionar un conductor THHN, calibre 4 AWG, con una ampacidad de 70 A, según la columna 1 de la **Tabla A6**.

Método 2. Se divide la carga en el neutro entre 208 V. En este caso se obtiene un valor de corriente que es superior con respecto al calculado por el método 1, lo cual da un margen de seguridad más alto porque se obtienen conductores de mayor calibre:

$$I = \frac{9411 \text{ VA}}{208 \text{ V}} = 45.24 \text{ A}$$

La corriente total en el neutro es:

$$I_N = 45.24 + 30.28 = 75.52 \text{ A}$$

Se selecciona un conductor THHN, calibre 4 AWG, con una ampacidad de 85 A, según la columna 1 de la **Tabla A6**.

d) DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN A UTILIZAR. Como la carga calculada en la acometida/alimentador es de 110 A, se selecciona un breaker estándar de 110 A.

e) DIAGRAMA UNIFILAR. Para dibujar el diagrama unifilar, se deben conocer las protecciones y los calibres de los conductores de la instalación eléctrica. Ya se sabe que los tres circuitos de iluminación son de 15 A y los dos de pequeños artefactos son circuitos de 20 A. Además, se requieren circuitos ramales de 20 A para los tomacorrientes del baño y del lavadero. En este último caso, se supone que las cargas están incluidas en los 33 W/m² de iluminación general.

Las corrientes en los otros artefactos son:

Cocina eléctrica:

$$I = \frac{\text{Potencia (VA)}}{208 \text{ V}} = \frac{4000 \text{ VA}}{208 \text{ V}} = 19 \text{ A}$$

El dispositivo de protección no debe ser inferior a 19 A. Un interruptor de 20 A es apropiado como protección. Un conductor calibre THHN, AWG 12, con una ampacidad de 25 A, se puede usar para los conductores activos. Este conductor requiere una protección de 20 A, lo cual concuerda con el interruptor ya seleccionado. Se debe observar que aunque un conductor 14 AWG soporta una corriente de 20 A, la protección requerida, de seleccionarse este conductor, sería de 15 A, lo que provocaría el disparo continuo del interruptor.

La ampacidad del conductor seleccionado (25 A) es mayor que el régimen del circuito ramal (20 A) y mayor que la carga a servir (19 A), tal como lo exigen las normas.

Para el neutro, multiplicamos la carga de los conductores de fase por 0.70. Esto da, para la corriente de neutro, el siguiente valor:

$$I_n = 19 \cdot 0.70 = 13 \text{ A}$$

Lo anterior permite seleccionar un conductor calibre 14 AWG para el neutro. El conductor de puesta a tierra será de calibre 12 AWG (**Tabla A7**). En definitiva, para la cocina eléctrica se tiene:

Voltaje de funcionamiento: dos fases a 208 V

Calibre de los 2 conductores de fase: 12 AWG

Protección: interruptor de 20 A

Calibre del neutro: 14 AWG

Secadora de ropa: El valor mínimo de la carga de una secadora eléctrica será 5000 VA. Por tanto, la corriente estará dada por:

$$I = \frac{\text{Potencia (VA)}}{208 \text{ V}} = \frac{5000 \text{ VA}}{208 \text{ V}} = 24 \text{ A}$$

Se selecciona un conductor THHN, calibre 10 AWG y una protección de 30 A, para el circuito de la secadora de ropa. Con una corriente en el neutro de $24 \cdot 0.70 = 16.8 \text{ A}$, se tiene:

Voltaje de funcionamiento: dos fases a 208 V

Conductores de fase: dos THHN, AWG 10 (60°C)

Protección: interruptor de 30 A

Calibre del neutro ($I_N = 24 \cdot 0.7 = 16.8 \text{ A}$): Se elige un conductor THHN, 14 AWG (60°C).

Conductor de puesta a tierra: 10 AWG (Tabla A7)

Acondicionadores de aire con potencia 1060 VA:

$$I = \frac{\text{Potencia (VA)}}{208 \text{ V}} = \frac{1060 \text{ VA}}{208 \text{ V}} = 5 \text{ A}$$

Como se trata de una carga continua, el valor anterior se multiplicará por 1.25 para obtener la carga que cada equipo ofrece al circuito ramal:

$$I = 5 \cdot 1.25 = 6.25 \text{ A}$$

Para determinar el dispositivo de protección de cada acondicionador de aire, multiplicamos la corriente de carga por 1.75 (ver norma y **Tabla A10** en el **Apéndice**):

$$I_{\text{OCPD}} (\text{mínimo}) = 5 \cdot 1.75 = 8.75 \text{ A}$$

Un conductor THHN (60°C), calibre 14 AWG, con una protección de 15 A, es suficiente para cada equipo de aire acondicionado. Entonces:

Voltaje de funcionamiento: dos fases a 208 V

Conductores de fase: dos THHN, 14 AWG (60°C)

Protección: interruptor de 15 A

Calentador de agua:

$$I = \frac{\text{Potencia (VA)}}{120 \text{ V}} = \frac{1500 \text{ VA}}{120 \text{ V}} \approx 13 \text{ A}$$

Como se trata de una carga continua, el valor anterior se multiplica por 1.25 para obtener 16.25 A. Se usará un conductor THHN, calibre 12 AWG, con ampacidad de 25 A y un interruptor de 20 A.

Características del circuito ramal:

Voltaje de funcionamiento: una fase a 120 V

Conductor de fase: THHN, 12 AWG (60°C)

Protección: interruptor de 20 A

Horno de microondas:

$$I = \frac{\text{Potencia (VA)}}{120 \text{ V}} = \frac{3000 \text{ VA}}{120 \text{ V}} = 25 \text{ A}$$

Para el valor anterior, seleccionamos un conductor THHN, calibre 10 AWG, con una protección de 30 A. Si hubiéramos seleccionado un conductor calibre 12 AWG, con ampacidad de 25, la protección, de acuerdo con las normas (ver **Tabla A10** y norma **240.4(D)** del **CEN**), debería ser de 20 A, que provocaría el disparo del interruptor, ya que la carga de 25 A es mayor que la del dispositivo de protección. Tenemos:

Voltaje de funcionamiento: una fase a 120 V

Conductor de fase: THHN, 10 AWG (60°C)

Protección: interruptor de 30 A

La **Tabla 2** muestra un resumen de todos los circuitos con sus cargas. A partir de esa tabla se puede derivar el diagrama unifilar para el tablero principal que se presenta en la **Fig. 14**. Los circuitos de reserva que puedan dejarse en el tablero principal corresponden al criterio del diseñador según las cargas futuras a considerar. Un 20% de reserva es un valor aproximado y adecuado para muchas instalaciones.

Circuito	Tipo de carga	Voltaje (V)	Calibre fase	Calibre neutro	Protección	Cargas en VA		Observaciones
						Fases	Neutro	
1	Illum. general	120	14	14	1 x 15	3960	3960	33 VA/m ²
2	Illum. general	120	14	14	1 x 15			
3	Illum. general	120	14	14	1 x 15			
4	Peq. artefactos	120	12	12	1 x 20	1500	1500	
5	Peq. artefactos	120	12	12	1 x 20	1500	1500	
6	Lavadero	120	12	12	1 x 20	1500	1500	
7	Baños	120	12	12	1 x 20	–		Incluidos en 33 VA/m ²
					Subtotal 1	8460	8460	

Aplicación de los factores de demanda

Primeros 3000 VA al 100%	3000	3000
(8460 – 3000) VA al 35%	1911	1911

Subtotal 2	4911	4911
-------------------	-------------	-------------

Circuito	Tipo de carga	Voltaje (V)	Calibre fase	Calibre neutro	Protección	Cargas en VA		Observaciones
						Fases	Neutro	
8	Cocina eléctrica	208	12	–	2 x 20	4000	2800	Carga neutro 70%
9	Secadora ropa	208	10	–	2 x 30	5000	3500	Carga neutro 70%
10	Acondic. aire	208	14	–	2 x 15	1080	0	–
11	Acondic. aire	208	14	–	2 x 15	1080	0	–
12	Acondic. aire	208	14	–	2 x 15	1080	0	–
13	Acondic. aire	208	14	–	2 x 15	1080	0	–
14	Calentado agua	120	14	14	1 x 15	1500	1500	Artefacto fijo 120 V
15	Microondas	120	10	10	1 x 30	3000	3000	Artefacto fijo 120 V
Subtotal 3						17740	15711	

25% del motor más grande 265 0

Subtotal 3 4911 4911

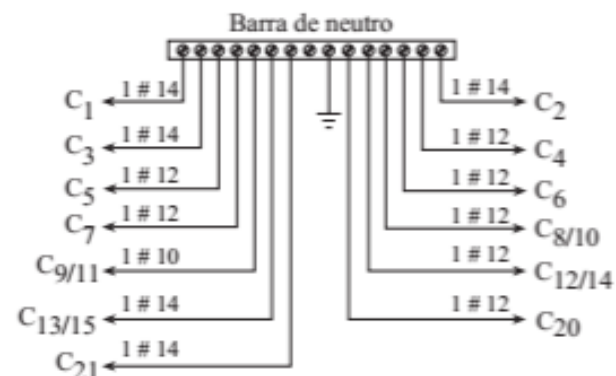
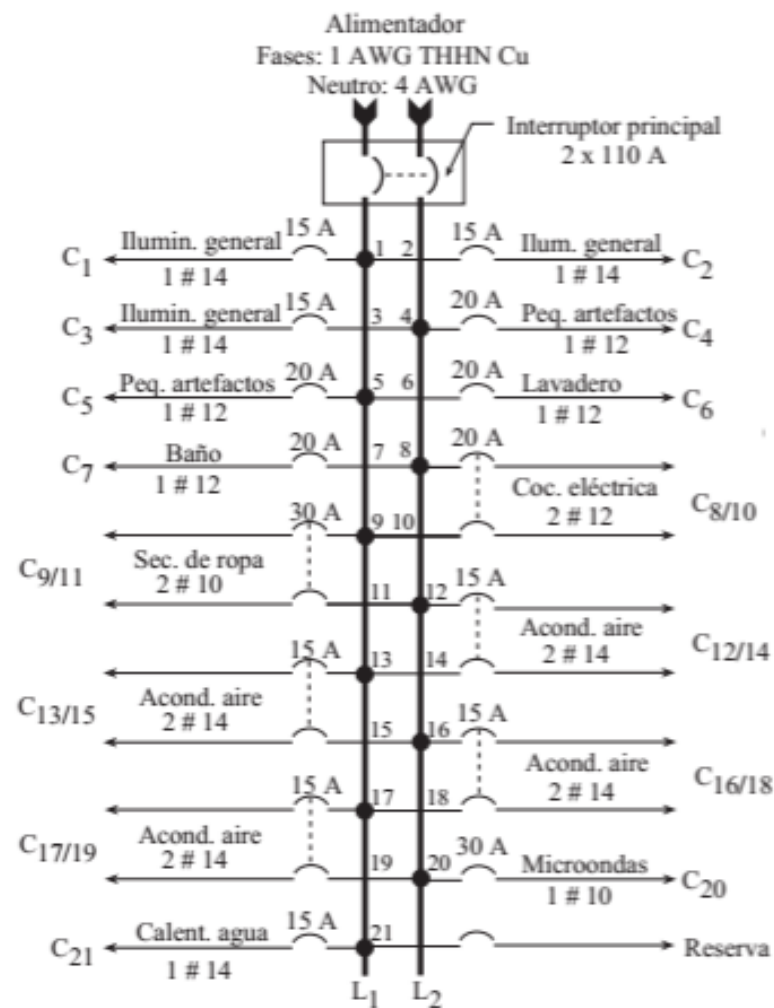
TOTAL 22916 15711

ACOMETIDA: 2 fases, 120/208 V, THHN 1 AWG

NEUTRO: THHN 4 AWG

TIERRA: THHN 6 AWG

PROTECCIÓN: 2 x 110 A



Método opcional de cálculo acometidas. Ejemplo.

Determine el calibre de los conductores de fase de la acometida para una vivienda unifamiliar de 180 m², alimentada a 120/208 V (sistema monofásico), que tiene en su interior las siguientes cargas:

3 calentadores de agua : 4500 VA, 120 V	Lavaplatos: 1000 VA, 120 V
Triturador desperdicios: 1200 VA, 120 V	Bomba de agua: 1500 VA, 120 V
Microondas: 1000 VA, 120 V	Secadora: 5000 VA, 208 V
Horno eléctrico: 2400 VA, 208 V	Tope de cocina: 6000 VA, 208 V
5 acondicionadores de aire: 6800 VA, 208 V	
Calefacción (1 unidad): 8000 VA, 208 V	

Solución

CARGA DE ILUMINACIÓN GENERAL:

$$180 \text{ m}^2 \cdot 33 \text{ VA/m}^2 = 5490 \text{ VA}$$

CIRCUITOS DE PEQUEÑOS ARTEFACTOS

Tomaremos tres circuitos de 20 A para pequeños artefactos, a 1500 VA cada uno:

$$3 \cdot 1500 = 4500 \text{ VA}$$

CIRCUITO DEL LAVADERO

$$\text{Un circuito de 1500 A: } 1 \cdot 1500 = 1500 \text{ VA}$$

CARGAS DE ARTEFACTOS CONECTADOS FIJOS, INCLUYENDO SECADORAS DE ROPA, CALENTADORES DE AGUA, COCINAS, HORNOS Y MOTORES. SE EXCEPTÚAN ACONDICIONADORES DE AIRE Y CALENTADORES DE AMBIENTE

Calentadores de agua:	4500 VA
Lavaplatos:	1000 VA
Triturador desperdicios:	1200 VA
Bomba de agua:	1500 VA
Microondas:	1000 VA
Secadora:	5000 VA
Horno eléctrico:	2400 VA
Tope de cocina:	6000 VA

22600 VA

Subtotal 1: 34090 VA

Primeros 10000 VA al 100%:	10000 VA
Restante (24090) al 40%:	9636 VA
<hr/>	
Subtotal 2:	19636 VA

CARGA MAYOR ENTRE ACONDICIONADORES DE AIRE Y CALEFACCIÓN

Acondicionadores de aire:	6800 VA
Calefacción:	$8000 \cdot 0.65 = 5200$ VA

Se selecciona como carga la del acondicionador de aire, puesto que $6800 > 5200$.

Total (subtotal 2 + 6800):	26436 VA
----------------------------	----------

CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE FASE

$$I = \frac{26436 \text{ VA}}{208 \text{ V}} = 127 \text{ A}$$

50% - 1 Unidad

40% + 4 unidades
de calefacción

Ejemplo

Una casa de dos plantas se alimenta a 120/208 V (monofásico) mediante un tablero principal en la planta baja de 95 m² y un subtablero en la planta alta de 85 m². Los siguientes artefactos y equipos constituyen las cargas de la residencia:

Planta alta:

Calentador de agua:	3000 VA, 120 V
Acondicionador de aire	2120 VA, 208 V
Acondicionador de aire:	1500 VA, 208 V

Planta baja:

Calentador de agua:	3000 VA, 120 V
Lavaplatos:	1500 VA, 120 V
Triturador desperdicios:	1500 VA, 120 V
Bomba de agua:	1120 VA, 120 V
Microondas:	1200 VA, 120 V
Secadora:	5500 VA, 208 V
Cocina + horno:	11000 VA, 208 V
Acondicionador de aire:	2300 VA, 208 V

Determine el calibre de las fases y del neutro.

Solución

Subtablero

ILUMINACIÓN GENERAL: $85 \text{ m}^2 \cdot 33 \text{ VA/m}^2 = 2805 \text{ VA}$

Como no hay pequeños artefactos ni lavadero en la planta alta, no es necesario aplicar los factores de demanda, que contemplan un mínimo de 3000 VA. Se tomará la carga anterior para ser añadida a los cargas siguientes.

ARTEFACTOS FIJOS (calentador de agua): 3000 VA

ACONDICIONADORES DE AIRE: $2120 + 1500 = 3620 \text{ VA}$

CÁLCULO DE LA CARGA TOTAL

Carga general de iluminación:	2805 VA
Carga artefactos fijos:	3000 VA
Carga acondicionadores de aire:	3620 VA
<hr/>	
Carga total:	9425 VA

CORRIENTE Y CALIBRE DE LAS FASES

$$I = \frac{9425 \text{ VA}}{208 \text{ V}} = 45.31 \text{ A}$$

TABLERO PRINCIPAL

Usaremos el método opcional para el cálculo correspondiente al alimentador principal de la residencia.

CARGA DE ILUMINACIÓN GENERAL

$$180 \text{ m}^2 \cdot 33 \text{ VA/m}^2 = 5940 \text{ VA}$$

CIRCUITOS DE PEQUEÑOS ARTEFACTOS

Tomaremos dos circuitos de 20 A para pequeños artefactos, a 1500 VA cada uno:

$$2 \cdot 1500 = 3000 \text{ VA}$$

CIRCUITO DEL LAVADERO

Un circuito de 1500 A: $1 \cdot 1500 = 1500 \text{ VA}$

CARGAS DE ARTEFACTOS CONECTADOS FIJOS, INCLUYENDO SECADORA DE ROPA, CALENTADORES DE AGUA, COCINA, HORNO Y MOTORES. SE EXCEPTÚAN ACONDICIONADORES DE AIRE Y CALENTADORES DE AMBIENTE

Calentadores de agua:	6000 VA
Lavaplatos:	1500 VA
Triturador de desperdicios:	1500 VA
Bomba de agua:	1120 VA
Microondas:	1200 VA
Secadora:	5500 VA
Cocina + horno:	11000 VA

27820 VA

$$\text{Subtotal 1: } 5940 + 3000 + 1500 + 27820 = 38260 \text{ VA}$$

USO DE LOS FACTORES DEL MÉTODO OPCIONAL

Primeros 10000 VA al 100%:	10000 VA
Restante (28260) al 40%:	11304 VA
Subtotal 2:	21304 VA

USO DE LOS FACTORES DEL MÉTODO OPCIONAL

Primeros 10000 VA al 100%:	10000 VA
Restante (28260) al 40%:	11304 VA
Subtotal 2:	21304 VA

CARGA DE LOS ACONDICIONADORES DE AIRE

Acondicionadores de aire:	5920 VA
Total (subtotal 2 + 5920):	27224 VA

CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE FASE

$$I = \frac{27224 \text{ VA}}{208 \text{ V}} = 131 \text{ A}$$

Cálculo de Acometidas en residencias multifamiliares.

