

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

De acuerdo con la sección 250-95, el tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a lo especificado en la siguiente tabla 250-95, que se presenta a continuación. Cuando el tamaño nominal de los conductores se ajuste para compensar caídas de tensión eléctrica, los conductores de puesta a tierra de equipo se deberán ajustar proporcionalmente según el área en mm² de su sección transversal.

Tabla 250-95

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

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

Siguiendo con el ejemplo de semanas anteriores para el circuito general de alumbrado

No. 3, como el dispositivo de protección contra sobrecorriente es de 20 A, le corresponde un conductor de puesta a tierra de cobre de 3,307 mm² (12 AWG). Para el circuito alimentador, como el dispositivo de protección contra sobrecorriente es de 100 A, le corresponde un conductor de puesta a tierra de cobre de 8,367 mm² (8 AWG).

Selección del calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra

En las tablas 250-94 y 370-16(a) se muestran las conexiones y la localización del conductor del electrodo de puesta a tierra, en nuestro ejemplo. El tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra de una instalación de CA no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-94, la cual se presenta a continuación:

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

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

De acuerdo a la tabla 250-94, un conductor del electrodo de puesta a tierra o su envolvente debe sujetarse firmemente a la superficie sobre la que va instalado.

- Un conductor de cobre o aluminio de 21,15 mm² (4 AWG) o superior se debe proteger si está expuesto a daño físico severo.
- Se puede llevar un conductor de puesta a tierra de 13,3 mm² (6 AWG) que no esté expuesto a daño físico, a lo largo de la superficie del edificio sin tubería o protección metálica, cuando esté sujeto firmemente al edificio; si no, debe ir en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo (conduit) no metálico tipo pesado o en cable armado.
- Los conductores de puesta a tierra de tamaño nominal inferior a 13,3 mm² (6 AWG) deben alojarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo (conduit) no metálico tipo pesado o en cable armado.
- Las envolventes metálicas del conductor del electrodo de puesta a tierra deben ser eléctricamente continuas desde el punto de conexión a los envolventes o equipo

hasta el electrodo de puesta a tierra, y deben estar sujetas firmemente a las abrazaderas o herrajes de tierra.

- Las envolventes metálicas que no sean continuas físicamente desde el envolvente o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, se deben hacer eléctricamente continuas mediante un puente de unión de sus dos extremos al conductor de puesta a tierra.

Ejemplo 1

Para nuestro ejemplo, suponemos un conductor de entrada a la acometida de 53,48 mm² (1/0 AWG), ya que el alimentador tiene este calibre y la acometida no puede tener un conductor menor. De acuerdo con esto, el conductor de cobre del electrodo de puesta a tierra debe tener un tamaño mínimo de 13,3 mm² (6 AWG). Por protección lo vamos a alojar dentro de una tubería metálica, y los extremos de esta tubería van a estar en contacto eléctrico con el conductor del electrodo de puesta a tierra.

Electrodo de puesta a tierra

Uno o varios de los siguientes sistemas interconectados entre sí, se consideran como electrodos de puesta a tierra. En ningún caso se permite que el valor de resistencia a tierra del sistema de electrodos de puesta a tierra sea superior a 25 Ω .

- | |
|---|
| a) Tubería metálica subterránea para agua. Una tubería metálica subterránea para agua en contacto directo con la tierra a lo largo de 3 m o más (incluidos los ademes metálicos de pozos efectivamente unidos a la tubería) y con continuidad eléctrica (o continua eléctricamente mediante la unión de las conexiones alrededor de juntas aislantes, o secciones aislantes de tubos) hasta los puntos de conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra y de los conductores de unión. La continuidad de la trayectoria de puesta a tierra o de la conexión de unión de la tubería interior no se debe hacer a través de medidores de consumo de agua, filtros o equipos similares. Una tubería metálica subterránea para agua se debe complementar mediante un electrodo adicional. |
| b) Excepción: Se permite que el electrodo de puesta a tierra suplementario vaya conectado a la tubería metálica interior para agua en cualquier punto que resulte conveniente. |
| c) Estructura metálica del edificio. La estructura metálica del edificio, cuando esté puesta a tierra eficazmente. |
| d) Electrodo empotrado en concreto. Un electrodo empotrado como mínimo 50 mm en concreto, localizado en y cerca del fondo de un cimiento o zapata que esté en contacto directo con la tierra y que conste como mínimo de 6 m de una o más varillas de acero desnudo o galvanizado o revestido de cualquier otro recubrimiento eléctricamente conductor, de no menos de 13 mm de diámetro o como mínimo 6,1 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no inferior a 21,2 mm ² (4 AWG). |
| e) Anillo de tierra. Un anillo de tierra que rodee el edificio o estructura, en contacto directo con la tierra y a una profundidad bajo la superficie no inferior a 800 mm que |

