

GUÍA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DOMICILIARIAS SEGURAS

Acorde al RETIE y al Código Eléctrico Colombiano NTC-2050

Contenido

Diseño de las Instalaciones Eléctricas

Cargas Eléctricas en la Vivienda

Diseño de los Circuitos Ramales y sus Protecciones

Desarrollo de los Circuitos Ramales en la Vivienda

Diseño del Circuito Alimentador y su Protección

Alambrado

Selección de Calibre de los Conductores de Tierra

Método de Identificación de los Conductores

Selección de la Tubería Conduit

Resumen de Elementos Utilizados en las Instalaciones Eléctricas

Unión y Conexión de los Conductores

Conclusión

GUÍA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DOMICILIARIAS SEGURAS

Acorde al RETIE y al Código Eléctrico Colombiano NTC-2050

Introducción

La entrada en vigencia del RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) a partir del 1 de mayo de 2005, “establece medidas que garantizan la seguridad de las personas minimizando o eliminando riesgos de origen eléctrico”, hace **obligatorio** que “toda instalación eléctrica nueva, toda ampliación de una instalación eléctrica y toda remodelación de una instalación eléctrica”, cumplan con lo establecido por el reglamento.

Dentro de los requisitos a cumplir se destacan:

- RETIE Artículo 17 REQUISITOS DE PRODUCTOS: establece que “los productos de mayor utilización en instalaciones eléctricas deben presentar Certificado de Conformidad antes de su instalación.”
- RETIE Artículo 40 REQUISITOS PARA INSTALACIONES DOMICILIARIAS: declara como de “obligatorio cumplimiento” los 7 primeros capítulos de la norma NTC 2050 del Código Eléctrico Colombiano; anteponiendo siempre los requisitos que contenga el RETIE.
- En armonía y en desarrollo de la anterior normatividad, se presenta una GUÍA PARA INSTALACIONES DOMICILIARIAS SEGURAS, con el objetivo de servir como una referencia para diseñar, construir y mantener una instalación domiciliaria, la utilización y aplicación de esta guía son responsabilidad del profesional encargado del diseño y construcción de la instalación, quien debe cumplir en un todo con el RETIE y con la norma NTC 2050.
- Una instalación eléctrica que cumpla con las disposiciones del RETIE y la norma NTC 2050 (diseño y construcción), estará prácticamente libre de riesgos y salvaguardará la vida y bienes de las personas.

- Esta guía es el desarrollo de un ejemplo práctico, en el cual se describen paso a paso los procedimientos y cálculos, además se han copiado los apartes aplicables o bases tomadas del RETIE y la norma NTC 2050.