- › Ejemplo: más de una familia, condominios.
- › Todo lo tratado previamente se aplica a los apartamentos individuales.
- › Hay, sin embargo características que particularizan el cálculo de la acometida.
 - a) Instalación eléctrica de servicios: luces y tomacorrientes externos a los apartamentos.*
 - b) Ascensores.*
 - c) Hidroneumático.*
 - d) Bomba contra incendio.*
 - e) Subestación de transformadores.*
 - f) Módulos para medidores del servicio eléctrico, interruptores y barras (centro de medición y protección).*
 - g) Tablero de servicios prioritarios.*

Se supone que los apartamentos son similares y que el tablero de servicios generales (TSG) surte energía a las siguientes cargas:

- Iluminación externa: pasillos, escaleras, etc.
- Tomacorrientes exteriores.
- Equipos de bombeo de aguas blancas y servidas.
- Ventiladores de extracción de estacionamientos cubiertos o subterráneos.

Los servicios prioritarios son cubiertos por un tablero aparte (TSP) y comprenden:

- Alumbrado en vías de escape.
- Bomba de agua contra incendio.
- Alimentación del tablero de detección y alarma de incendio.
- Ventilación forzada en las escaleras y fosa del ascensor.
- Un ascensor preferencial.

Conexiones de transformadores

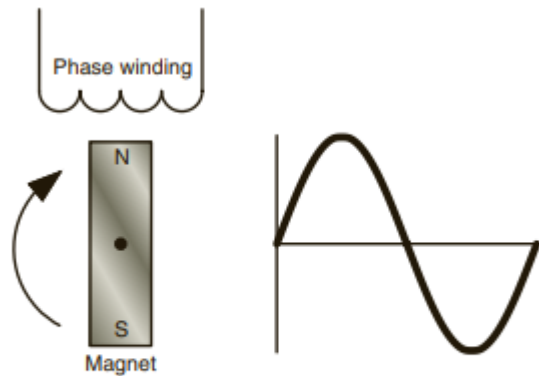


FIGURE 2-1 Single-phase power is produced by rotating a magnetic field across a single winding.

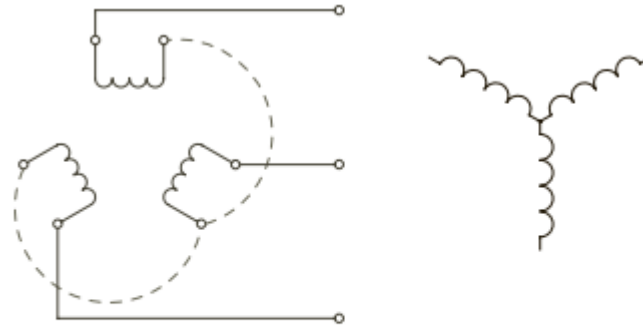


FIGURE 2-3 The wye connection is made by connecting one end of each phase winding together.

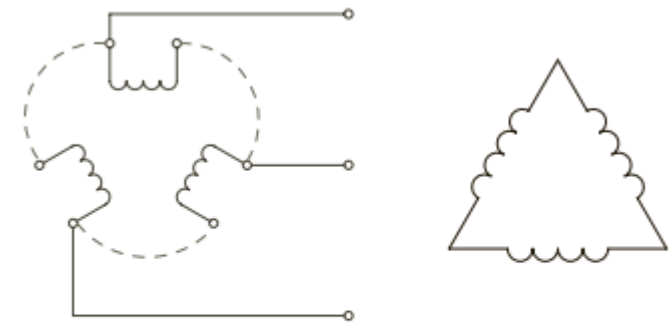


FIGURE 2-4 The delta connection is made by connecting the finish end of one phase winding to the start end of another.

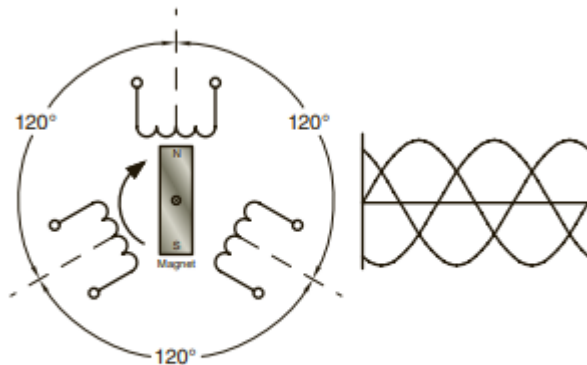


FIGURE 2-2 Three-phase power is produced by placing three phase windings 120° apart.

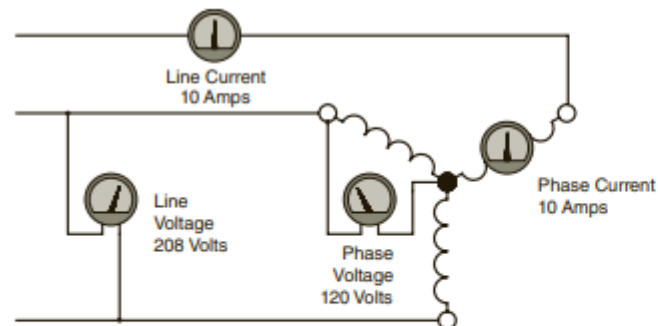


FIGURE 2-5 In a wye connection, the phase voltage is less than the line voltage by a factor of the square root of 3. The line current and phase current are the same.

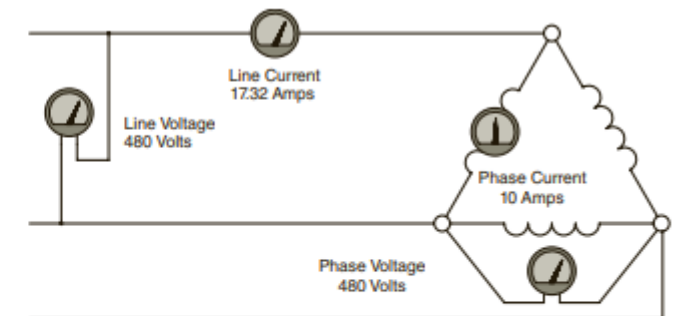


FIGURE 2-6 In a delta connection, the phase voltage and line voltage are the same. The phase current is less than the line current by a factor of the square root of 3.

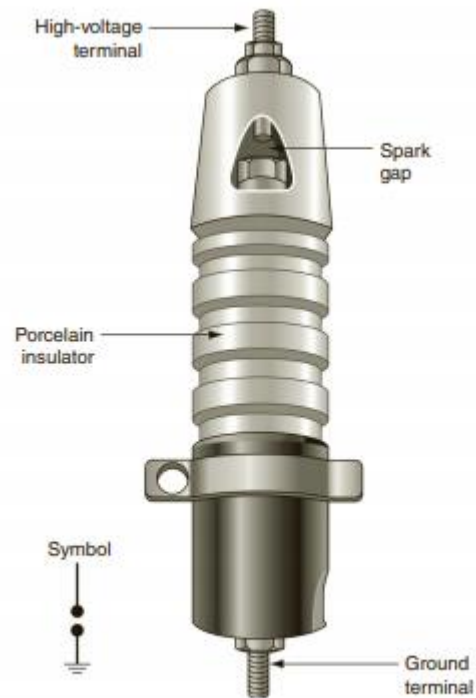


FIGURE 2-9 Lightning arrester.

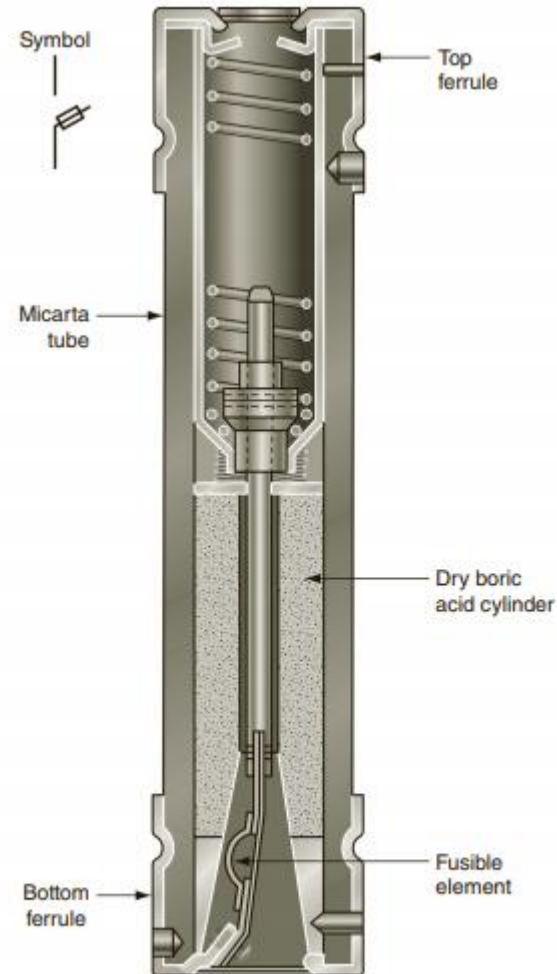


FIGURE 2-10 Cutaway view of high-voltage fuse.

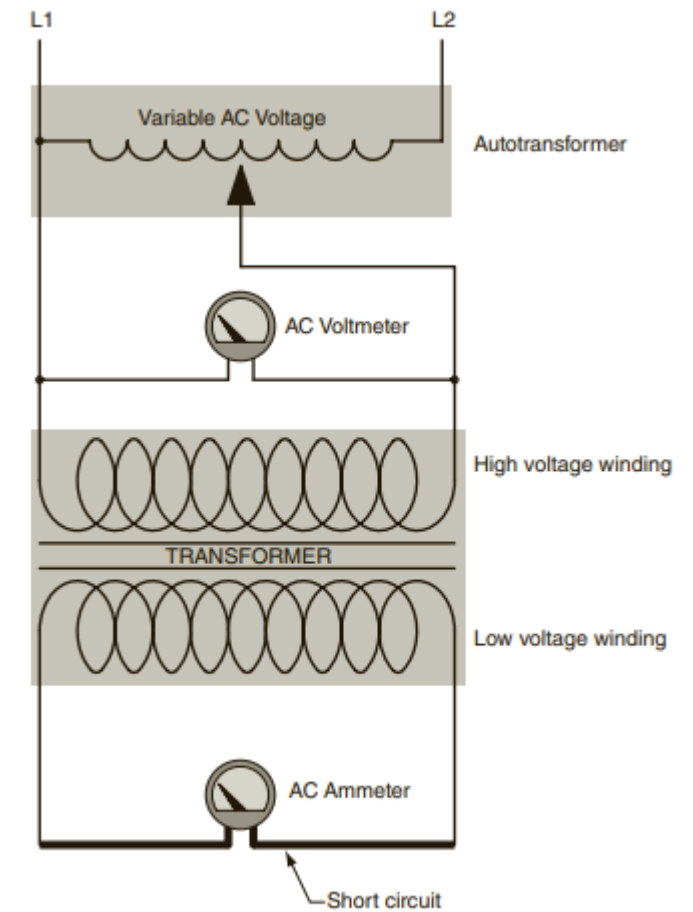


FIGURE 2-11 Determining transformer impedance.

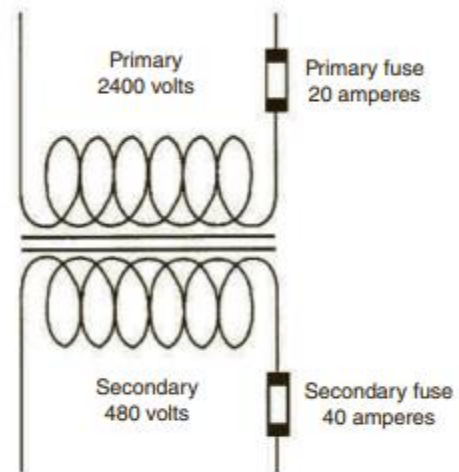


FIGURE 2-12 Transformer fusing.



FIGURE 2-17 The incoming power line is inserted through the opening in the transformer.

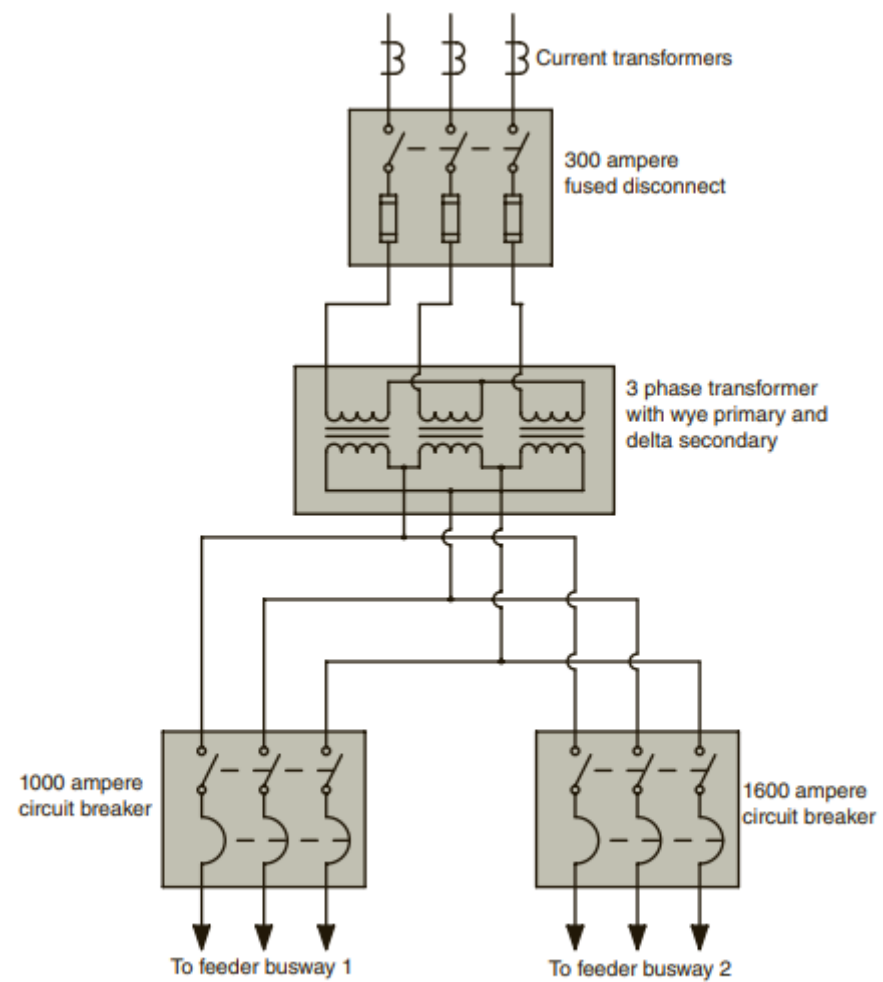


FIGURE 2-21 Schematic diagram of the unit substation.

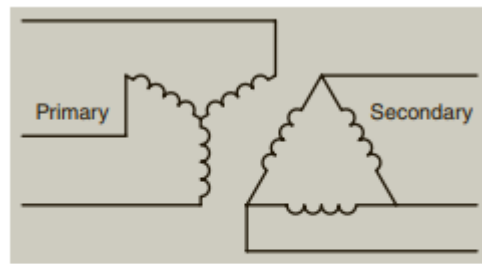


FIGURE 2-22 Schematic drawing of a wye-delta transformer connection.

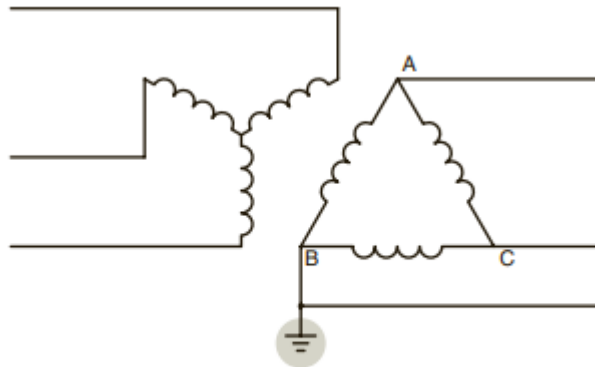


FIGURE 2-25 Delta secondary with B phase grounded.

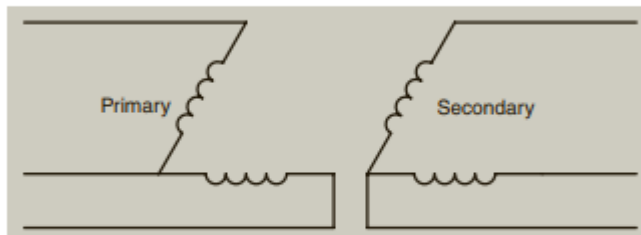


FIGURE 2-26 Open delta connections require only two transformers.