	conste como mínimo de 6 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no inferior a 33,6 mm ² (2 AWG).
f)	Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos. Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos, como tubería y tanques subterráneos.
g)	Electrodos de placas. Los electrodos de puesta a tierra de placas deben tener en contacto con el suelo un mínimo de 0,2 m ² de superficie. Los electrodos de puesta a tierra de placas de hierro o de acero deben tener un espesor mínimo de 6,4 mm. Los electrodos de puesta a tierra de metales no ferrosos deben tener un espesor mínimo de 1,52 mm.
h)	Electrodos de varilla o tubería. Los electrodos de varilla y tubo no deben tener menos de 2,4 m de longitud, deben ser del material especificado a continuación y estar instalados del siguiente modo:
1)	Los electrodos de puesta a tierra consistentes en tubería o tubo (conduit) no deben tener un tamaño nominal inferior a 19 mm (diámetro) y, si son de hierro o acero, deben tener su superficie exterior galvanizada o revestida de cualquier otro metal que los proteja contra la corrosión.
2)	Los electrodos de puesta a tierra de varilla de hierro o de acero deben tener como mínimo un diámetro de 16 mm. Las varillas de acero inoxidable inferiores a 16 mm de diámetro, las de metales no ferrosos o sus equivalentes, deben estar aprobadas y tener un diámetro no inferior a 13 mm.
3)	El electrodo de puesta a tierra se debe instalar de modo que tenga en contacto con el suelo un mínimo de 2,4 m. Se debe clavar a una profundidad no inferior a 2,4 m excepto si se encuentra roca, en cuyo caso el electrodo de puesta a tierra se debe clavar a un ángulo oblicuo que no forme más de 45° con la vertical, o enterrar en una zanja que tenga como mínimo 800 mm de profundidad. El extremo superior del electrodo de puesta a tierra debe quedar a nivel del piso, excepto si el extremo superior del electrodo de puesta a tierra y la conexión con el conductor del electrodo de puesta a tierra están protegidos contra daño físico, como se especifica en 250-117.

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

- Un sistema de tubería metálica subterránea de gas.
- Electrodos de aluminio.
- Conductores de puesta a tierra de pararrayos ni tubos, varillas u otros electrodos fabricados utilizados para poner a tierra las bajadas de los pararrayos. Esto no impide cumplir con los requisitos de conexión de los electrodos de puesta a tierra de diversos sistemas, ya que si se interconectan todos los electrodos de puesta a tierra de distintos sistemas, limitan la diferencia de potencial entre ellos y entre sus correspondientes sistemas de alambrado. Las canalizaciones, envoltentes, estructuras y otras partes metálicas de equipo eléctrico que no transporten normalmente corriente eléctrica, se deben mantener alejadas 1,8 m como mínimo

de los conductores de bajada de las varillas pararrayos o deberán interconectarse cuando la distancia a los conductores sea inferior a 1,8 m.

Cuando se instalen varios electrodos de barras, tubos o placas, se deben colocar a una distancia mínima de 1,83 m entre sí y deben estar efectivamente conectados entre sí. La instalación en paralelo de varillas de más de 2,4 m aumenta la eficiencia si se separan más de 1,8 m.

Calculo del tamaño de una caja de registro

Debe instalarse una caja de registro en el punto de conexión entre tal sistema de cables y un sistema de canalización, y entre cada salida y el punto de cambio para instalaciones ocultas sobre aisladores. La cada caja de salida, empalme y punto de cambio debe dejarse al menos 15 cm de longitud en los conductores disponibles para hacer las uniones o la conexión de dispositivos o equipos, a excepción de los conductores que no son empalmados o que terminan en cajas de salida o puntos de conexión.

De acuerdo con al NEC, todas las cajas metálicas deben estar puestas a tierra.