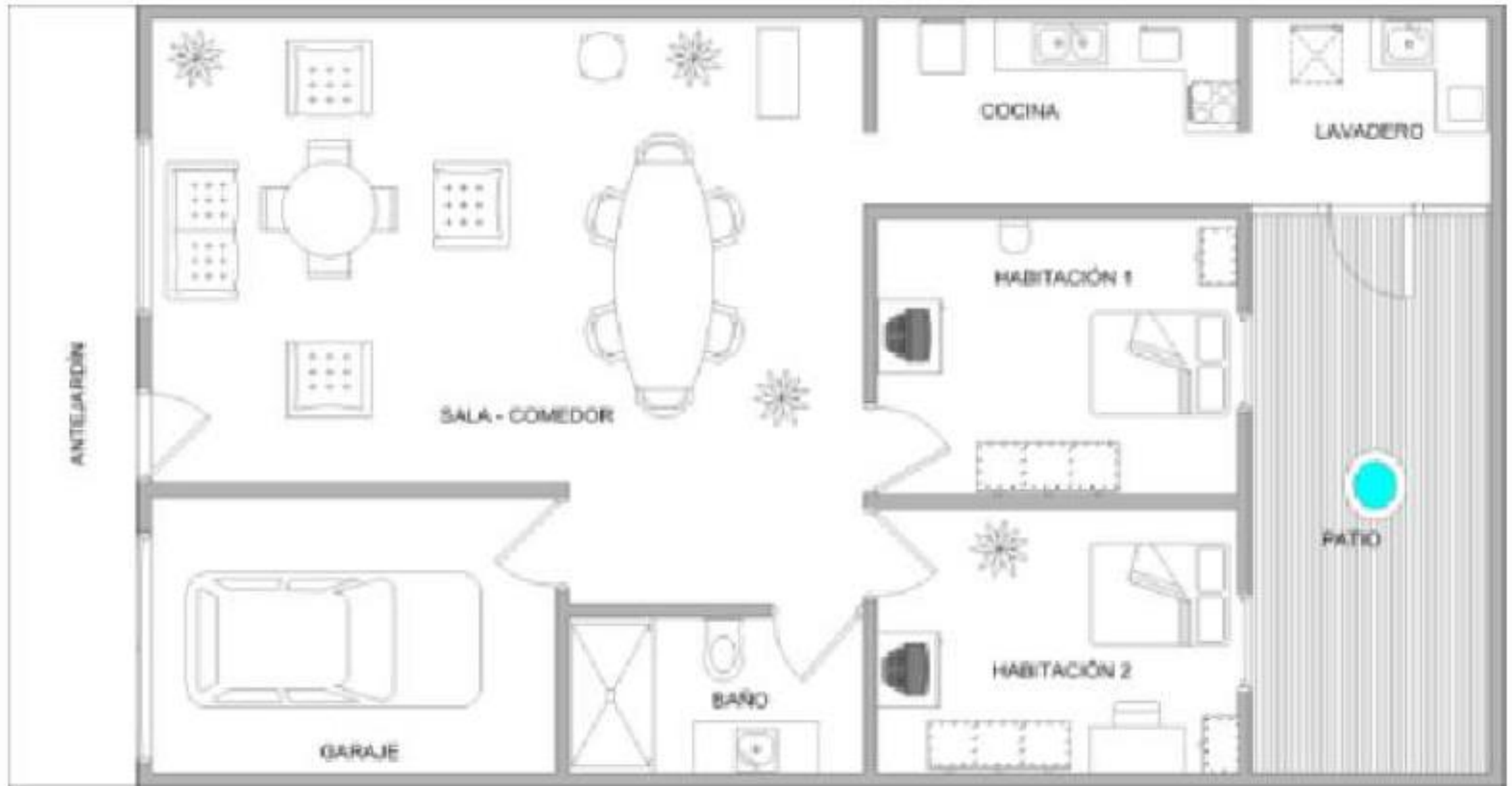
DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

El desarrollo de una instalación eléctrica residencial **comienza con los requerimientos del usuario y los requisitos básicos mínimos del RETIE**. En el siguiente ejemplo se tendrán en cuenta estos requerimientos y las exigencias de la norma NTC 2050, de acuerdo con los siguientes criterios de seguridad:

- Cálculo correcto de corriente de los aparatos.
- Cálculo de las cargas en una unidad de vivienda.
- Diseño de los circuitos ramales y sus protecciones asociadas.
- Diseño de los circuitos alimentadores y sus protecciones asociadas.
- Selección de los conductores adecuados, de acuerdo con los criterios normalizados.
- Selección adecuada de capacidad de corriente de los conductores dentro de la instalación.
- Selección apropiada de los elementos del sistema de puesta a tierra de la unidad de vivienda.
- Métodos de identificación de los conductores en la instalación.
- Cantidad de conductores permitidos en una canalización.
- Condiciones de empalme y conexiones.

La Norma NTC 2050 en la Sección 110, indica los requerimientos de las instalaciones eléctricas de conductores y equipos eléctricos.

Al elaborar el diseño de la instalación eléctrica residencial, es necesario tener definida la construcción u obra civil donde se realizará, como lo muestra la figura 1.



CARGAS ELÉCTRICAS EN LA VIVIENDA

Selección de las Cargas.