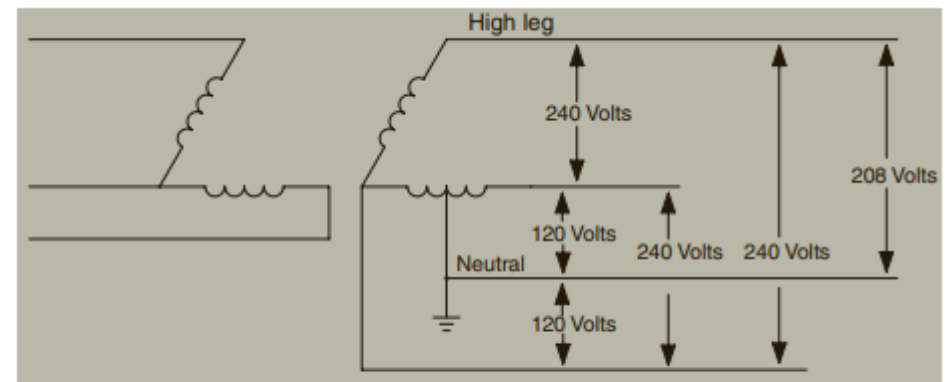


FIGURE 2-27 Open delta connection with ground.

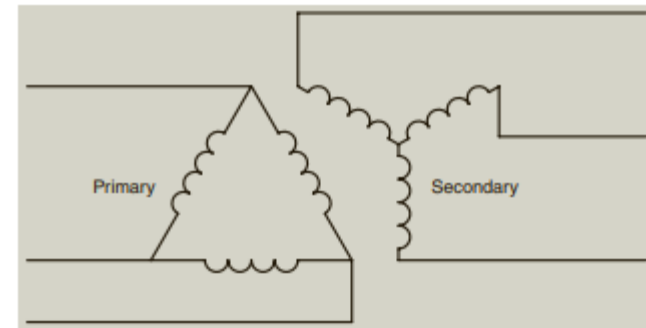


FIGURE 2-29 Delta-wye connection.

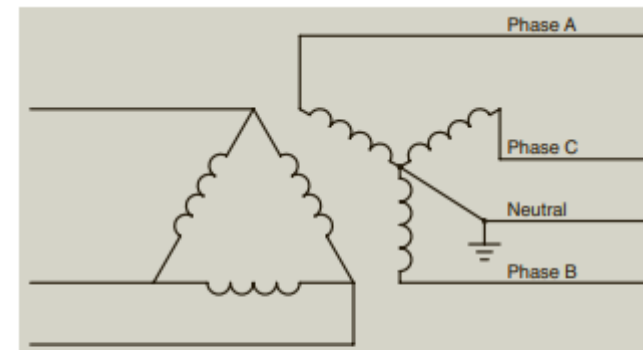


FIGURE 2-30 The mid-point of the secondary is grounded to form a neutral conductor.

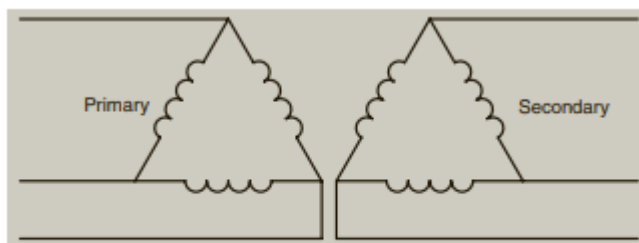


FIGURE 2-31 Delta-delta connection.

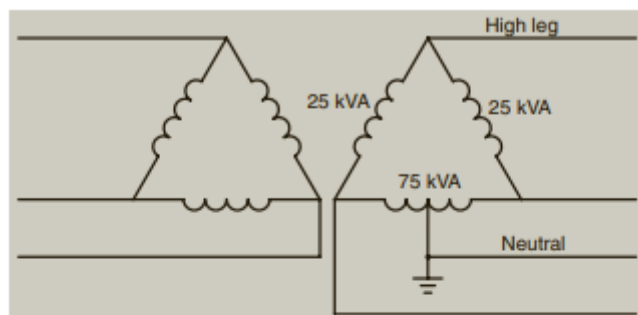


FIGURE 2-32 Delta-delta connection with one transformer secondary center tapped and grounded.

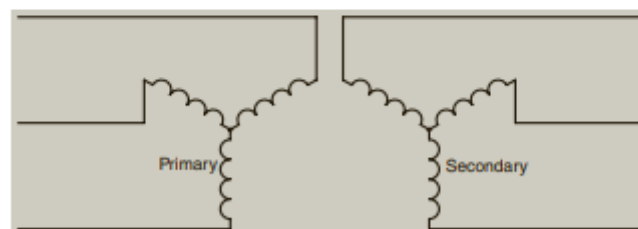


FIGURE 2-33 Wye-wye connection.

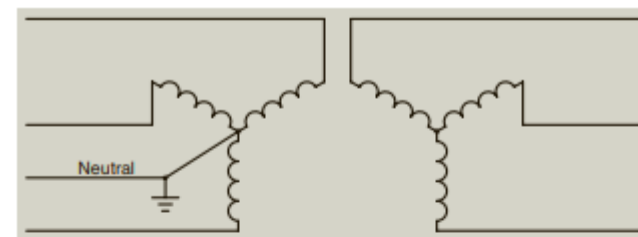


FIGURE 2-34 The utility company connects a grounded conductor to the center point of the primary.

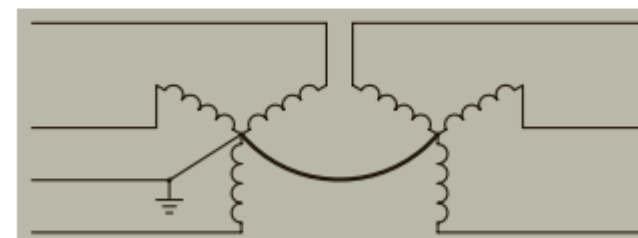


FIGURE 2-35 The center points of both primary and secondary are connected together to help improve voltage stability.

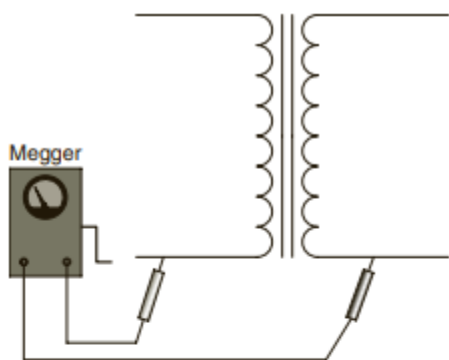


FIGURE 2-37 Testing for shorts between the primary and secondary windings with a megger.

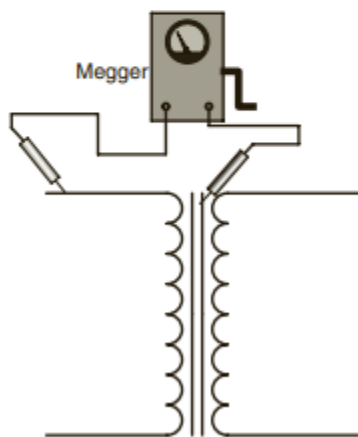


FIGURE 2-38 Testing for grounds.

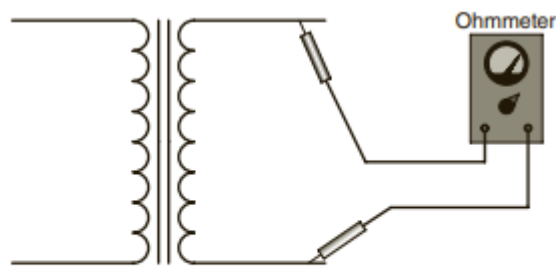


FIGURE 2-39 An ohmmeter is used to test for continuity.



FIGURE 2-40 Pad-mounted transformers are generally contained in vaults.

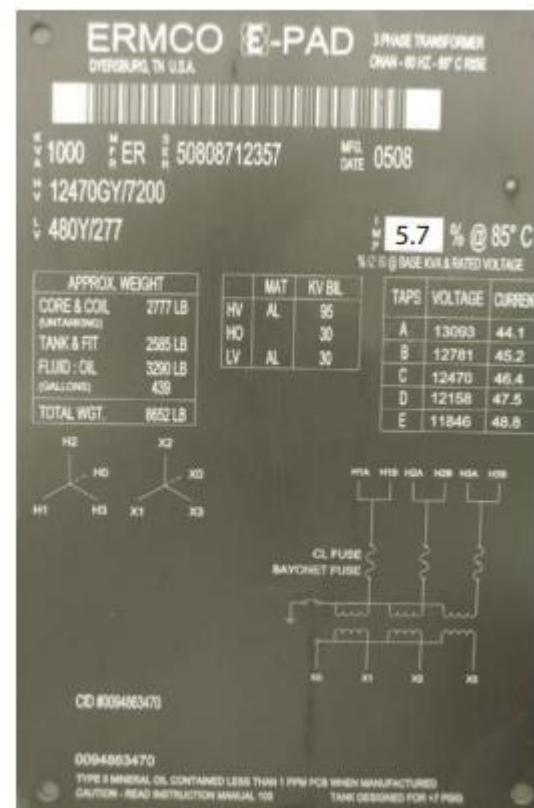


FIGURE 2-45 A typical transformer nameplate.

Table 450.3(A) Maximum Rating or Setting of Overcurrent Protection for Transformers Over 1000 Volts (as a Percentage of Transformer-Rated Current)

Location Limitations	Transformer Rated Impedance	Secondary Protection (See Note 2.)				
		Primary Protection over 1000 Volts		Over 1000 Volts		1000 Volts or Less
		Circuit Breaker (See Note 4.)	Fuse Rating	Circuit Breaker (See Note 4.)	Fuse Rating	Circuit Breaker or Fuse Rating
Any location	Not more than 6%	600% (See Note 1.)	300% (See Note 1.)	300% (See Note 1.)	250% (See Note 1.)	125% (See Note 1.)
	More than 6% and not more than 10%	400% (See Note 1.)	300% (See Note 1.)	250% (See Note 1.)	225% (See Note 1.)	125% (See Note 1.)
Supervised locations only (See Note 3.)	Any	300% (See Note 1.)	250% (See Note 1.)	Not required	Not required	Not required
	Not more than 6%	600%	300%	300% (See Note 5.)	250% (See Note 5.)	250% (See Note 5.)
	More than 6% and not more than 10%	400%	300%	250% (See Note 5.)	225% (See Note 5.)	250% (See Note 5.)

Notes:

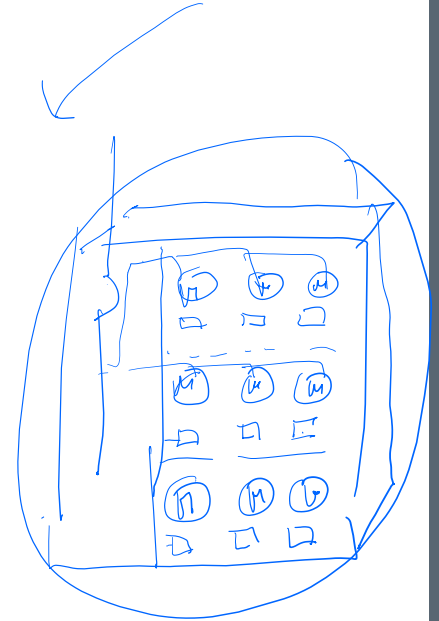
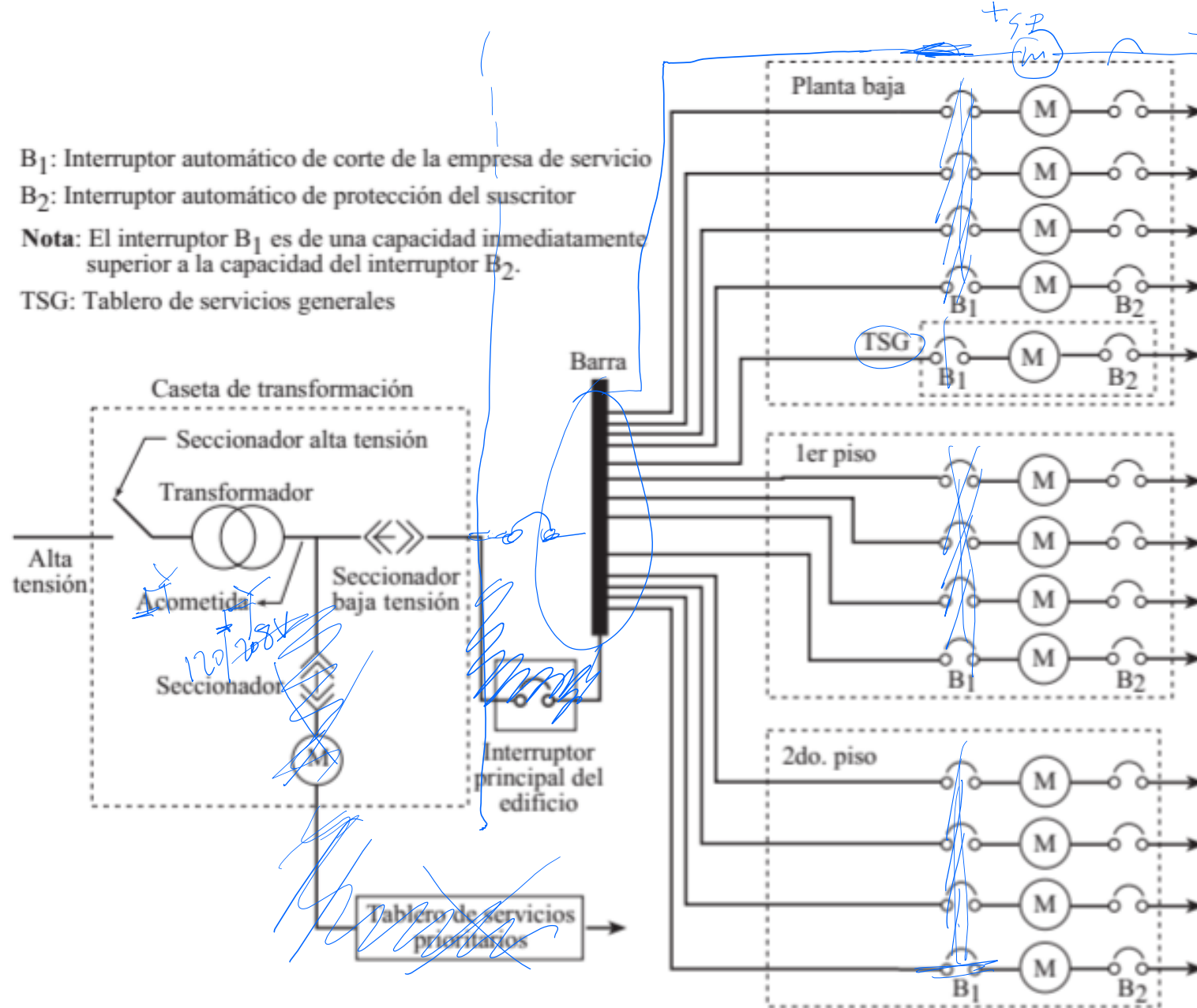
- Where the required fuse rating or circuit breaker setting does not correspond to a standard rating or setting, a higher rating or setting that does not exceed the following shall be permitted:
 - The next higher standard rating or setting for fuses and circuit breakers 1000 volts and below, or
 - The next higher commercially available rating or setting for fuses and circuit breakers above 1000 volts.
- Where secondary overcurrent protection is required, the secondary overcurrent device shall be permitted to consist of not more than six circuit breakers or six sets of fuses grouped in one location. Where multiple overcurrent devices are utilized, the total of all the device ratings shall not exceed the allowed value of a single overcurrent device. If both circuit breakers and fuses are used as the overcurrent device, the total of the device ratings shall not exceed that allowed for fuses.
- A supervised location is a location where conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons monitor and service the transformer installation.
- Electronically actuated fuses that may be set to open at a specific current shall be set in accordance with settings for circuit breakers.
- A transformer equipped with a coordinated thermal overload protection by the manufacturer shall be permitted to have separate secondary protection omitted.

B₁: Interruptor automático de corte de la empresa de servicio

B₂: Interruptor automático de protección del suscriptor

Nota: El interruptor B₁ es de una capacidad inmediatamente superior a la capacidad del interruptor B₂.