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

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

7,6 x 5,1 x 8,9 dispositivo	295	12	10	9	8	7	6	3
10,2 x 5,4 x 3,8 dispositivo	170	6	5	5	4	4	3	2
10,2 x 5,4 x 4,8 dispositivo	213	8	7	6	5	5	4	2
10,2 x 5,4 x 5,4 dispositivo	238	9	8	7	6	5	4	2
9,5 x 5,1 x 6,4 mampostería	230	9	8	7	6	5	4	2
9,5 x 5,1 x 8,9 mampostería	344	14	12	10	9	8	7	4
FS de prof. mínima 4,5 c/tapa	221	9	7	6	6	5	4	2
FD de prof. mínima 6,0 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FS de prof. mínima 4,5 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FD de prof. mínima 6,0 c/tapa	394	16	13	12	10	9	8	4

Dimensiones de la caja tamaño comercial en cm	Capacidad mínima en cm²	0,82 mm² (18 AWG)	
		8	10
10,2 x 3,2 redonda u octagonal	205	8	
10,2 x 3,8 redonda u octagonal	254	10	
10,2 x 5,4 redonda u octagonal	352	14	
10,2 x 3,2 cuadrada	295	12	
10,2 x 3,8 cuadrada	344	14	
10,2 x 5,4 cuadrada	497	20	
11,9 x 3,2 cuadrada	418	17	
11,9 x 3,8 cuadrada	484	19	
11,9 x 5,4 cuadrada	688	28	
7,6 x 5,1 x 3,8 dispositivo	123	5	
7,6 x 5,1 x 5,1 dispositivo	164	6	
7,6 x 5,1 x 5,7 dispositivo	172	7	
7,6 x 5,1 x 6,4 dispositivo	205	8	
7,6 x 5,1 x 7,0 dispositivo	230	9	
7,6 x 5,1 x 8,9 dispositivo	295	12	

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

boquillas:

1. **Volumen ocupado por los conductores.** El volumen ocupado por cada conductor en cm³ se debe calcular a partir de la tabla 370-16(b), que reproducimos a continuación. No se deben contar los conductores que no salgan de la caja.

Tabla 370-16(b)
Volumen de las cajas por cada conductor

Tamaño nominal del conductor mm ² (AWG)	Espacio libre en la caja para cada conductor cm ³
0,8235 (18)	25
1,307 (16)	29
2,082 (14)	33
3,307 (12)	37
5,26 (10)	41
8,367 (8)	49
13,30 (6)	82

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

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

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

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

Ejemplo 1.1

Para nuestro ejemplo, vamos a calcular el tamaño en la caja del primer foco que se encuentra en el Pasillo 2 AO10 (Figura 1, 3 y 3). Esta caja contiene los siguientes cables.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Cinco conductores vivos de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG) que entran a la caja y son empalmados dentro. De acuerdo con el inciso a) indicado arriba, estos cables son contados una vez cada uno. De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para cada cable es de 41 cm^3. Por lo tanto el volumen que se debe dejar para estos conductores es de $5 \times 41 \text{ cm}^3 = 205 \text{ cm}^3$. |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Tres conductores neutros de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG) que entran a la caja y son empalmados dentro. De acuerdo con el inciso a) indicado arriba, estos cables son contados una vez cada uno. De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para cada cable es de 41 cm^3. Por lo tanto, el volumen que se debe dejar para estos conductores es de $3 \times 41 \text{ cm}^3 = 123 \text{ cm}^3$. |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Dos conductores vivos de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG) que atraviesan la caja y que son los que unen los dos apagadores tipo escalera de tres vías. De acuerdo con el inciso b) indicado arriba, estos cables son contados una vez cada uno. De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para cada cable es de 41 cm^3. Por lo tanto, el volumen que se debe dejar para estos conductores es de $2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$. |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Cuatro conductores puesta a tierra de $3,307 \text{ mm}^2$ (12 AWG). De acuerdo con el punto 5 indicado arriba, sólo se considera el volumen de un conductor. De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para el conductor de puesta a tierra es de 37 cm^3. |
| <ul style="list-style-type: none"> ● En la caja debe existir un accesorio de soporte de foco o lámparas. De acuerdo con el punto de 3 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para este accesorio es una vez el volumen del conductor de mayor tamaño, que en este caso sería de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG). De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar es de $1 \times 41 \text{ cm}^3 = 41 \text{ cm}^3$. |

De acuerdo con lo anterior, el volumen mínimo que debe tener la caja es de:

$$205 \text{ cm}^3 + 123 \text{ cm}^3 + 82 \text{ cm}^3 + 37 \text{ cm}^3 + 41 \text{ cm}^3 = 488 \text{ cm}^3$$

Para este caso podemos emplear una caja cuadrada de 11,9 cm x 5,4 cm, que tiene una capacidad mínima de 688 cm³, véase tabla 370-16(a).