Una instalación residencial contiene elementos tales como bombillas conectadas en porta-bombillas, aparatos que van conectados a través de tomacorrientes y otros. La distribución de estos elementos en el plano de la instalación de la unidad de vivienda depende de las necesidades del usuario y de los requisitos de la Norma (NTC-2050 y RETIE). Uno de estos requisitos por ejemplo, especifica la ubicación de los tomacorrientes así:

Ningún tomacorriente se instalará en una pared a una distancia mayor de 1,80 metros medidos horizontalmente, a lo largo de la línea del suelo, a partir del borde de la pared.

Se recomienda que no exista una distancia de separación mayor a 3,60 metros entre tomacorrientes.

En la figura 2 se muestra el plano de la casa que se utilizará como ejemplo para el cálculo, diseño, y construcción de la instalación

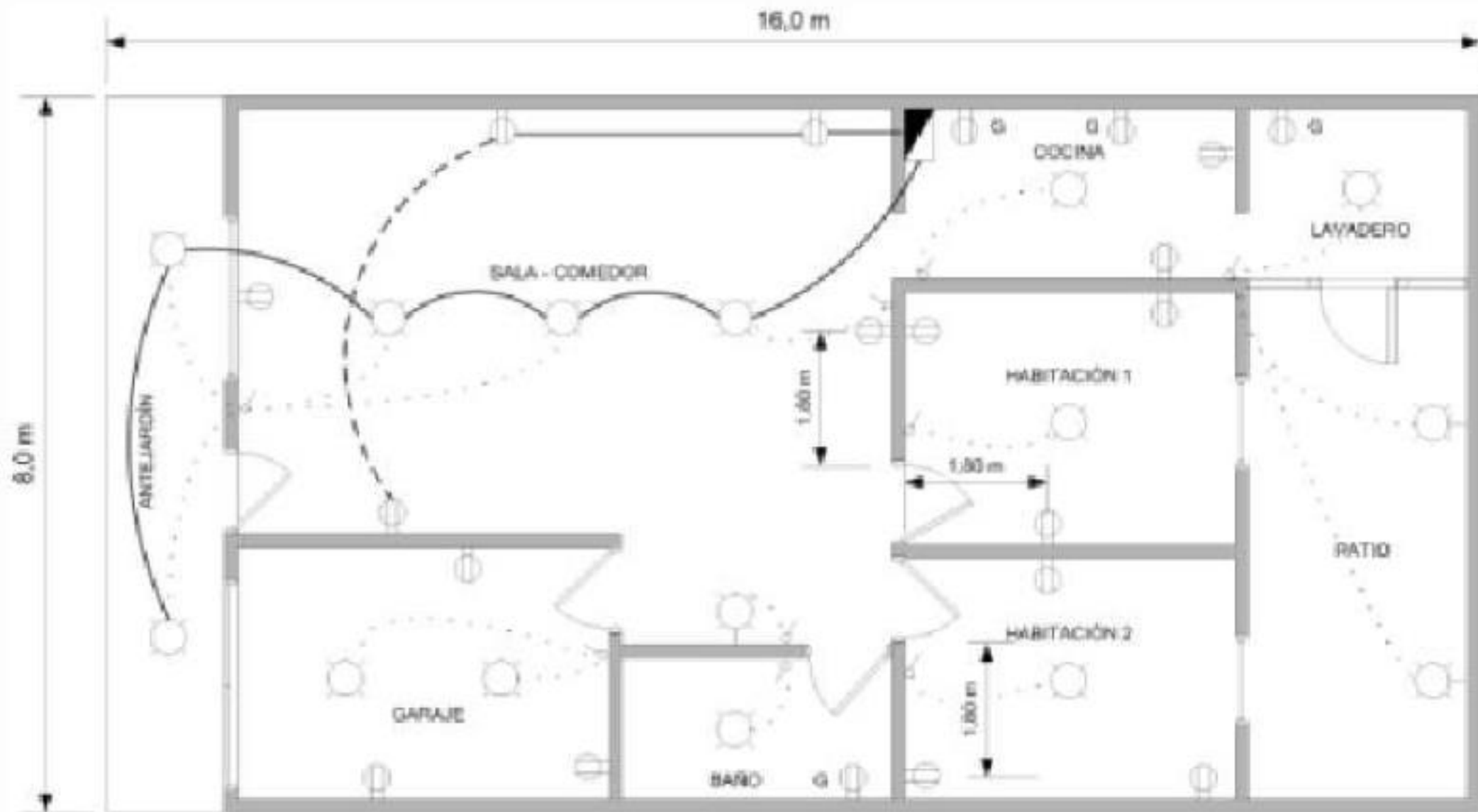


Figura 2. Áreas definidas de la obra civil y elementos instalados.

Los símbolos utilizados son los siguientes:

	Bombilla		Interruptor
	Tomacorriente		Tomacorriente GFCI
	Aplique		Línea por Muro y Losa
	Línea por Piso	1,2,3	Número del Circuito

Cálculo de Corriente para Bombillas y Tomacorrientes.

El cálculo de la corriente permite determinar la capacidad que deben tener los circuitos en los cuales se conectan los aparatos eléctricos en la vivienda, esto determina el calibre de los conductores, la capacidad de las protecciones y la capacidad del sistema de puesta a tierra.

La tabla 1 ilustra el cálculo de la corriente para las bombillas (salidas incandescentes) y los tomacorrientes.

	TENSION DE OPERACION [V]	POTENCIA [VA]	CORRIENTE [A]	NOTAS
SALIDAS DE ALUMBRADO (BOMBILLAS INCANDESCENTES)	120	100	$100/120= 0.83$	Se escoge la potencia de acuerdo a los datos nominales de las bombillas.