TSG: Tablero de servicios generales



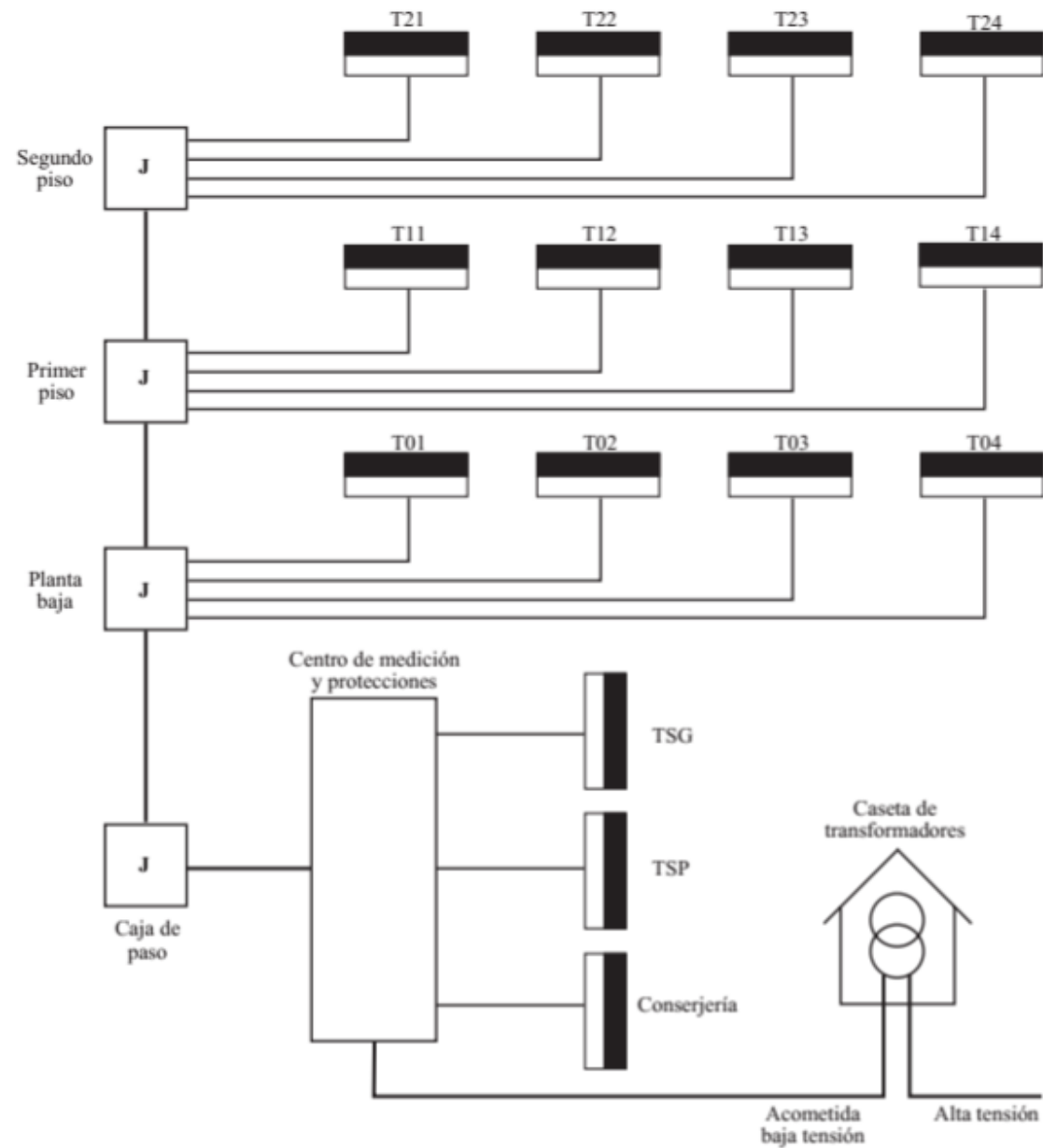


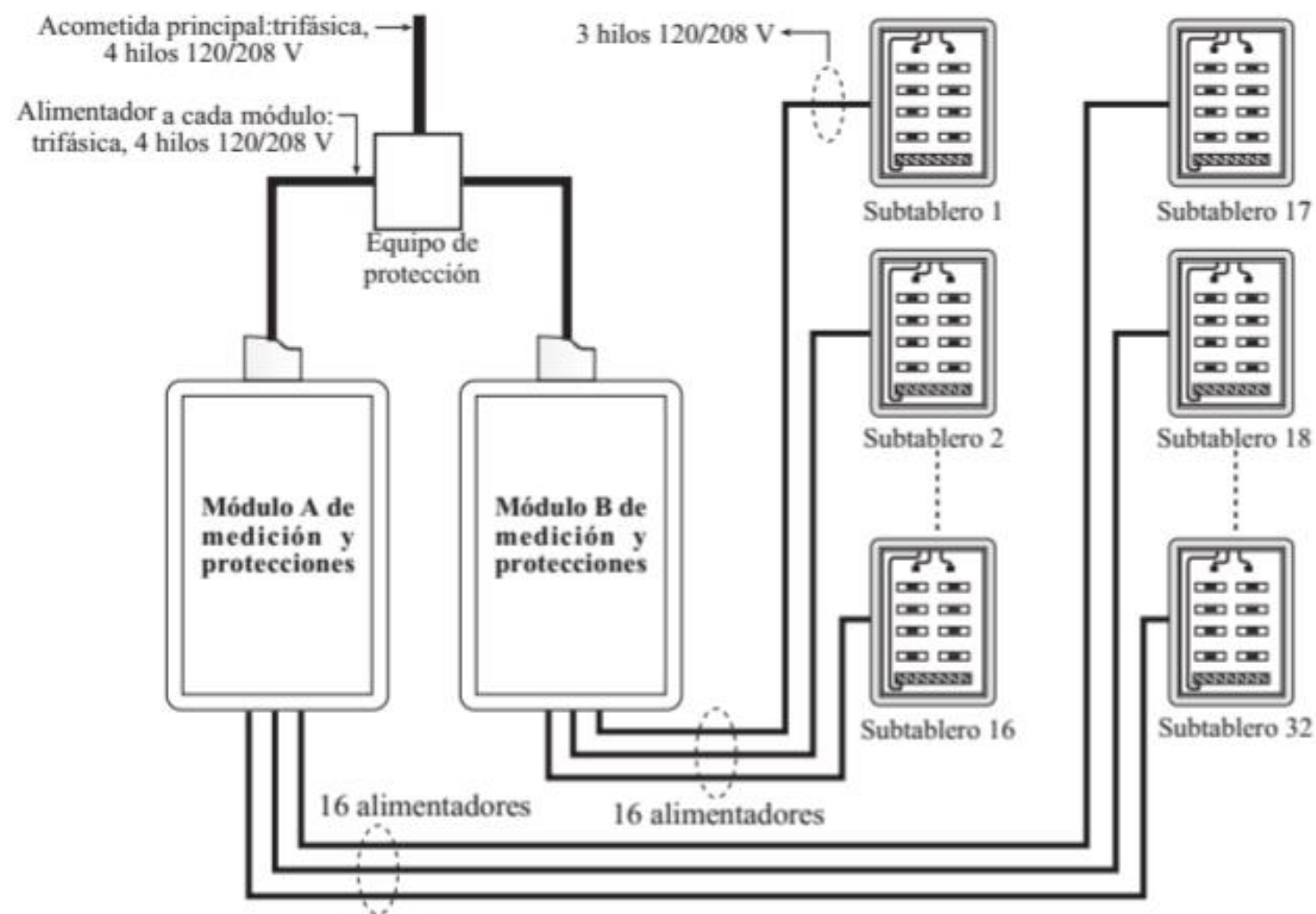
Diagrama unifilar vertical del sistema de alimentación eléctrica de un edificio de tres niveles con cuatro apartamentos por piso.

Ejemplo

Una residencia multifamiliar consta de dos edificios separados, cada uno de los cuales tiene 16 apartamentos (8 en planta alta y 8 en planta baja: ver **Fig. 20**). Cada apartamento tiene una superficie de 100 m^2 y posee los siguientes artefactos y equipos:

Calentador de agua	4500 VA, 120 V
Lavaplatos	1000 VA, 120 V
Triturador desperdicios	1200 VA, 120 V
Microondas	1000 VA, 120 V
Secadora	5000 VA, 208 V
Cocina eléctrica	6000 VA, 208 V
Acondicionadores de aire (3)	3780 VA, 208 V

La acometida principal es trifásica de cuatro hilos a 120/208 V, al igual que la de los dos módulos de 16 apartamentos. La alimentación de cada subtablero es monofásica de tres hilos a 120/208 V. Determine, por el método estándar: *a*) el número mínimo de circuitos ramales para cada apartamento; *b*) el alimentador requerido para los subtableros; *c*) el calibre de los conductores de la acometida a cada módulo, y *d*) la acometida principal.



Esquema de cableado para el ejemplo 1).

Solución

a) NÚMERO DE CIRCUITOS DE 15 A PARA CADA APARTAMENTO.

$$N_{15} = 0.0183 \cdot \text{Área} = 0.0183 \cdot 100 = 1.83$$

Se requieren, como mínimo, dos circuitos de 15 amperios para cada apartamento.

b) ALIMENTADOR DE SUBTABLEROS

1. *Carga de iluminación general*

$$100 \text{ m}^2 \cdot 33 \text{ VA/m}^2 = 3300 \text{ VA}$$

2. *Circuitos de pequeños artefactos.* Tomaremos dos circuitos de 20 A para pequeños artefactos, a 1500 VA cada uno:

$$2 \cdot 1500 = 3000 \text{ VA}$$

3. *Circuito del lavadero.* Un circuito de 1500 A:

$$1 \cdot 1500 = 1500 \text{ VA}$$

4. *Aplicación de los factores de demanda.*

Carga general de iluminación:	3300 VA
Carga pequeños artefactos:	3000 VA
Carga del lavadero:	1500 VA
<hr/>	
Carga total:	7800 VA
Primeros 3000 VA al 100%:	3000 VA
Próximos 4800 VA al 35%:	1680 VA
Carga con factores de demanda:	4680 VA

5. *Carga de artefactos fijos* (sin cocinas eléctricas, secadoras de ropa y acondicionadores de aire).

Calentador de agua:	4500 VA
Lavaplatos:	1000 VA
Triturador de desperdicios:	1200 VA
Horno de microondas:	1000 VA
<hr/>	
	7700 VA

Como hay cuatro artefactos fijos, se puede aplicar un factor del 75% al valor anterior:

$$\text{Carga artefactos fijos} \cdot 0.75: 5775 \text{ VA}$$

6. *Secadora de ropa.* El valor mínimo a tomar es de 5000 VA, que coincide con el consumo de la secadora de ropa de este ejemplo. De acuerdo con esto, tenemos:

$$\text{Carga de la secadora de ropa: } 5000 \text{ VA}$$

7. *Cocina eléctrica.* Tiene un consumo de 6 kW, por lo que usamos la columna B de la **Tabla A2**. Por tratarse de un solo artefacto de cocina, el factor de multiplicación es 80%, como lo indica la segunda columna de dicha tabla:

$$\text{Carga cocina} \cdot 0.80 = 6000 \cdot 0.80: 4800 \text{ VA}$$

8. *Acondicionador de aire*

$$\text{Carga acondicionador de aire: } 3780 \text{ VA}$$

9. *Motor más grande.* El motor de cada acondicionador de aire consume 1260 VA (3780/3). El 25% del motor más grande es:

$$25\% \text{ del motor más grande: } 315 \text{ VA}$$

10. *Carga total del alimentador* (amperios).

$$\text{Carga total} = 4680 + 5775 + 5000 + 4800 + 3780 + 315 = 24350 \text{ VA}$$

11. *Dispositivo de protección,*
OCPD: 125 A

12. *Calibre del conductor del alimentador.*

$$I_{\text{Fase}} = \frac{24350 \text{ VA}}{208 \text{ V}} = 117 \text{ A}$$

Según la **Tabla 6**, se usará un conductor THHN, calibre 1 AWG, de capacidad 125 A*.

$$\text{Calibre del conductor de fase: } 1 \text{ AWG}$$

... CALIBRE DEL NEUTRO

Iluminación general y artefactos fijos a 120 V

Se supone que la carga está balanceada entre las dos fases y el neutro. Para la iluminación general, la carga es de 4680 VA, mientras que para los artefactos fijos, conectados a 120 V, es de 5775 VA. Estas cargas suman 10455 VA. La corriente en el neutro, debida a la iluminación general y a los artefactos fijos, es:

$$I_N = \frac{10455 \text{ VA}}{2 \cdot 120 \text{ V}} = 43.56 \text{ A}$$

Cocina y secadora de ropa

El consumo de estos artefactos es de 4800 VA y 5000 VA, respectivamente, lo que da un total de 9800 VA. Multiplicando 9800 VA por 0.70 y dividiendo entre 208 V, determinamos la corriente en el neutro debida a la cocina y a la secadora de ropa:

$$I(\text{Cocina y secadora}) = 0.70 \cdot \frac{9800 \text{ VA}}{208 \text{ V}} = 32.98 \text{ A}$$

25% del motor más grande

El motor más grande, conectado entre fase y neutro (120 V), corresponde al del triturador de desperdicios (1200 VA):

$$I(25\%) = 0.25 \cdot \frac{1200 \text{ VA}}{120 \text{ V}} = 2.5 \text{ A}$$

La corriente total en el neutro está dada por:

$$I_N = 43.56 + 32.98 + 2.5 = 79 \text{ A}$$

De la **Tabla A6**, podemos seleccionar un conductor THHN, calibre 2 AWG:

Calibre del Neutro: 2 AWG

c) Acometida a los módulos de medición y protección para 16 apartamentos

1. CARGA DE ILUMINACIÓN GENERAL

$$100 \text{ m}^2 \cdot 33 \text{ VA/m}^2 \cdot 16 = 52800 \text{ VA}$$

2. CIRCUITOS DE PEQUEÑOS ARTEFACTOS

$$2 \cdot 1500 \cdot 16 = 48000 \text{ VA}$$

3. CIRCUITO DEL LAVADERO

$$\text{Un circuito de 1500 VA: } 16 \cdot 1500 = 24000 \text{ VA}$$

4. APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE DEMANDA

Carga de iluminación:	52800 VA
Carga pequeños artefactos:	48000 VA
Carga del lavadero:	24000 VA
<hr/>	
Carga total:	124800 VA
Primeros 3.000 VA al 100%:	3000 VA
Próximos 117.000 VA al 35%:	40950 VA
Remanente 4.800 al 25%:	1200 VA
Carga/factores de demanda:	45150 VA

5. CARGA DE ARTEFACTOS FIJOS (sin cocinas eléctricas, secadoras de ropa y acondicionadores de aire).

Calentador de agua:	4500 VA
Lavaplatos:	1000 VA
Triturador de desperdicios:	1200 VA
Horno de microondas:	1000 VA
<hr/>	
Carga artefactos fijos:	7700 VA

Como hay cuatro artefactos fijos, se puede aplicar un factor del 75% al valor de la carga correspondiente a 16 apartamentos:

$$7700 \cdot 0.75 \cdot 16 = 92400 \text{ VA}$$

6. SECADORAS DE ROPA

5.000 VA/apartamento, para un total de 80.000 VA. Como se trata de 16 secadoras, se aplica la **Tabla A3**. El porcentaje a utilizar es:

$$\% = 47 - (\text{N}^\circ \text{ secadoras} - 11) = 42\%$$

Luego:

$$\text{Carga} = 80000 \cdot 0.42 = 33600 \text{ VA}$$

7. COCINA ELÉCTRICA

La cocina tiene un consumo de 6 kW, por lo que se usa la segunda columna de la **Tabla A2**. Como son 16 cocinas, el factor de multiplicación es 28%:

$$6000 \cdot 16 \cdot 0.28 = 26880 \text{ VA}$$

8. ACONDICIONADOR DE AIRE (3780/apartamento)

$$3780 \cdot 16 = 60480 \text{ VA}$$

9. MOTOR MÁS GRANDE

El motor de cada acondicionador de aire consume 1260 VA (3780/3). El 25% del motor más grande para 16 apartamentos:

$$25\% \cdot 1260 = 315 \text{ VA}$$

10. CORRIENTE Y CALIBRE DE LAS FASES

Carga/factores de demanda:	45150 VA
Artefactos fijos:	92400 VA
Secadoras de ropa:	33600 VA
Cocina eléctrica:	26880 VA
Aire acondicionado:	60480 VA
Motor más grande:	315 VA
<hr/>	
Carga total:	258825 VA

La corriente se obtiene teniendo en cuenta que se trata de un sistema trifásico a 120/208 V:

$$I_{\text{Fase}} = \frac{258825 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 208 \text{ V}} = 717 \text{ A}$$

d) Acometida principal (32 apartamentos)

1. CARGA DE ILUMINACIÓN GENERAL

$$100 \text{ m}^2 \cdot 33 \text{ VA/m}^2 \cdot 32 = 105600 \text{ VA}$$

2. CIRCUITOS DE PEQUEÑOS ARTEFACTOS

$$2 \cdot 1500 \cdot 32 = 96000 \text{ VA}$$

3. CIRCUITO DEL LAVADERO

$$\text{Un circuito de 1500 A: } 32 \cdot 1500 = 48000 \text{ VA}$$

4. APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE DEMANDA

Carga de iluminación:	105600 VA
Carga pequeños artefactos:	96000 VA
Carga del lavadero:	48000 VA

Carga total:	249600 VA
--------------	-----------

Primeros 3000 • 100%:	3000 VA
Próximos 117000 VA • 35%:	40950 VA
Remanente (249000 – 120000) • 25%:	32250 VA

Carga/factores de demanda:	76200 VA
----------------------------	----------

5. CARGA DE ARTEFACTOS FIJOS (sin cocinas eléctricas, secadoras de ropa y acondicionadores de aire).

Calentador de agua	4500 VA
Lavaplatos	1000 VA
Triturador de desperdicios	1200 VA
Horno de microondas	1000 VA
Carga artefactos fijos:	7700 VA
Artefactos fijos 32 Aptos.:	246400 VA

Como hay más de cuatro artefactos fijos, se puede aplicar un factor del 75% al valor de la carga correspondiente a 32 apartamentos:

$$246400 \cdot 0.75 = 184800 \text{ VA}$$

6. SECADORAS DE ROPA

5000 VA/apartamento, para un total de 160000 VA. Como se trata de 32 secadoras, se aplica la **Tabla A3**. El porcentaje a utilizar es:

$$\% = 35 - [0.5 \cdot (\text{N}^\circ \text{ secadoras} - 23)] \quad \% = 35 - [0.5 \cdot (32 - 23)] = 30.5 = 30.5\%$$

$$\text{Carga} = 160000 \cdot 0.305 = 48800 \text{ VA}$$

7. COCINA ELÉCTRICA

La cocina tiene un consumo de 6 kW, por lo que usamos la columna B de la **Tabla A2**. Por tratarse de 32 artefactos de cocina, el factor de multiplicación es del 22%, como lo indica la columna B de dicha tabla:

$$\text{Carga} = 6000 \cdot 32 \cdot 0.22 = 42440 \text{ VA}$$

8. ACONDICIONADOR DE AIRE (3780/apartamento).

$$\text{Carga} = 3780 \cdot 32 = 120960 \text{ VA}$$

9. MOTOR MÁS GRANDE

El motor de cada acondicionador de aire consume 1260 VA (3780/3). El 25% del motor más grande para 32 apartamentos:

$$25\% \cdot 1260 = 315 \text{ VA}$$

10. CORRIENTE Y CALIBRE DE LAS FASES

Carga/factores de demanda:	76200 VA
Artefactos fijos:	184800 VA
Secadoras de ropa:	48800 VA
Cocina eléctrica:	42440 VA
Aire acondicionado:	120960 VA
Motor más grande:	315 VA
<hr/>	
Carga total:	473515 VA

La corriente de fase es:

$$I_{\text{Fase}} = \frac{473515 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 208 \text{ V}} = 1314 \text{ A}$$

Memoria final del Proyecto eléctrico

Como guía para el diseñador, se propone el siguiente orden en la elaboración de la memoria final del proyecto eléctrico:

1. INTRODUCCIÓN.
2. MEMORIA DESCRIPTIVA. Comprende:
 - 2.1 Descripción de la edificación. Incluye la descripción de los distintos pisos o niveles de la estructura.
 - 2.2 Cargas eléctricas del proyecto.
 - 2.3 Criterios técnicos y de seguridad.
3. PLANOS DE UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.
4. MEMORIA DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS.
5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES:
 - 5.1 Inspección.
 - 5.2 Obligaciones del contratista.
 - 5.3 Materiales.
 - 5.4 Planos.
6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES. En este punto se describen los distintos tipos de materiales a utilizar en la instalación eléctrica.
 - 6.1 Ductos.
 - 6.2 Cajas y cajetines.
 - 6.3 Conductores.
 - 6.4 Interruptores.
 - 6.5 Tomacorrientes.
 - 6.6 Luminarias.
 - 6.7 Puesta a tierra (*grounding*) y conexión equipotencial (*bonding*).