En caso de que en lugar de la lámpara existiera un apagador o un receptáculo, de acuerdo con el punto 4 indicado arriba, se tendría que considerar un volumen de dos veces el del conductor mayor, o sea del $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG), en lugar del volumen considerado para el accesorio de soporte del foco o lámpara. En pocas palabras, se tendría que considerar un volumen de $2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$.

Ejemplo para la clase:

Calcule el tamaño de una caja de registro, basado en los siguientes puntos.

<ul style="list-style-type: none"> ● Cuatro conductores vivos de (10 AWG) que entran a la caja y son empalmados dentro.
<ul style="list-style-type: none"> ● Dos conductores neutros de (10 AWG) que atraviesan la caja y que son los que unen los dos apagadores tipo escalera de tres vías.
<ul style="list-style-type: none"> ● Dos conductores vivos de (10 AWG) que atraviesan la caja.
<ul style="list-style-type: none"> ● Cuatro conductores puesta a tierra de (12 AWG).
<ul style="list-style-type: none"> ● En la caja deben existir 1 accesorio de soporte de para una lámpara.

Indique punto o número de inciso en el que se basa para realizar las aseveraciones propuestas para realizar el cálculo. Y el volumen mínimo que debe tener la caja, así como las dimensiones y volumen de la caja comercialmente más cercana para su posible implementación en la instalación.

Realice las modificaciones a los cálculos para el caso de tener una caja que contenga un apagador en lugar de una lámpara.