SALIDAS DE TOMACORRIENTES DE PROPÓSITO GENERAL	120	180	$180/120= 1.5$	El artículo 220-3, inciso c) subinciso 7) de la norma NTC 2050 indica que en las salidas de tomacorriente, cada tomacorriente sencillo o múltiple de un puente se debe considerar a no menos de 180 VA.

Tabla 1. Cálculo de corriente de los elementos de la instalación.

Sin embargo, en la instalación eléctrica de una unidad de vivienda no sólo se tienen bombillas y tomacorrientes de propósito general, además, se deben tener en cuenta las corrientes de los aparatos que consumen una cantidad importante de potencia. Para este ejemplo y como referencia, la tabla 2 muestra datos obtenidos de boletines de algunos operadores de red, los cuales contienen información acerca de la potencia que consumen algunos de los aparatos que pueden estar presentes en una vivienda. Para cada caso específico se debe verificar los valores de potencia, en la placa de características eléctricas de cada equipo.

Tabla 2. Valores de referencia de potencia consumida por aparatos eléctricos en la vivienda a 120 V.

APARATOS	POTENCIA [W]
Horno-Estufa Residencial	2000
Estufa 2 Boquillas	2500
Estufa 3 Boquillas	3750
Estufa 4 Boquillas	5000
Horno Microondas	1200
Nevera 8 Pies	124
Nevera 12 Pies	175
Plancha	1000
Ventilador Residencial	80
Ducha Instantánea	3500
Bombillo 100 W	100
Computador	250
Lavadora 12 Libras	750
Grabadora	40

Cálculo de las Cargas Totales – Potencia Total Instalada.

¿Cuáles son los Circuitos Ramales en la Vivienda?

Los circuitos ramales son los conductores de un circuito entre el dispositivo final de protección contra sobrecorriente y las salidas.

De acuerdo con las especificaciones de la norma NTC 2050 en sus artículos 220-3 y 220-4 los circuitos ramales pueden tener:

Circuito de Alumbrado General.