Ejemplo.

1. Introducción

Este proyecto corresponde al sistema eléctrico de una vivienda unifamiliar, propiedad de la Sra. Miriam Guerrero, ubicada en la Urb. ,

. Comprende alumbrado, tomacorrientes, equipos de potencia, cableado, ductería, protección, tableros, acometida, sistema de comunicación y puesta a tierra de la instalación. El área total de la vivienda es de 246 m².

2. Memoria descriptiva

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El proyecto se refiere a una vivienda unifamiliar, destinada exclusivamente servir como residencia a sus moradores. La edificación está constituida por dos niveles: planta baja y planta alta, entre las cuales se reparte toda la carga según el siguiente esquema:

a) Planta baja

Tiene una superficie de, aproximadamente, 123 m². En la planta baja se concentra la mayor parte de la carga eléctrica de la vivienda, ya que en ella están la sala de cocina, el cuarto del lavadero, el comedor, el recibí, dos habitaciones (dormitorio y estudio) y dos baños. Alrededor de la planta baja están las áreas exteriores, de unos 317 m², alimentadas a partir del tablero principal de la residencia. Las cargas más notables de esta planta involucran, entre otras cosas: la cocina eléctrica, el horno de microondas, los acondicionadores de aire tipo *split* (en el cuarto de estudio y la habitación 1), la lavadora y la secadora. Las unidades condensadoras, que alojan al compresor de los acondicionadores de aire, se ubican en el techo de la vivienda. Las unidades evaporadoras se colocarán en el cuarto de estudio y en la habitación 1.

a) Planta alta

Su superficie, de aproximadamente 123 m², alberga tres habitaciones, tres baños y el salón familiar. La carga más significativa corresponde a tres acondicionadores de aire tipo *split*, cuyas unidades condensadoras se ubicarán encima de la losa del techo, en una vertical que pase cerca del centro del hall de distribución, de modo que los ductos de refrigeración y electricidad queden cercanos a las tres habitaciones superiores.

2.2 CARGAS ELÉCTRICAS DEL PROYECTO

Entre las cargas eléctricas más significativas de este proyecto se destacan las siguientes:

a) *Acondicionadores de aire*: Se prevé el montaje de una unidad, tipo *split*, en cada una de las cuatro habitaciones y del cuarto de estudio, con una capacidad de enfriamiento de 12000 BTU, una tensión de 208 V y un consumo aproximado de 1870 W a 9 A. Las unidades condensadoras se colocarán en el techo, mientras que las unidades evaporadoras se colocarán en los lugares indicados en los planos. Los circuitos ramales serán individuales para cada equipo y se debe instalar el ducto que comunique a ambas unidades. Es conveniente, asimismo, que, en el momento de la construcción del inmueble, se deje la ductería correspondiente a las tuberías de enfriamiento de las unidades. El calibre de los conductores (dos fases + neutro) será AWG 12, con aislamiento THHN, y las protecciones serán de 20 A, dos polos.

b) *Cocina eléctrica*: Se consideró una cocina eléctrica con horno y un consumo de 12000 VA. El circuito ramal es individual, a una tensión de 208 V. Su consumo es de aproximadamente 38 A, los conductores activos serán de aislamiento THHN, calibre 8 AWG, y el neutro será calibre 10 AWG. La protección será de 40 A, dos polos.

c) *Secadora eléctrica*: Ubicada en el lavadero, con un consumo de 5000 vatios. El circuito ramal es individual, a una tensión de 208 V. Su consumo es de 24 A, los conductores activos serán calibre 10 AWG y el neutro será calibre 12 AWG. La protección será de 30 A, dos polos. Se recomienda el uso de un medio de desconexión para cortar la energía eléctrica al equipo.

d) *Hidroneumático*: Ubicado en la parte más lejana del patio posterior, la bomba del equipo hidroneumático será de 3/4 hp a 120 V. Se espera una corriente a plena carga de 13.8 A, por lo que se seleccionarán conductores calibre 12 AWG. La protección será de 35 A, un polo. Esta protección garantiza el arranque del motor.

e) *Microonda*: Ubicado en la cocina. Se espera un consumo de unos 1700 vatios a 120 V, con una corriente de 14 A, por lo que se seleccionarán conductores calibre 12 AWG. La protección será de 20 A, un polo.

f) *Motor del portón*: Ubicado cerca del portón, tiene una potencia de 3/4 hp a 115 V. Los conductores serán calibres 12 AWG, con una protección de 35 A, un polo.

2.3 CRITERIOS TÉCNICOS Y DE SEGURIDAD

La seguridad de personas y bienes es el eje central de una buena instalación eléctrica. En tal sentido, el diseño se apega a las normas de las normas eléctricas existentes. Los conductores de la instalación interna serán del tipo THHN, de aislamiento termoplástico resistente al calor y retardante de la llama, con temperatura de operación hasta los 90°C. Los ductos serán de PVC (RNC), que se pueden usar ocultos en paredes y pisos y en lugares secos o húmedos. A fin de tener una instalación segura, se utilizará un conductor de conexión equipotencial (cable de puesta a tierra, color verde) que será puesto a tierra en el tablero principal y establecerá una vía para producir el disparo de los *breakers* en caso de producirse una falla a

tierra. Asimismo, el cable de puesta a tierra conectará a todos los elementos metálicos (cajetines, lámparas, tomacorrientes, cubiertas metálicas de equipos, motores) para evitar que los usuarios de la instalación estén sujetos a tensiones que puedan poner su vida en peligro. Para la conexión a tierra en el tablero principal,

3. Planos de ubicación de los elementos de la instalación eléctrica

4. Cálculos eléctricos

5. Especificaciones técnicas generales

5.1 INSPECCIÓN

El trabajo de la instalación se llevará a cabo bajo la inspección de un ingeniero electricista, que velará porque la obra se realice según lo indicado en los planos y estará en contacto con el ingeniero que diseñó y calculó el proyecto, a fin de aclarar cualquier duda o dificultad que se pueda presentar durante la construcción de la vivienda. El ingeniero inspector, como prueba de que la obra se efectuó de acuerdo con el proyecto, entregará al propietario y al ingeniero proyectista una constancia de que los trabajos se ejecutaron según el proyecto eléctrico.

5.2 OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA

El contratista se ceñirá estrictamente a lo establecido en los planos y cálculos del proyecto. Si, en el convenio celebrado, quien construye la obra eléctrica suministra los materiales (ductos, conductores, tomacorrientes, tableros, etc.), se comprometerá por escrito a que estos sean de la calidad y características exigidas. Asimismo, el contratista debe trabajar en conjunción con el ingeniero inspector para resolver los detalles propios de la construcción y los problemas que se puedan presentar en cuanto a la implantación física de los elementos que conforman el sistema eléctrico. Salvo la instalación del medidor, todas las demás tareas relacionadas con la puesta a punto de la instalación son responsabilidad del contratista.

5.3 MATERIALES

Los materiales especificados en el proyecto se adecuarán al cálculo del mismo y, por tanto, se exige su utilización en las distintas áreas consideradas. Cuando en el mercado local no se consigan los dispositivos y otros materiales, el contratista de la obra consultará al ingeniero inspector o al ingeniero proyectista. Esto reviste mayor importancia en la selección de algunos tomacorrientes especiales (GFCI, AFCI) o de protecciones que sean de difícil obtención en la zona donde se ejecuta el proyecto.

5.4 PLANOS

El propietario de la obra hará entrega de los planos eléctricos al ingeniero inspector y al contratista. Los planos, en escala 1:50, establecen la ubicación de cada uno de los dispositivos que conforman la instalación, y en cada plano se suministra una lista de los símbolos usados en la instalación eléctrica. Aun cuando los planos suministrados tratan de señalar con exactitud la ubicación de los dispositivos a instalar, se sugiere al contratista observar los detalles finales (arquitectónicos y estructurales) de la obra para determinar la ubicación exacta de los distintos elementos a instalar. En particular, debe prestarse atención a la altura de tomacorrientes por encima del nivel del piso terminado, en lugares como las salas de cocina y de baño. Igualmente, algunas salidas para luminarias serán ubicadas en los sitios apropiados para asegurar una mejor visualización en espejos (salas de baño) y tocadores de belleza. Las salidas de luminarias para exteriores se han colocado para ofrecer una iluminación adecuada a esas áreas, con el fin de mejorar los sitios de esparcimiento y la seguridad del hogar. De haber alguna diferencia entre los planos y lo especificado en el informe, se deberá consultar al ingeniero inspector o al ingeniero proyectista para aclarar cualquier duda.

6. Especificaciones técnicas de los materiales

El diseño de este proyecto obedece a lo establecido en las normas eléctricas nacionales y, en consecuencia, todos los materiales a utilizar cumplirán con los requisitos mínimos allí mencionados. En particular, se enuncian a continuación los aspectos más resaltantes.

6.1 DUCTOS

Todos los tubos de la instalación serán de PVC, con tamaño comercial igual o superior a 1/2. En la mayoría de las canalizaciones se usará tubería tamaño 3/4 con el fin de prever ampliaciones futuras y facilitar la instalación de los conductores en su interior. En lo posible, la tubería será PVC, estándar 80. Se permitirá el uso de tubería metálica flexible (FMC) en algunas salidas, como las de los acondicionadores de aire y las de motores. Solo el ingeniero inspector podrá aprobar el empleo de tubos distintos a los mencionados.

- a) Los tubos serán continuos, entre una y otra caja, para facilitar la instalación o sustitución de conductores.
- b) El número de curvas en cada tramo no generará un ángulo superior a 270°.
- c) La curvatura de los tubos se hará sin que su diámetro se reduzca sensiblemente.
- d) Al fijar los tubos a los cajetines, se tomarán las previsiones, mediante los accesorios adecuados (tuerca, contratuerca), para que los conductores no pierdan su aislante al ser introducidos en las cajas.
- e) Durante la construcción, las extremidades de los tubos se taponarán debidamente para evitar que se introduzcan sustancias extrañas en el interior de los mismos.

6.2 CAJAS Y CAJETINES

Las cajas de salida o de paso serán metálicas y sus dimensiones serán tales que permitan un adecuado empalme de los conductores en su interior. No se permite dejar las cajas al descubierto, sin tapas. El ingeniero inspector autorizará el uso de cajas diferentes a las mencionadas a continuación cuando los empalmes dentro de cajas y cajetines den lugar a un peligro de hacinamiento de conductores en el espacio del cual se dispone. Cuando esto suceda, se usarán cajetines de mayores dimensiones, con las tapas de reducciones adecuadas.

a) Cajetines para luminarias: serán octogonales, de dimensiones 4 x 4 1/2 pulgadas (100 x 100 x 32 cm).

b) Cajetines para tomacorrientes e interruptores: serán rectangulares, de dimensiones 4 x 21/8 x 1/2 pulgadas (100 x 54 x 38 cm).

c) Las cajas y los cajetines serán accesibles al usuario de la instalación.

d) La instalación de cajas y cajetines se hará de manera que su lado inferior sea paralelo al piso terminado, a fin de guardar la estética del inmueble. Las cajas se deben fijar en posición, a objeto de evitar su desplazamiento durante las operaciones de vaciado de concreto o frisado de paredes.

e) Las cajas se taponarán debidamente durante el proceso constructivo para evitar que restos de cemento u otros materiales se introduzcan en su interior.

f) La entrada de los tubos a las cajas se hará perpendicularmente a las mismas, nunca en dirección oblicua.

g) Las cajas a empotrarse se instalarán a ras con las superficies de las paredes o techos. Cuando se prevea el recubrimiento de paredes con porcelana, se tomarán las previsiones para que las cajas queden al ras de las baldosas.

h) Con excepción de lo indicado en los planos, y teniendo en cuenta los detalles que podrían presentarse durante el proceso constructivo, las alturas (metros) de instalación de las cajas serán las siguientes:

- Interruptores: 1.15
- Tomacorrientes de uso general: 0.30
- Tomacorrientes especiales (consultar al ingeniero inspector): 1.10
- Tomacorrientes en baños: 1.10
- Tomacorrientes en áreas externas: 0.45
- Apliques en pared: 2.00
- Teléfonos en pared: 0.30
- Timbres: 2.00

6.3 CONDUCTORES

a) Se emplearán conductores de cobre tipo THHN trenzados, de los calibres mencionados en el proyecto y en los planos. El conductor THHN tiene una cubierta termoplástica resistente al calor, es retardador de la llama, posee una chaqueta exterior de nylon y una temperatura máxima de operación de 90°C. En un ducto de tamaño comercial 3/4 y de PVC rígido estándar 80, se pueden alojar hasta diecisiete conductores THHN calibre 14, doce conductores calibre 12 y siete conductores calibre 10.

b) Los conductores se identifican de acuerdo con el color de su capa aislante. El neutro es blanco o gris, las fases se identifican con los colores rojo, amarillo o azul, y el conductor de puesta a tierra es de color verde. Este código de colores se debe mantener en toda la instalación eléctrica.

c) No se permitirá el tendido de los conductores de los circuitos ramales sin que la ductería esté completamente terminada, con sus tuercas, contratuercas y bujes.

d) Los empalmes de los conductores se harán mediante los conectores adecuados, tomando precauciones para evitar que se suelten con el tiempo o por manipulación.

e) No se permite el empalme de los conductores en el interior de los ductos. Solo se harán empalmes en las cajas.

f) El neutro y el conductor de puesta a tierra se tenderán sin interrupción a lo largo de toda la instalación.

6.4 INTERRUPTORES

En general, los interruptores del presente proyecto cumplirán con las siguientes normas:

a) Los interruptores especificarán la corriente y la tensión de operación. Para el proyecto, los interruptores tendrán una capacidad de 15 A y una tensión de operación de 120 V.

6.5 TOMACORRIENTES

Los tomacorrientes del presente proyecto tendrán sus partes metálicas conectadas al conductor de puesta a tierra y cumplirán con las siguientes normas:

a) Los tomacorrientes de propósitos generales serán polarizados, dobles y con terminales de puesta a tierra.

b) Los tomacorrientes de propósitos generales tendrán una capacidad de 15 A y operarán a una tensión de 120 V.

c) Los tomacorrientes para la sala de cocina, ubicados por encima de los gabinetes de piso, serán del tipo GFCI. Su altura será de 90 a 115 cm sobre el piso terminado. El contratista y el ingeniero inspector consultarán al propietario sobre el diseño final del mobiliario de la sala de cocina, a fin de decidir la altura final.

d) Los tomacorrientes para las salas de baño serán del tipo GFCI. Se debe colocar un tomacorriente por encima del lavamanos.

e) Los tomacorrientes en áreas externas a la residencia serán del tipo GFCI y a prueba de intemperie.

f) La salida para el triturador de desperdicios estará debajo del lavaplatos.

g) Los tomacorrientes para los televisores se colocarán a una altura conveniente sobre el nivel del piso en caso de que se utilicen plataformas altas para alojar los equipos.

6.6 LUMINARIAS

Se sugiere el uso de bombillos fluorescentes compactos o a base de LED en todas las salidas para luminarias. Su mayor duración y su bajo consumo permite un ahorro considerable de energía. Las partes metálicas de las luminarias serán conectadas al conductor de puesta a tierra.