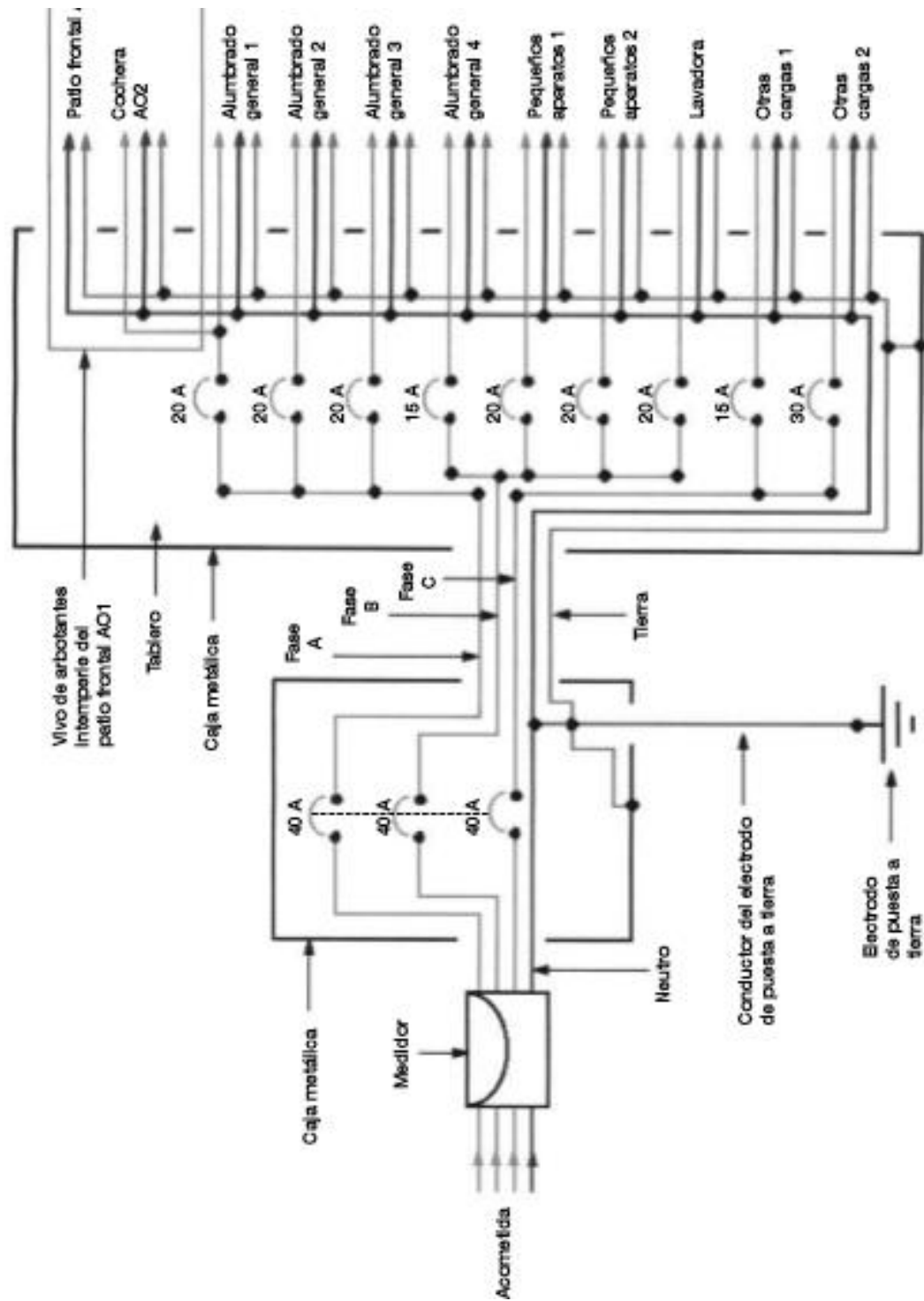


Figura # 1.Circuito para acometida.

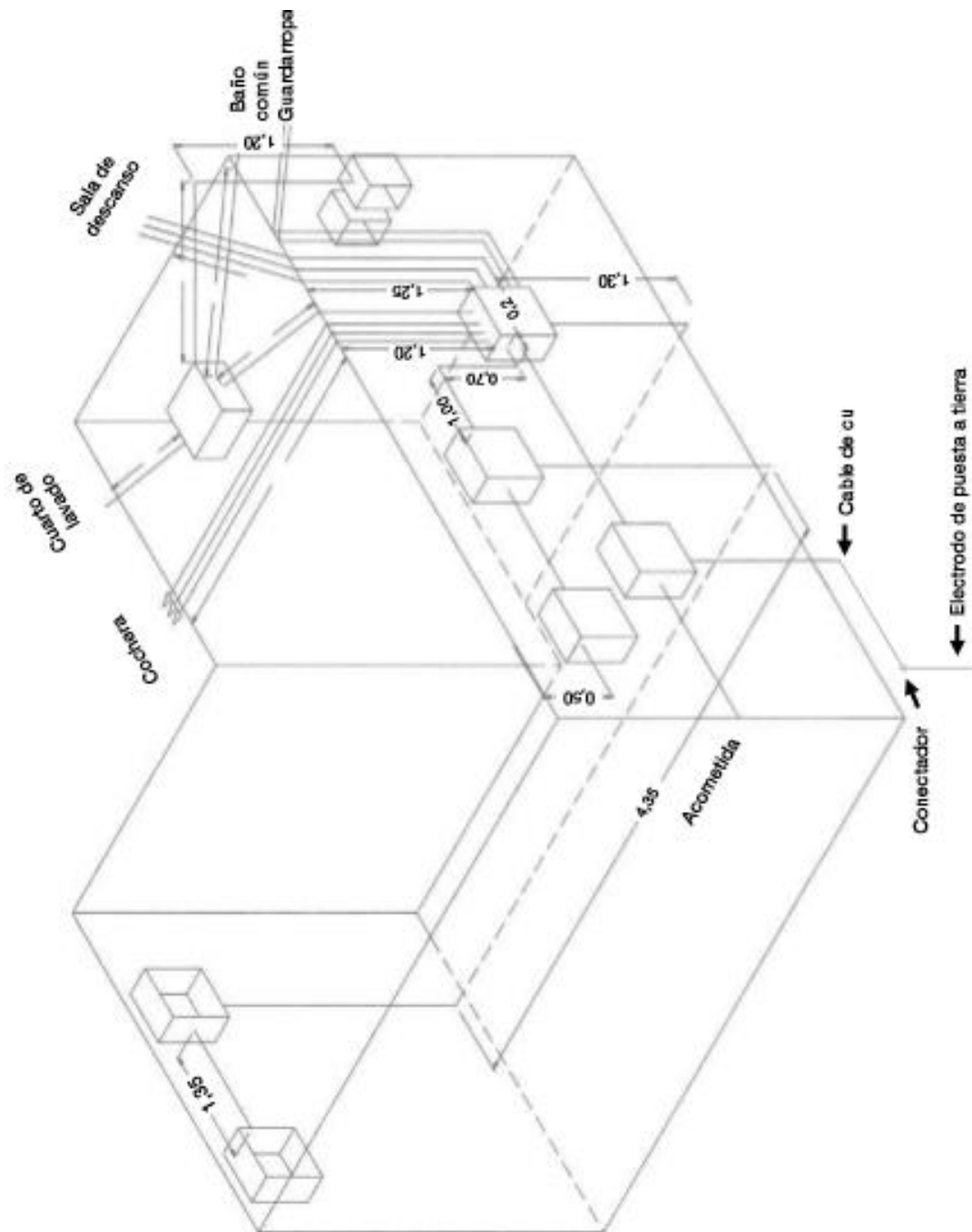


Figura # 2, Figura en isométrico de tuberías y cajas de conexión.