- a) Circuitos de iluminación y fuerza general.
- b) Circuitos hasta de 20 A para pequeños artefactos o aparatos eléctricos. $\Rightarrow$ Debe ser de 1500 W
- c) Circuitos hasta de 20 A para lavado y planchado. $\Rightarrow$ Debe ser de 1500 W
- d) Circuitos para aparatos específicos – Cargas especiales (motores, alumbrado empotrado, avisos, calentadores, estufas, aire acondicionado, etc.).

De acuerdo con el RETIE deben existir por lo menos:

Un circuito para iluminación y fuerza.

Un circuito para pequeños artefactos,

Un circuito para conexión de plancha y lavadora

a) Circuito de iluminación y fuerza.

Son las **bombillas y tomacorrientes** de uso general: todas las salidas para **tomacorrientes de uso general hasta de 20 A nominales o menos** en unidades de vivienda **se deben considerar como tomacorrientes para alumbrado general**, a excepción de los tomacorrientes de los circuitos para pequeños aparatos eléctricos y los destinados a la lavadora y plancha.

b) Circuitos hasta de 20 A para Pequeños Aparatos Eléctricos.

Además del número de circuitos ramales ya determinado, deben existir uno o más circuitos ramales de 20 A (se refiere a la capacidad de corriente del circuito, asociado a su protección de sobrecorriente), para pequeños artefactos en la cocina, despensa o comedor auxiliar de una unidad de vivienda, incluyendo las salidas de tomacorrientes para refrigeradores.

c) Circuitos hasta de 20 A para Lavadora y Plancha.

Debe existir al menos otro circuito ramal hasta de 20 A para conectar las salidas de tomacorrientes para lavandería y planchado.

Este circuito NO debe tener otras salidas.

d) Circuitos para aparatos específicos.- Cargas Especiales.

Estos circuitos tienen sus características determinadas por la norma NTC 2050 y RETIE, como por ejemplo: **equipos de trabajo pesado**, motores, avisos, aire acondicionado, entre otros.

DISEÑO DE LOS CIRCUITOS RAMALES Y SUS PROTECCIONES.

En los circuitos ramales se ubican las cargas y se clasifican de acuerdo con su corriente y propósito. Cada uno de estos circuitos ramales tendrá asociado un dispositivo de protección en el panel de distribución, como lo muestra la figura 3:

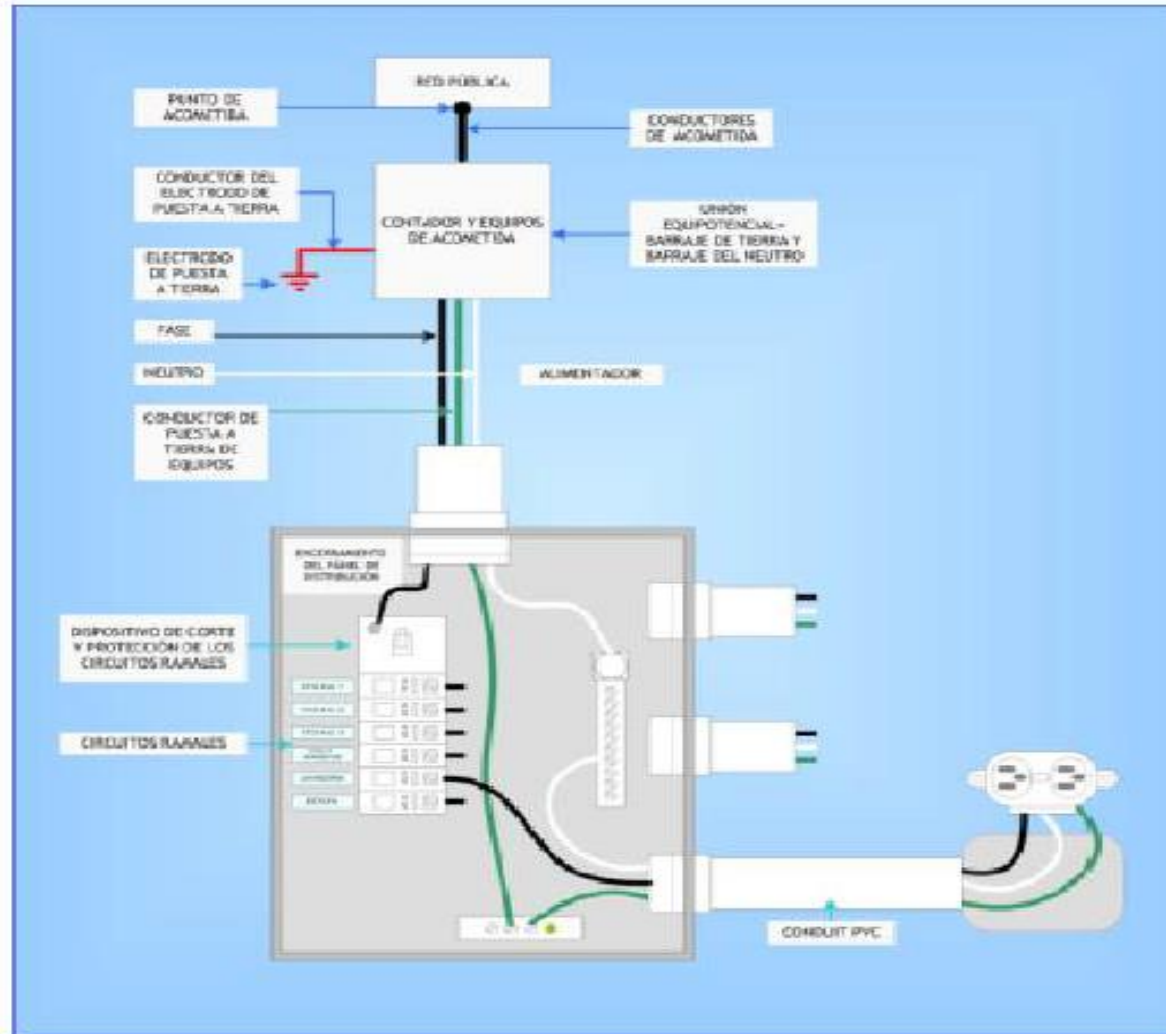


Figura 3. Ejemplo de conexiones para circuitos ramales.

La tabla 3 proporciona la información de la capacidad de protección en corriente de los circuitos ramales y del calibre mínimo de los conductores (Tabla 210-24 de la norma NTC 2050). Por ejemplo: si se tiene un circuito definido de corriente nominal igual a 20 A, le corresponde una protección de 20 A y un calibre mínimo de conductores de cobre para el circuito de 12 AWG.

Los circuitos deben estar protegidos contra sobrecorriente por medio de un dispositivo cuya capacidad nominal no exceda la capacidad de conducción de corriente del circuito. Para circuitos de alumbrado general se utilizarán protecciones de 15 A y 20A.

El artículo 210-3 de la norma NTC 2050 indica que los circuitos ramales de los que trata este artículo se deben clasificar según la capacidad de corriente máxima o según el valor de ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. La clasificación de los circuitos ramales que no sean individuales deben ser de 15, 20, 30, 40 y 50 A (ver norma NTC 2050 para información completa).

El artículo 220-3 inciso a) de la norma NTC 2050 indica que la capacidad nominal del circuito ramal no debe ser menor a la carga no continua, más el 125% (factor de 1.25) de la carga continua.

El artículo 210-24 de la norma NTC 2050 indica en la tabla 210-24 los requisitos de los circuitos que tengan dos o más salidas distintas a los circuitos de tomacorriente del artículo 220-4 b) y c) como se ha especificado anteriormente.