6.7 PUESTA A TIERRA Y CONEXIÓN EQUIPOTENCIAL

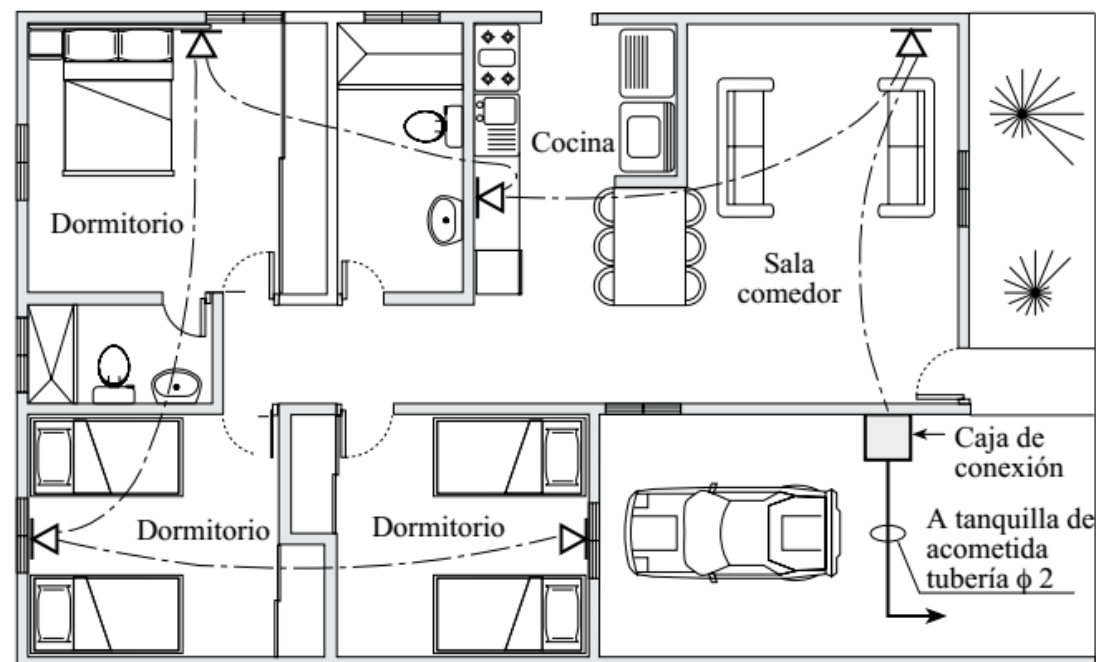
La instalación eléctrica se pondrá a tierra en el equipo de acometida (medio de desconexión de la misma), quede este dentro del tablero principal o no. Para ello, se utilizará la estructura metálica enterrada, una tubería metálica de agua o una barra metálica, aun cuando una combinación de estas posibilidades es aconsejable. En el caso de que se utilice la estructura metálica, se tomarán las medidas para que la puesta a tierra se haga durante el proceso de construcción.

Debido al uso de tubería de PVC, la conexión equipotencial se hará efectiva mediante un conductor de puesta a tierra, que se tenderá a lo largo de toda la instalación y que unirá a todas sus partes metálicas. Este conductor se conectará a la barra de tierra del tablero principal.

6.8 TABLEROS

Los tableros se instalarán en las posiciones indicadas en los planos, y su centro se ubicará a una altura de 1.50 m sobre el nivel del piso terminado. El tablero principal tendrá una barra de neutro y una barra de tierra. A esta último se conectarán todos los conductores de puesta a tierra que se dirigen a los distintos dispositivos. El subtablero de la planta alta no tendrá barra de tierra, sino únicamente la barra del neutro.

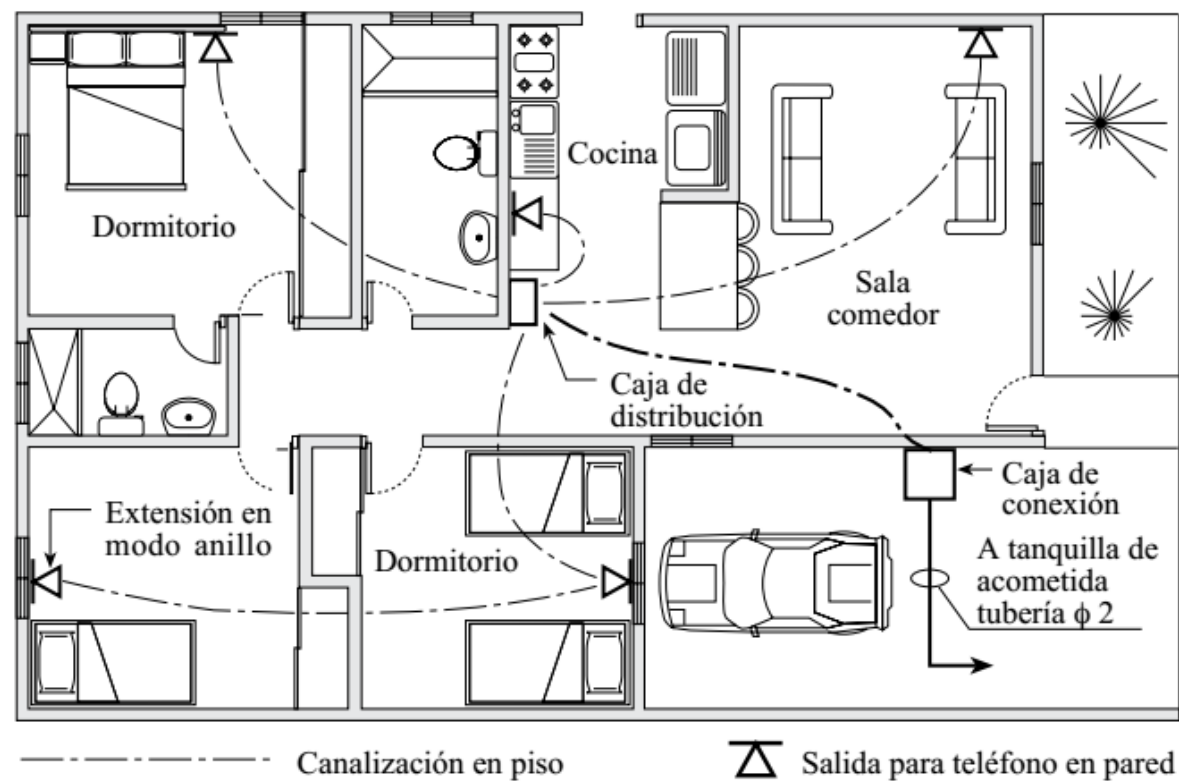
Instalaciones telefónicas



----- Canalización en piso ∇ Salida para teléfono en pared

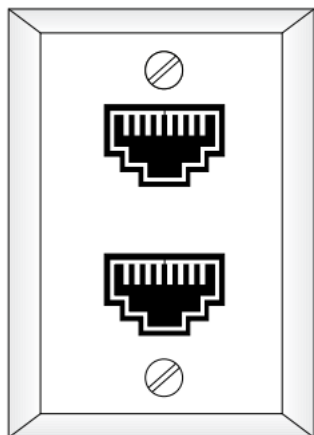
Nota: El tamaño de la tubería interna depende del número de pares.
Se recomienda utilizar un tamaño mínimo 3/4.

Red de instalación interna mediante el método de instalación anillo



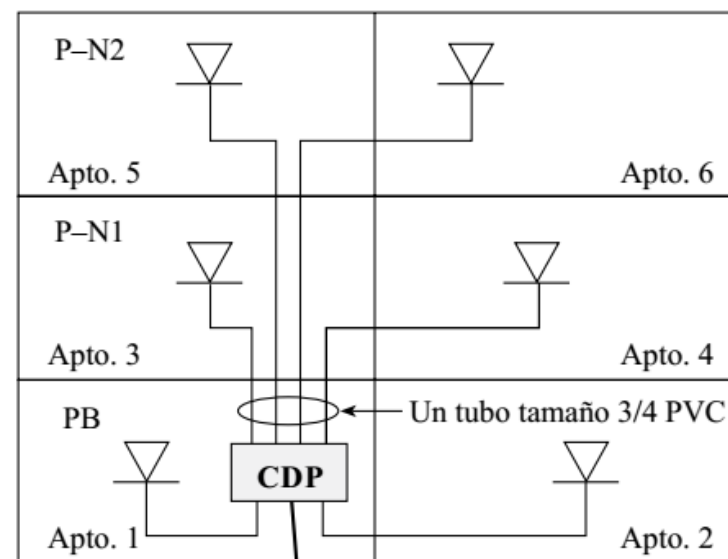
Nota: El tamaño de la tubería interna depende del número de pares.
Se recomienda utilizar un tamaño mínimo 3/4.

Red de instalación interna mediante el método de instalación radial.

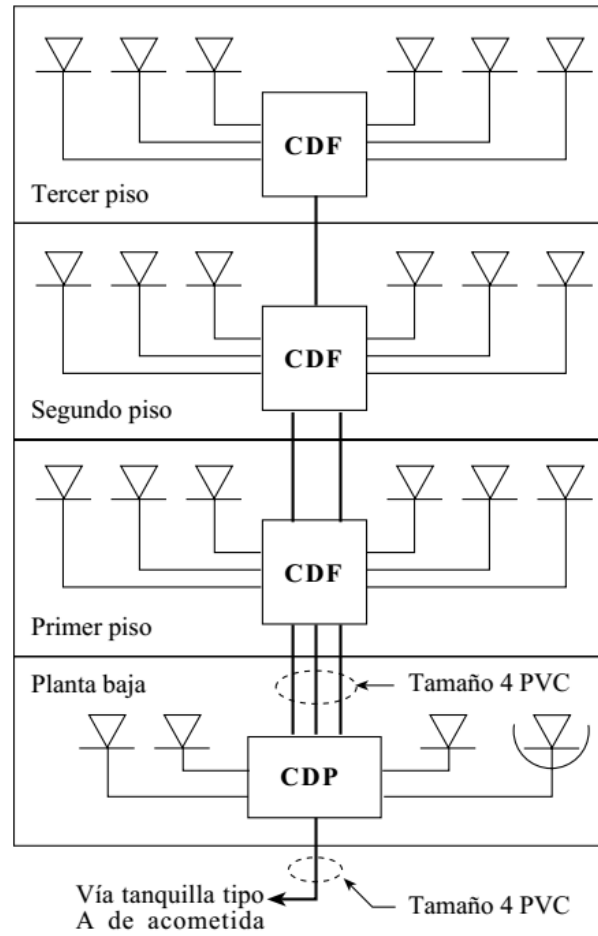


Toma doble recomendada para teléfonos residenciales.

Sistema de distribución telefónica, en forma directa, para un edificio pequeño.



Dimensiones (cm) CDP: 60 de ancho, 80 de alto, 20 de profundidad. de acometida telefónica. Demanda de ocho pares con reserva en un tubo tamaño 2 PVC.



Nota: Las tuberías desde las CDF y CDP hasta las salidas telefónicas son de tamaño 1/2.

Nota: Las tuberías desde las CDF y CDP hasta las salidas telefónicas son de tamaño 1/2.

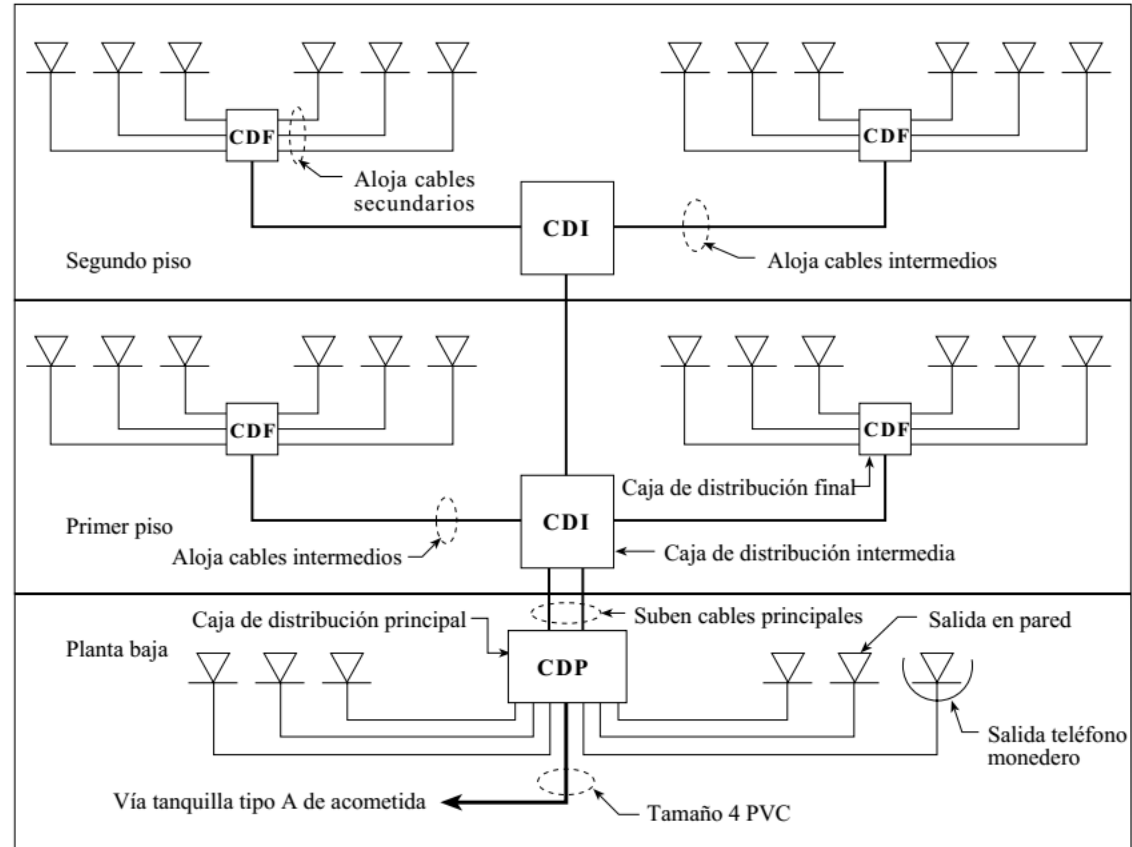
▽ Salida en pared para teléfono

▽ Salida en pared o pedestal para teléfono de tarjeta

CDP: Caja de distribución principal

CDF: Caja de distribución final

Diagrama de distribución telefónica en sistema radial simple.



- Notas:** 1. Las tuberías desde las CDF y CDP hasta las salidas telefónicas son de tamaño comercial 1/2.
 2. Las tuberías entre las cajas CDI y las cajas CDF son de tamaño comercial 3/4.
 3. Las tuberías entre las cajas CDP y las cajas CDI son de tamaño comercial 1.

Diagrama de distribución telefónica en un sistema radial complejo.

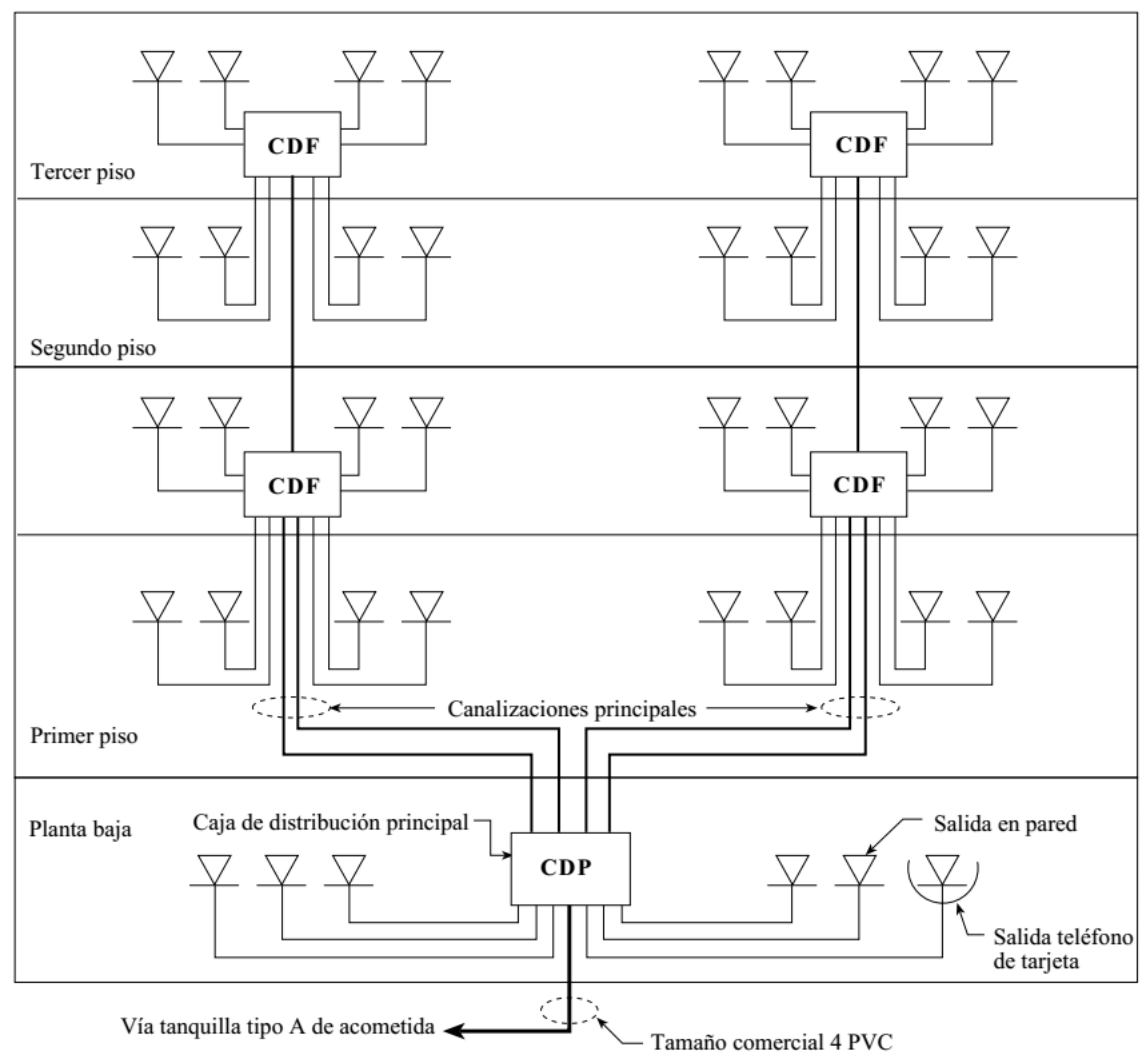


Diagrama de distribución telefónica en un edificio con áreas muy grandes por planta

Tablas

Tipo de ambiente	Carga unitaria	
	VA/m ²	VA/ft ²
Auditorios	11	1
Bancos	39	3.5
Barberías y tiendas de belleza	33	3
Iglesias	11	1
Clubes	22	2
Salas de juzgados	22	2
Unidades de vivienda	33	3
Garajes – Comercios (almacenamiento)	6	0.5
Hospitales	22	2
Hoteles y moteles (incluye casas de apartamentos sin facilidades de cocina para huéspedes)	22	2
Edificios comerciales e industriales	22	2
Casas de huéspedes	17	1.5
Edificios de oficina	39	3.5
Restaurantes	22	2
Escuelas	33	3
Tiendas	33	3
Almacenes (depósitos).	3	0.25
En cualquiera de los ambientes anteriores, excepto residencias unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares:		
Salones de reunión y auditorios	11	1
Recibos, corredores escaleras	6	0.50
Espacios para almacenamiento	3	0.25

Tabla A1 Carga de iluminación por m² o por pie² para distintos ambientes y edificaciones.