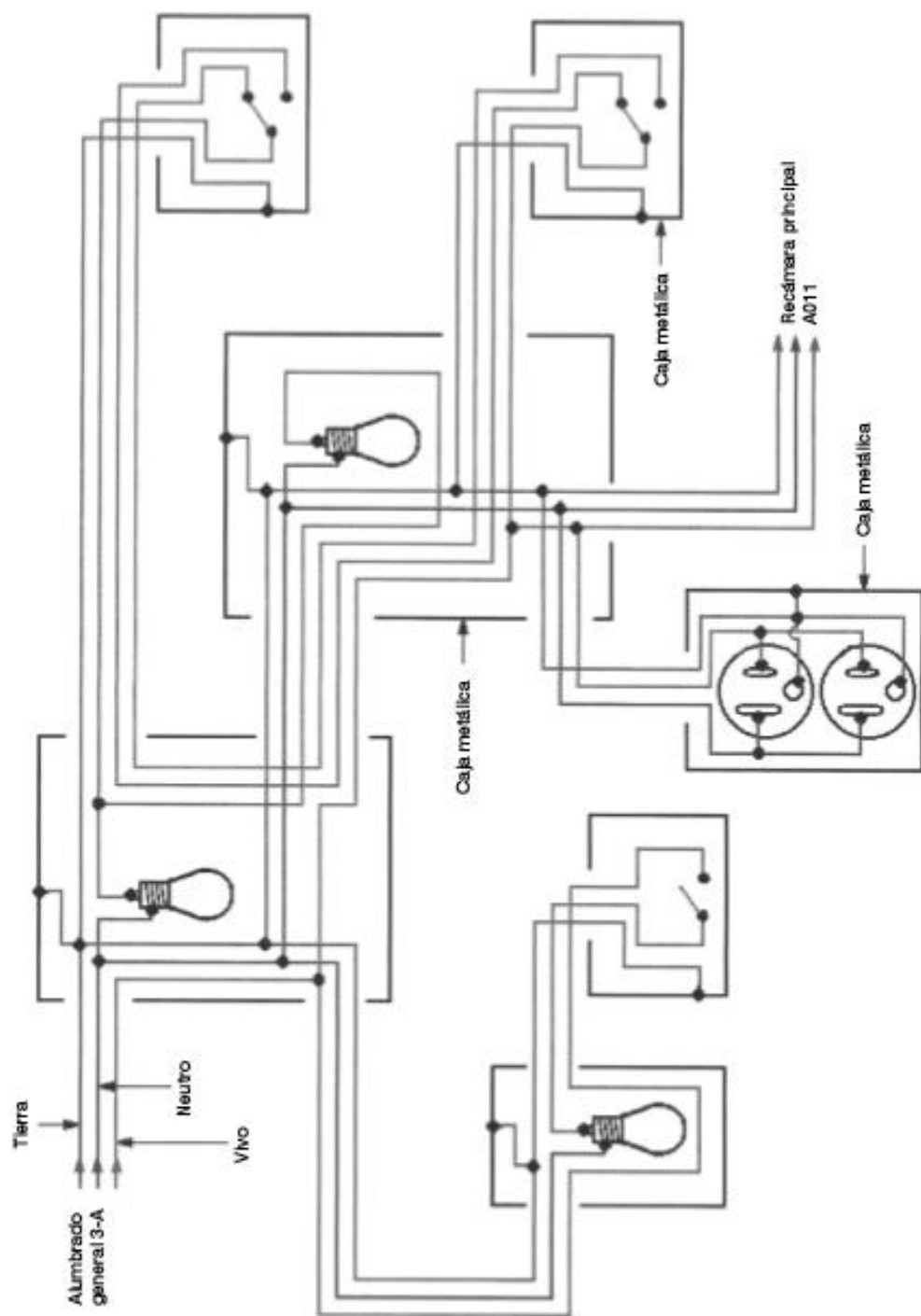


Figura # 3: Pasillo, área 2 AO10 y guardarropa 3, área AO9. Circuito de alambado