N° de artefactos de cocina	Factores de demanda		Columna C (máxima demanda en kw, régimen menor que 12 kW)
	Columna A (cocinas de capacidad menor que 3.5 kW)	Columna B (cocinas de capacidad de 3.5 kW a 8.75 kW)	
1	80	80	8
2	75	65	11
3	70	55	14
4	66	50	17
5	62	45	20
6	59	43	21
7	56	40	22
8	53	36	23
9	51	35	24
10	49	34	25

Tabla A2 Factores de demanda en % y cargas para cocinas eléctricas, hornos de pared, topes eléctricos y otros artefactos con capacidad superior a 1.75 kW.

Número de secadoras	Factor de demanda (%)
1 - 4	100%
5	85%
6	75%
7	65%
8	60%
9	55%
10	50%
11	47%
12 - 22	$\% = 47 - (N^{\circ} \text{ secadoras} - 11)$
23	35%
24 - 42	$\% = 35 - [0,5 \cdot (N^{\circ} \text{ secadoras} - 23)]$
Más de 42	25%

Tabla A3 Factores de demanda para secadoras eléctricas domésticas.

HP	115 V	200V	208V	230V
1/6	4.4	2.5	2.4	2.2
1/4	5.8	3.3	3.2	2.9
1/3	7.2	4.1	4.0	3.6
1/2	9.8	5.6	5.4	4.9
3/4	13.8	7.9	7.6	6.9
1	16	9.2	8.8	8.0
1,5	20	11.5	11.0	10.0
2	24	13.8	13.2	12.0
3	34	19.6	18.7	17.0
5	56	32.2	30.8	28.0
7,5	80	46.0	44.0	40.0
10	100	57.5	55.0	50.0

Tabla A4 Corriente a plena carga en amperios para motores monofásicos de corriente alterna. La tabla se aplica a motores funcionando a velocidades y características de torque normales. Los voltajes pueden tener un rango de 110 a 120 voltios y de 220 a 240 voltios.

Tipo de ambiente	Porción de carga de alumbrado al cual se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda (%)
Hogares (incluye casas y apartamentos)	Primeros 3000 o menos	100
	Desde 3001 a 120000	35
	Remanente sobre 100000	25
Hospitales	Primeros 50000 o menos	40
	Remanente sobre 50000	20
Hoteles y moteles (incluye casas de apartamentos sin facilidades de cocina para huéspedes)	Primeros 20000 o menos	50
	Desde 20001 hasta 100000	40
	Remanente sobre 100000	30
Almacenes (depósitos)	Primeros 12500 o menos	100
	Remanente sobre 12500	50
Todos los demás	Total voltios-amperios	100

Tabla A5 Factores de demanda para cargas de iluminación.

Tabla A6 Ampacidad de conductores de cobre a temperatura ambiente de 30°C y no más de tres conductores en una canalización, en un cable o directamente enterrados. El voltaje máximo de operación es de 2000 V.

Tamaño AWG o kcmil	Máxima temperatura de operación		
	60°C	75°C	90°C
	TW, UF	RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	SA, MI, RHH, THHN, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2
16	—	—	18
14	20	20	25
12	25	25	30
10	30	35	40
8	40	50	55
6	55	65	75
4	70	85	95
2	95	115	130
1	110	130	150
1/0	125	150	170
2/0	145	175	195
3/0	165	200	225
4/0	195	230	260
250	215	255	290
300	240	285	320
350	260	310	350
400	280	335	380
500	320	380	430
600	355	420	475
700	385	460	520
750	400	475	535
800	410	490	555
900	435	520	585
1000	455	545	615
1250	495	590	665
1500	520	625	705
1750	545	650	735
2000	560	665	750

Régimen o ajuste máximo de OCPD que no exceda el valor mostrado (A)	Tamaño AWG o kcmil conductor de cobre
15	14
20	12
30	10
40	10
60	10
100	8
200	6
300	4
400	3
500	2
600	1
800	1/0
1000	2/0
1200	3/0
1600	4/0
2000	250
2500	350
3000	400
4000	500
5000	700
6000	800

Tabla A7 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra para equipos y canalizaciones.

		Tamaño comercial para tubos EMT						
Tipo	AWG	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	4
RHH RHW RHW-2	14	4	7	11	27	46	80	201
	12	3	6	9	23	38	66	167
	10	2	15	8	18	30	53	135
	8	1	2	4	9	16	28	70
	6	1	1	3	8	13	22	56
	4	1	1	2	6	10	17	44
	2	1	1	1	4	7	13	33
	1/0	0	1	1	2	4	7	19
	2/0	0	1	1	2	4	6	17
	4/0	0	0	0	0	3	5	12
TW	14	8	15	25	58	96	168	424
	12	6	11	29	45	74	129	326
	10	5	8	14	33	55	96	243
	8	2	5	8	18	30	53	135
	6	1	3	4	11	18	32	81
	4	1	1	3	8	13	24	60
	2	1	1	2	6	10	17	44
	1/0	0	1	1	3	6	10	26
	2/0	0	1	1	3	5	9	22
	4/0	0	0	1	1	3	6	16
THHW THW	14	6	10	16	39	64	112	282
	12	4	8	13	31	51	90	227
	10	3	6	10	24	40	70	177
	8	1	4	6	14	24	42	106
	6	1	3	4	11	18	32	81
	4	1	1	3	8	13	24	60
	2	1	1	2	6	10	17	44
	1/0	0	1	1	3	6	10	26
	2/0	0	1	1	3	5	9	22
	4/0	0	0	1	1	3	6	16
THHN THWN THWN-2	14	12	22	35	84	138	241	608
	12	9	16	26	61	101	176	443
	10	5	10	16	38	63	111	279
	8	3	6	9	22	36	64	161
	6	2	4	7	16	26	46	116
	4	1	2	4	10	16	28	71
	2	1	1	3	7	11	20	51
	1/0	1	1	1	4	7	12	32
	2/0	0	1	1	3	6	10	26
	4/0	0	1	1	2	4	7	18
XHH XHHW XHHW-2	14	8	15	25	58	96	168	424
	12	6	11	19	45	74	129	326
	10	5	8	14	33	55	96	243
	8	2	5	8	18	30	53	135
	6	1	3	6	14	22	39	100
	4	1	2	4	10	16	28	72
	2	1	1	3	7	11	20	51
	1/0	1	1	1	4	7	13	32
	2/0	0	1	1	3	6	10	27
	4/0	0	1	1	2	4	7	18

Tabla A8: Tamaños comerciales de tubos EMT.

Número de unidades de vivienda	Factor de demanda (%)
3 – 5	45
6 – 7	44
8 – 10	43
11	42
12 – 13	41
14 – 15	40
16 – 17	39
18 – 20	38
21	37
22 – 23	36
24 – 25	35
26 – 27	34
28 – 30	33
31	32
32 – 33	31
34 – 36	30
37 – 38	29
39 – 42	28
43 – 45	27
46 – 50	26
51 – 55	25
56 – 61	24
De 62 en adelante	23

Tabla A9 Cálculo opcional: Factores de demanda para tres o más unidades de viviendas multifamiliares.

Calibre	Protección	Aplicaciones típicas
14 AWG	15 A	Circuitos ramales de luminarias y tomacorrientes de uso general.
12 AWG	20 A	Circuitos ramales de pequeños artefactos en sala de cocina, luminarias y tomacorrientes de uso general.
10 AWG	30 A	Secadoras de ropa, cocinas y hornos eléctricos, acondicionadores de aire, calentadores de agua.
8 AWG	40 A	Cocinas y hornos eléctricos, acondicionadores de aire, calentadores de agua.
6 AWG	50 A	Cocinas eléctricas, alimentadores de subtableros.
4 AWG	70 A	Cocinas eléctricas, alimentadores de subtableros.
≥ 3 AWG	100 A	Alimentadores de entrada al tablero principal, cocinas eléctricas de alto consumo.

Tabla A10 Calibre de los conductores de circuitos ramales residenciales, las protecciones contra sobrecorriente y sus aplicaciones típicas. Estas últimas son ilustrativas y en cálculos específicos se utilizarán los que los mismos determinen.

Calibre del mayor conductor activo de la acometida (AWG/kcmil)	Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra
2 o menor	8
1 o 1/0	6
2/0 o 3/0	4
Mayor de 3/0 hasta 350	2
Mayor de 350 hasta 600	1/0
Mayor de 600 hasta 1100	2/0
Mayor de 1100	3/0

Tabla A11 Calibre del conductor de cobre del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna.

Nota 1: Para cocinas individuales de más de 12 kW y no más de 27 kW, se aumentará la demanda máxima de la columna C un 5% por cada kW adicional, por encima de 12 kW.

Nota 2: Para cocinas individuales de distintas capacidades, de más de 8.75 kW y no más de 27 kW, se suman las capacidades y se divide entre el número de cocinas. Luego, la máxima demanda de la columna C se incrementa un 5% por cada kW por el cual el valor obtenido supere 12 kW.

Nota 3: Cuando se tengan cocinas cuyas capacidades sean mayores de 1.75 kW y menores de 8.75 kW, se aplican los factores de demanda de las columnas A y B.

Nota 4: Cuando se tiene una cocina de tope de mesa y hasta dos hornos instalados en la pared, alimentados por un mismo circuito y ubicados en un mismo ambiente, se suman las capacidades de la cocina y los hornos. El resultado se trata como si esta carga fuera una sola unidad de cocina y se aplica la columna C. Si la carga no excede 12 kW, la carga final será de 8 kW. Si la carga excede 12 kW, se aplica la Nota 1.

Nota 5: Esta tabla también se aplica a cocinas domésticas con capacidad superior a 1.75 kW, usadas en programas instruccionales.

Tabla A12 Factores de demanda en % y cargas para cocinas eléctricas, hornos de pared, topes eléctricos y otros artefactos con capacidad superior a 1.75 kW.

N° de artefactos de cocina	Factores de demanda		Columna C (máxima demanda en kW. Régimen menor de 12 kW)
	Columna A (cocinas con capacidad menor de 3.5 kW, %)	Columna B (cocinas con capacidad de 3.5 kW a 8.75 kW, %)	
1	80	80	8
2	75	65	11
3	70	55	14
4	66	50	17
5	62	45	20
6	59	43	21
7	56	40	22
8	53	36	23
9	51	35	24
10	49	34	25
11	47	32	26
12	45	32	27
13	43	32	28
14	41	32	29
15	40	32	30
16	39	28	31
17	38	28	32
18	37	28	33
19	36	28	34
20	35	28	35
21	34	26	36
22	33	26	37
23	32	26	38
24	31	26	39
25	30	26	40
26-30	30	24	15 kW+
31-40	30	22	1 kW/cocina
41-50	30	20	25 kW+
51-60	30	18	3/4 kW/cocina
Más de 61	30	16	

Table 250.66 Grounding Electrode Conductor for Alternating-Current Systems

Size of Largest Ungrounded Service-Entrance Conductor or Equivalent Area for Parallel Conductors ^a (AWG/kcmil)		Size of Grounding Electrode Conductor (AWG/kcmil)	
Copper	Aluminum or Copper-Clad Aluminum	Copper	Aluminum or Copper-Clad Aluminum ^b
2 or smaller	1/0 or smaller	8	6
1 or 1/0	2/0 or 3/0	6	4
2/0 or 3/0	4/0 or 250	4	2
Over 3/0 through 350	Over 250 through 500	2	1/0
Over 350 through 600	Over 500 through 900	1/0	3/0
Over 600 through 1100	Over 900 through 1750	2/0	4/0
Over 1100	Over 1750	3/0	250

**Table 250.122 Minimum Size Equipment Grounding
Conductors for Grounding Raceway and Equipment**

Rating or Setting of Automatic Overcurrent Device in Circuit Ahead of Equipment, Conduit, etc., Not Exceeding (Amperes)	Size (AWG or kcmil)	
	Copper	Aluminum or Copper-Clad Aluminum*
15	14	12
20	12	10
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	750
5000	700	1200
6000	800	1200

Table 310.15(B)(16) (formerly Table 310.16) Allowable Ampacities of Insulated Conductors Rated Up to and Including 2000 Volts, 60°C Through 90°C (140°F Through 194°F), Not More Than Three Current-Carrying Conductors in Raceway, Cable, or Earth (Directly Buried), Based on Ambient Temperature of 30°C (86°F)*

Size AWG or kcmil	Temperature Rating of Conductor [See Table 310.104(A).]						Size AWG or kcmil
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Types TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Types TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COPPER			ALUMINUM OR COPPER-CLAD ALUMINUM			
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14**	15	20	25	—	—	—	—
12**	20	25	30	15	20	25	12**
10**	30	35	40	25	30	35	10**
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	350	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	315	375	425	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	445	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	525	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	555	665	750	470	560	630	2000

Table 310.15(B)(2)(a) Ambient Temperature Correction Factors Based on 30°C (86°F)

For ambient temperatures other than 30°C (86°F), multiply the allowable ampacities specified in the ampacity tables by the appropriate correction factor shown below.

Ambient Temperature (°C)	Temperature Rating of Conductor			Ambient Temperature (°F)
	60°C	75°C	90°C	
10 or less	1.29	1.20	1.15	50 or less
11–15	1.22	1.15	1.12	51–59
16–20	1.15	1.11	1.08	60–68
21–25	1.08	1.05	1.04	69–77
26–30	1.00	1.00	1.00	78–86
31–35	0.91	0.94	0.96	87–95
36–40	0.82	0.88	0.91	96–104
41–45	0.71	0.82	0.87	105–113
46–50	0.58	0.75	0.82	114–122
51–55	0.41	0.67	0.76	123–131
56–60	—	0.58	0.71	132–140
61–65	—	0.47	0.65	141–149
66–70	—	0.33	0.58	150–158
71–75	—	—	0.50	159–167
76–80	—	—	0.41	168–176
81–85	—	—	0.29	177–185

Table 310.15(B)(3)(a) Adjustment Factors for More Than Three Current-Carrying Conductors in a Raceway or Cable

Number of Conductors¹	Percent of Values in Table 310.15(B)(16) through Table 310.15(B)(19) as Adjusted for Ambient Temperature if Necessary
4–6	80
7–9	70
10–20	50
21–30	45
31–40	40
41 and above	35

Table 8 Conductor Properties

Size (AWG or kcmil)	Conductors									Direct-Current Resistance at 75°C (167°F)					
	Area			Stranding		Overall				Copper					
										Aluminum					
	Circular		Quantity	Diameter		Diameter		Area		Uncoated		Coated		ohm/ km	ohm/ kFT
mm²	mils	mm		in.	mm	in.	mm²	in.²	ohm/ km	ohm/ kFT	ohm/ km	ohm/ kFT			
18	0.823	1620	1	—	—	1.02	0.040	0.823	0.001	25.5	7.77	26.5	8.08	42.0	12.8
18	0.823	1620	7	0.39	0.015	1.16	0.046	1.06	0.002	26.1	7.95	27.7	8.45	42.8	13.1
16	1.31	2580	1	—	—	1.29	0.051	1.31	0.002	16.0	4.89	16.7	5.08	26.4	8.05
16	1.31	2580	7	0.49	0.019	1.46	0.058	1.68	0.003	16.4	4.99	17.3	5.29	26.9	8.21
14	2.08	4110	1	—	—	1.63	0.064	2.08	0.003	10.1	3.07	10.4	3.19	16.6	5.06
14	2.08	4110	7	0.62	0.024	1.85	0.073	2.68	0.004	10.3	3.14	10.7	3.26	16.9	5.17
12	3.31	6530	1	—	—	2.05	0.081	3.31	0.005	6.34	1.93	6.57	2.01	10.45	3.18
12	3.31	6530	7	0.78	0.030	2.32	0.092	4.25	0.006	6.50	1.98	6.73	2.05	10.69	3.25
10	5.261	10380	1	—	—	2.588	0.102	5.26	0.008	3.984	1.21	4.148	1.26	6.561	2.00
10	5.261	10380	7	0.98	0.038	2.95	0.116	6.76	0.011	4.070	1.24	4.226	1.29	6.679	2.04
8	8.367	16510	1	—	—	3.264	0.128	8.37	0.013	2.506	0.764	2.579	0.786	4.125	1.26
8	8.367	16510	7	1.23	0.049	3.71	0.146	10.76	0.017	2.551	0.778	2.653	0.809	4.204	1.28

6	13.30	26240	7	1.56	0.061	4.67	0.184	17.09	0.027	1.608	0.491	1.671	0.510	2.652	0.808
4	21.15	41740	7	1.96	0.077	5.89	0.232	27.19	0.042	1.010	0.308	1.053	0.321	1.666	0.508
3	26.67	52620	7	2.20	0.087	6.60	0.260	34.28	0.053	0.802	0.245	0.833	0.254	1.320	0.403
2	33.62	66360	7	2.47	0.097	7.42	0.292	43.23	0.067	0.634	0.194	0.661	0.201	1.045	0.319
1	42.41	83690	19	1.69	0.066	8.43	0.332	55.80	0.087	0.505	0.154	0.524	0.160	0.829	0.253
1/0	53.49	105600	19	1.89	0.074	9.45	0.372	70.41	0.109	0.399	0.122	0.415	0.127	0.660	0.201
2/0	67.43	133100	19	2.13	0.084	10.62	0.418	88.74	0.137	0.3170	0.0967	0.329	0.101	0.523	0.159
3/0	85.01	167800	19	2.39	0.094	11.94	0.470	111.9	0.173	0.2512	0.0766	0.2610	0.0797	0.413	0.126
4/0	107.2	211600	19	2.68	0.106	13.41	0.528	141.1	0.219	0.1996	0.0608	0.2050	0.0626	0.328	0.100
250	127	—	37	2.09	0.082	14.61	0.575	168	0.260	0.1687	0.0515	0.1753	0.0535	0.2778	0.0847
300	152	—	37	2.29	0.090	16.00	0.630	201	0.312	0.1409	0.0429	0.1463	0.0446	0.2318	0.0707
350	177	—	37	2.47	0.097	17.30	0.681	235	0.364	0.1205	0.0367	0.1252	0.0382	0.1984	0.0605
400	203	—	37	2.64	0.104	18.49	0.728	268	0.416	0.1053	0.0321	0.1084	0.0331	0.1737	0.0529
500	253	—	37	2.95	0.116	20.65	0.813	336	0.519	0.0845	0.0258	0.0869	0.0265	0.1391	0.0424
600	304	—	61	2.52	0.099	22.68	0.893	404	0.626	0.0704	0.0214	0.0732	0.0223	0.1159	0.0353
700	355	—	61	2.72	0.107	24.49	0.964	471	0.730	0.0603	0.0184	0.0622	0.0189	0.0994	0.0303
750	380	—	61	2.82	0.111	25.35	0.998	505	0.782	0.0563	0.0171	0.0579	0.0176	0.0927	0.0282
800	405	—	61	2.91	0.114	26.16	1.030	538	0.834	0.0528	0.0161	0.0544	0.0166	0.0868	0.0265
900	456	—	61	3.09	0.122	27.79	1.094	606	0.940	0.0470	0.0143	0.0481	0.0147	0.0770	0.0235
1000	507	—	61	3.25	0.128	29.26	1.152	673	1.042	0.0423	0.0129	0.0434	0.0132	0.0695	0.0212
1250	633	—	91	2.98	0.117	32.74	1.289	842	1.305	0.0338	0.0103	0.0347	0.0106	0.0554	0.0169
1500	760	—	91	3.26	0.128	35.86	1.412	1011	1.566	0.02814	0.00858	0.02814	0.00883	0.0464	0.0141
1750	887	—	127	2.98	0.117	38.76	1.526	1180	1.829	0.02410	0.00735	0.02410	0.00756	0.0397	0.0121
2000	1013	—	127	3.19	0.126	41.45	1.632	1349	2.092	0.02109	0.00643	0.02109	0.00662	0.0348	0.0106

Table 4 Dimensions and Percent Area of Conduit and Tubing (Areas of Conduit or Tubing for the Combinations of Wires Permitted in Table 1, Chapter 9)

Article 358 — Electrical Metallic Tubing (EMT)													
Metric Designator	Trade Size	Over 2 Wires 40%		60%		1 Wire 53%		2 Wires 31%		Nominal Internal Diameter		Total Area 100%	
		mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm	in.	mm ²	in. ²
16	½	78	0.122	118	0.182	104	0.161	61	0.094	15.8	0.622	196	0.304
21	¾	137	0.213	206	0.320	182	0.283	106	0.165	20.9	0.824	343	0.533
27	1	222	0.346	333	0.519	295	0.458	172	0.268	26.6	1.049	556	0.864
35	1¼	387	0.598	581	0.897	513	0.793	300	0.464	35.1	1.380	968	1.496
41	1½	526	0.814	788	1.221	696	1.079	407	0.631	40.9	1.610	1314	2.036
53	2	866	1.342	1299	2.013	1147	1.778	671	1.040	52.5	2.067	2165	3.356
63	2½	1513	2.343	2270	3.515	2005	3.105	1173	1.816	69.4	2.731	3783	5.858
78	3	2280	3.538	3421	5.307	3022	4.688	1767	2.742	85.2	3.356	5701	8.846
91	3½	2980	4.618	4471	6.927	3949	6.119	2310	3.579	97.4	3.834	7451	11.545
103	4	3808	5.901	5712	8.852	5046	7.819	2951	4.573	110.1	4.334	9521	14.753

Article 344 — Rigid Metal Conduit (RMC)													
Metric Designator	Trade Size	Over 2 Wires 40%		60%		1 Wire 53%		2 Wires 31%		Nominal Internal Diameter		Total Area 100%	
		mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm	in.	mm ²	in. ²
12	¾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	½	81	0.125	122	0.188	108	0.166	63	0.097	16.1	0.632	204	0.314
21	¾	141	0.220	212	0.329	187	0.291	109	0.170	21.2	0.836	353	0.549
27	1	229	0.355	344	0.532	303	0.470	177	0.275	27.0	1.063	573	0.887
35	1¼	394	0.610	591	0.916	522	0.809	305	0.473	35.4	1.394	984	1.526
41	1½	533	0.829	800	1.243	707	1.098	413	0.642	41.2	1.624	1333	2.071
53	2	879	1.363	1319	2.045	1165	1.806	681	1.056	52.9	2.083	2198	3.408
63	2½	1255	1.946	1882	2.919	1663	2.579	972	1.508	63.2	2.489	3137	4.866
78	3	1936	3.000	2904	4.499	2565	3.974	1500	2.325	78.5	3.090	4840	7.499
91	3½	2584	4.004	3877	6.006	3424	5.305	2003	3.103	90.7	3.570	6461	10.010
103	4	3326	5.153	4990	7.729	4408	6.828	2578	3.994	102.9	4.050	8316	12.882
129	5	5220	8.085	7830	12.127	6916	10.713	4045	6.266	128.9	5.073	13050	20.212
155	6	7528	11.663	11292	17.495	9975	15.454	5834	9.039	154.8	6.093	18821	29.158

Article 352 — Rigid PVC Conduit (PVC), Schedule 80

Metric Designator	Trade Size	Over 2 Wires 40%		60%		1 Wire 53%		2 Wires 31%		Nominal Internal Diameter		Total Area 100%	
		mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm	in.	mm ²	in. ²
12	¾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	½	56	0.087	85	0.130	75	0.115	44	0.067	13.4	0.526	141	0.217
21	¾	105	0.164	158	0.246	139	0.217	82	0.127	18.3	0.722	263	0.409
27	1	178	0.275	267	0.413	236	0.365	138	0.213	23.8	0.936	445	0.688
35	1¼	320	0.495	480	0.742	424	0.656	248	0.383	31.9	1.255	799	1.237
41	1½	442	0.684	663	1.027	585	0.907	342	0.530	37.5	1.476	1104	1.711
53	2	742	1.150	1113	1.725	983	1.523	575	0.891	48.6	1.913	1855	2.874
63	2½	1064	1.647	1596	2.471	1410	2.183	825	1.277	58.2	2.290	2660	4.119
78	3	1660	2.577	2491	3.865	2200	3.414	1287	1.997	72.7	2.864	4151	6.442
91	3½	2243	3.475	3365	5.213	2972	4.605	1738	2.693	84.5	3.326	5608	8.688
103	4	2907	4.503	4361	6.755	3852	5.967	2253	3.490	96.2	3.786	7268	11.258
129	5	4607	7.142	6911	10.713	6105	9.463	3571	5.535	121.1	4.768	11518	17.855
155	6	6605	10.239	9908	15.359	8752	13.567	5119	7.935	145.0	5.709	16513	25.598

Articles 352 and 353 — Rigid PVC Conduit (PVC), Schedule 40, and HDPE Conduit (HDPE)

Metric Designator	Trade Size	Over 2 Wires 40%		60%		1 Wire 53%		2 Wires 31%		Nominal Internal Diameter		Total Area 100%	
		mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm	in.	mm ²	in. ²
12	¾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	½	74	0.114	110	0.171	97	0.151	57	0.088	15.3	0.602	184	0.285
21	¾	131	0.203	196	0.305	173	0.269	101	0.157	20.4	0.804	327	0.508
27	1	214	0.333	321	0.499	284	0.441	166	0.258	26.1	1.029	535	0.832
35	1¼	374	0.581	561	0.872	495	0.770	290	0.450	34.5	1.360	935	1.453
41	1½	513	0.794	769	1.191	679	1.052	397	0.616	40.4	1.590	1282	1.986
53	2	849	1.316	1274	1.975	1126	1.744	658	1.020	52.0	2.047	2124	3.291
63	2½	1212	1.878	1817	2.817	1605	2.488	939	1.455	62.1	2.445	3029	4.695
78	3	1877	2.907	2816	4.361	2487	3.852	1455	2.253	77.3	3.042	4693	7.268
91	3½	2511	3.895	3766	5.842	3327	5.161	1946	3.018	89.4	3.521	6277	9.737
103	4	3237	5.022	4855	7.532	4288	6.654	2508	3.892	101.5	3.998	8091	12.554
129	5	5099	7.904	7649	11.856	6756	10.473	3952	6.126	127.4	5.016	12748	19.761
155	6	7373	11.427	11060	17.140	9770	15.141	5714	8.856	153.2	6.031	18433	28.567

Table 5 Dimensions of Insulated Conductors and Fixture Wires

Type	Size (AWG or kcmil)	Approximate Area		Approximate Diameter	
		mm ²	in. ²	mm	in.
Type: FFH-2, RFH-1, RFH-2, RFHH-2, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFE, THHW, THW, THW-2, TW, XF, XFF					
RFH-2, FFH-2, RFHH-2	18	9.355	0.0145	3.454	0.136
	16	11.10	0.0172	3.759	0.148
RHH, RHW, RHW-2	14	18.90	0.0293	4.902	0.193
	12	22.77	0.0353	5.385	0.212
	10	28.19	0.0437	5.994	0.236
	8	53.87	0.0835	8.280	0.326
	6	67.16	0.1041	9.246	0.364
	4	86.00	0.1333	10.46	0.412
	3	98.13	0.1521	11.18	0.440
	2	112.9	0.1750	11.99	0.472
	1	171.6	0.2660	14.78	0.582
	1/0	196.1	0.3099	15.80	0.622
	2/0	226.1	0.3505	16.97	0.668
	3/0	262.7	0.4072	18.29	0.720
	4/0	306.7	0.4754	19.76	0.778
	250	405.9	0.6291	22.73	0.895
	300	457.3	0.7088	24.13	0.950
	350	507.7	0.7870	25.43	1.001
	400	556.5	0.8626	26.62	1.048
	500	650.5	1.0082	28.78	1.133
	600	782.9	1.2135	31.57	1.243
	700	874.9	1.3561	33.38	1.314
	750	920.8	1.4272	34.24	1.348
	800	965.0	1.4957	35.05	1.380
900	1057	1.6377	36.68	1.444	
1000	1143	1.7719	38.15	1.502	
	1250	1515	2.3479	43.92	1.729
	1500	1738	2.6938	47.04	1.852
	1750	1959	3.0357	49.94	1.966
	2000	2175	3.3719	52.63	2.072
SF-2, SFF-2	18	7.419	0.0115	3.073	0.121
	16	8.968	0.0139	3.378	0.133
	14	11.10	0.0172	3.759	0.148
SF-1, SFF-1	18	4.194	0.0065	2.311	0.091
RFH-1,TF, TFE, XF, XFF	18	5.161	0.0088	2.692	0.106
TF, TFE, XF, XFF	16	7.032	0.0109	2.997	0.118
TW, XF, XFF, THHW, THW, THW-2	14	8.968	0.0139	3.378	0.133
TW, THHW, THW, THW-2	12	11.68	0.0181	3.861	0.152
	10	15.68	0.0243	4.470	0.176
	8	28.19	0.0437	5.994	0.236
RHH*, RHW*, RHW-2*	14	13.48	0.0209	4.140	0.163
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	12	16.77	0.0260	4.623	0.182
Type: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF					
RHH,* RHW,* RHW-2,* XF, XFF	10	21.48	0.0333	5.232	0.206











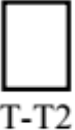






(continues)

Table 5 Continued

Type	Size (AWG or kcmil)	Approximate Area		Approximate Diameter	
		mm ²	in. ²	mm	in.
RHH*, RHW*, RHW-2*	8	35.87	0.0556	6.756	0.266
TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*	6	46.84	0.0726	7.722	0.304
	4	62.77	0.0973	8.941	0.352
	3	73.16	0.1134	9.652	0.380
	2	86.00	0.1333	10.46	0.412
	1	122.6	0.1901	12.50	0.492
	1/0	143.4	0.2223	13.51	0.532
	2/0	169.3	0.2624	14.68	0.578
	3/0	201.1	0.3117	16.00	0.630
	4/0	239.9	0.3718	17.48	0.688
	250	296.5	0.4596	19.43	0.765
	300	340.7	0.5281	20.83	0.820
	350	384.4	0.5958	22.12	0.871
	400	427.0	0.6619	23.32	0.918
	500	509.7	0.7901	25.48	1.003
	600	627.7	0.9729	28.27	1.113
	700	710.3	1.1010	30.07	1.184
	750	751.7	1.1652	30.94	1.218
	800	791.7	1.2272	31.75	1.250
	900	874.9	1.3561	33.38	1.314
	1000	953.8	1.4784	34.85	1.372
	1250	1200	1.8602	39.09	1.539
	1500	1400	2.1695	42.21	1.662
	1750	1598	2.4773	45.11	1.776
	2000	1795	2.7818	47.80	1.882
TFN, TFFN	18	3.548	0.0055	2.134	0.084
	16	4.645	0.0072	2.438	0.096
THHN, THWN, THWN-2	14	6.258	0.0097	2.819	0.111
	12	8.581	0.0133	3.302	0.130
	10	13.61	0.0211	4.166	0.164
	8	23.61	0.0366	5.486	0.216
	6	32.71	0.0507	6.452	0.254
	4	53.16	0.0824	8.230	0.324
	3	62.77	0.0973	8.941	0.352
	2	74.71	0.1158	9.754	0.384
	1	100.8	0.1562	11.33	0.446
	1/0	119.7	0.1855	12.34	0.486
	2/0	143.4	0.2223	13.51	0.532
	3/0	172.8	0.2679	14.83	0.584
	4/0	208.8	0.3237	16.31	0.642
	250	256.1	0.3970	18.06	0.711
	300	297.3	0.4608	19.46	0.766
Type: FEP, FEPB, PAF, PAFF, PE, PFA, PFAH, PFF, PCF, PGFF, PTF, PTFF, TFE, THHN, THWN, THWN-2, Z, ZE, ZFF, ZHF					
THHN, THWN, THWN-2	350	338.2	0.5242	20.75	0.817
	400	378.3	0.5863	21.95	0.864
	500	456.3	0.7073	24.10	0.949
	600	559.7	0.8676	26.70	1.051
	700	637.9	0.9887	28.50	1.122
	750	677.2	1.0496	29.36	1.156
	800	715.2	1.1085	30.18	1.188
	900	794.3	1.2311	31.80	1.252
	1000	869.5	1.3478	33.27	1.310

Simbolos eléctricos a considerar

	Tablero		Salida cocina eléctrica
	Caja de medición y equipo de acometida		Tomacorriente triturador de desperdicios
	Luminaria en techo		Salida hidroneumático
	Luminaria en pared		Tomacorriente microondas
	Interruptor sencillo (monopolar)		Tomacorriente lavaplatos
	Interruptor monopolar de la lámpara <i>a</i>		Tomacorriente refrigerador
	Interruptor de 3 vías		Tomacorriente secadora
	Interruptor de 4 vías		Tomacorriente calentador de agua
	Dos interruptores en un solo cajetín		Salida para portón eléctrico
	Tres Interruptores en un solo cajetín		Salida en pared para teléfono
	Tomacorriente doble		Salida antena/cable TV
	Tomacorriente doble a prueba de intemperie		Central del sistema del portero eléctrico
	Tomacorriente acondicionador de aire		Pulsador para el portero eléctrico
	Tomacorriente compactador de basura		

	Salida en pared para cerradura eléctrica		Ducto en techo o pared
	Salida en pared para cámara de TV		Ducto en piso
	Poste tubular de alumbrado		Ducto para el sistema telefónico
	Poste tubular de alumbrado con reflector		Ducto para antena/cable TV
	Registro T1 de baja tensión para alumbrado		Ducto para el sistema de portón eléctrico
	Registro T2 para empalme y derivación		Conductor activo (fase)
			Conductor neutro
			Conductor de puesta a tierra
			Circuito al tablero
			Circuito que sube a piso inmediato superior
			Circuito que baja a piso inmediato inferior

Hay que reiterar que en el diseño final de una instalación eléctrica es muy importante intercambiar opiniones con el arquitecto de la edificación y los propietarios de la misma. De esta manera, se logrará un proyecto óptimo de ingeniería.



Fuentes:

- Libro Instalaciones Eléctricas Residenciales. Júpiter Figueroa – Juan Guerrero.
- Información Variada.