CORRIENTE NOMINAL DEL CIRCUITO	12 A	16 A	24 A	32 A	40 A
PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE	15 A	20 A	30 A	40 A	50 A
CARGA MÁXIMA	15 A	20 A	30 A	40 A	50 A
CALIBRE MÍNIMO DEL CONDUCTOR EN EL CIRCUITO	12 AWG	12 AWG	10 AWG	8 AWG	6 AWG
DISPOSITIVOS DE SALIDA: PORTABOMBILLAS PERMITIDOS	Cualquier Tipo	Cualquier Tipo	Servicio Pesado	Servicio Pesado	Servicio Pesado
CAPACIDAD NOMINAL DEL TOMACORRIENTE	15 A Máximo	15 ó 20 A	30 A	40 A	40 ó 50 A

Tabla 3. Especificación de protecciones y conductores de acuerdo a la capacidad de corriente del circuito ramal (referencia: tabla 210-24, norma NTC 2050).

En la figura 2 se muestra el plano de la casa que se utilizará como ejemplo para el cálculo, diseño, y construcción de la instalación

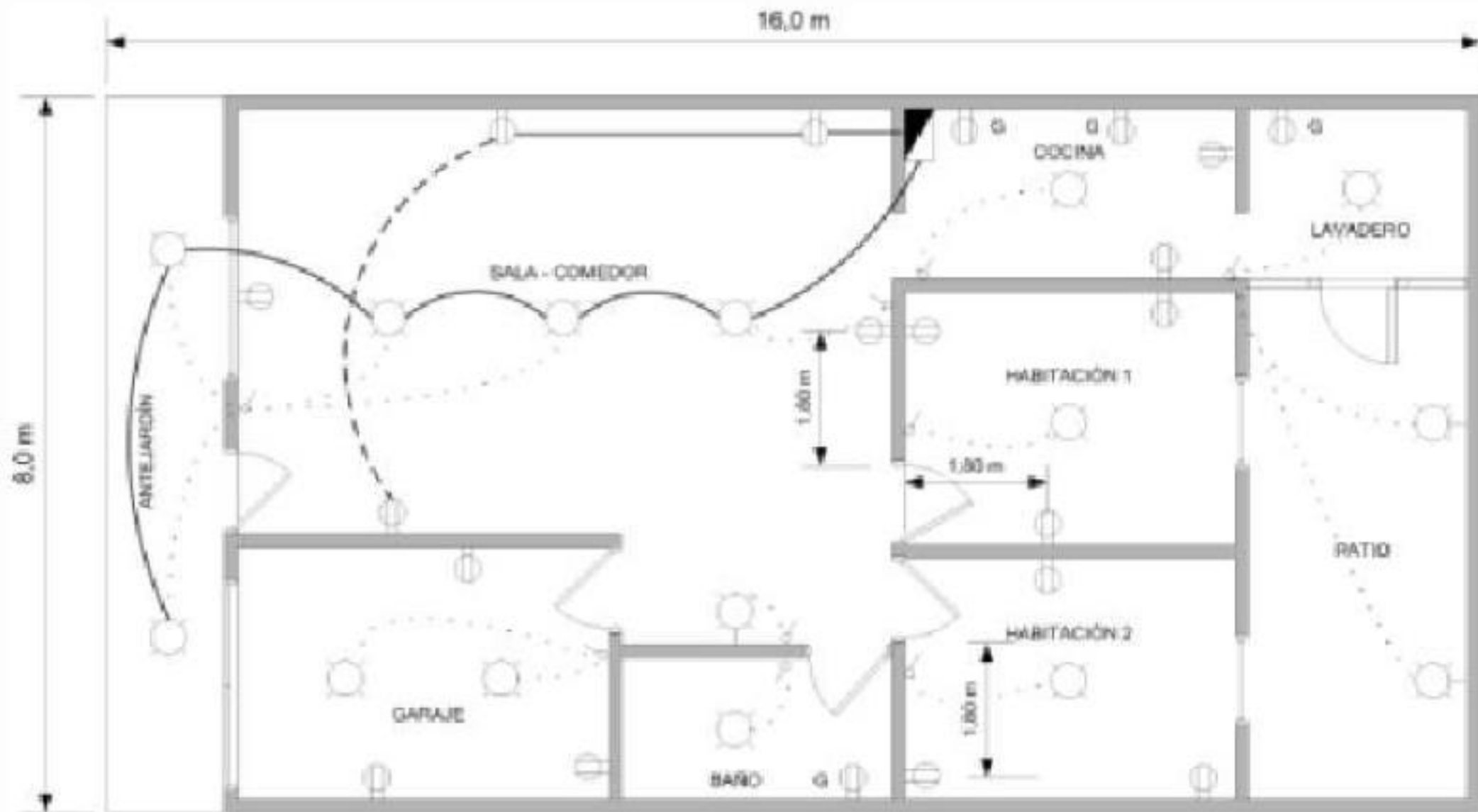


Figura 2. Áreas definidas de la obra civil y elementos instalados.

	CIRCUITO	PROTECCIÓN	ÁREA O ZONA	BOMBILLAS	TOMAS	NOTAS
1	ILUMINACION Y FUERZA GENERAL (17,2 A)	20 A	Antejardín	2 x 0,83 A	0	1
			Sala - Comedor	3 x 0,83 A + 1 x 0,83 A (Aplicue)	4 x 1,5 A	2
			Garaje	2 x 0,83 A	3 x 1,5 A	4
2	ILUMINACION Y FUERZA GENERAL (15,5 A)	20 A	Patio	2 x 0,83 A (Aplicues)	0	5
			Cocina	1 x 0,83 A	1 x 1,5 A	3
			Lavadero	1 x 0,83 A	Toma en Circuito Independiente	6
			Habitación 1	1 x 0,83 A	3 x 1,5 A	7
			Habitación 2	1 x 0,83 A	3 x 1,5 A	
3	CIRCUITO BAÑO (20 A)	20 A	Baño	1 x 0,83 A	1 x 1,5 A (Toma G)	8
4	PEQUEÑOS APARATOS (4,5 A)	20 A	Sala Comedor	0	1 x 1,5 A	9 y 10
			Cocina	0	2 x 1,5 A (Toma G)	
5	CIRCUITO PARA ESTUFAS (16,6 A)	20 A	Cocina	Circuito Independiente para Estufa		11
6	LAVADORA Y PLANCHA (13 A)	20 A	Patio	Circuito Independiente para Lavadora y Plancha		12

Tabla 4. Distribución de circuitos para la vivienda del ejemplo y sus respectivas corrientes

Notas a la tabla:

1. Corresponde a dos salidas incandescentes de 100 W cada una a 120 V, por requerimientos del usuario. Controladas por uno de los pulsadores del interruptor triple ubicado en la sala.
2. Corresponde a tres salidas incandescentes, cada una de 100 W a 120 V, se requiere de dos interruptores, uno triple y uno sencillo. Por requerimientos del usuario se han colocado cuatro tomacorrientes dobles.
3. El artículo 210-8 inciso a) subinciso 6) de la norma NTC 2050 indica que los **tomacorrientes o contactos de la cocina** deben ofrecer **protección a las personas mediante interruptor de circuito por falla a tierra -GFCI**, cuando están instalados para alimentar artefactos situados en los mesones y ubicados a menos de 1,8 m del borde exterior del lavaplatos.
4. Corresponde a dos salidas incandescentes de 100 W cada una y tres tomacorrientes dobles. **Los tomacorrientes deben tener protección con falla a tierra (GFCI)** si se cumple el artículo 210-8 inciso a) subinciso 2) de la norma NTC 2050; este indica que los **tomacorrientes o contactos de los garajes** y partes de edificaciones en contacto directo con la tierra situadas a nivel del suelo **que se utilicen como zona de trabajo**, deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor de circuito por falla a tierra.
5. **El artículo 210-70 inciso a) de la norma NTC 2050** indica que en cada cuarto habitable se debe instalar al menos una salida para alumbrado con un interruptor de pared, así como en los cuartos de baño, recibidores, escaleras, garajes anexos y garajes independientes con instalación eléctrica, y en el exterior de las entradas o salidas al exterior. No se considera entrada o salida exterior la puerta para vehículos de un garaje, a menos que se tenga como acceso obligatorio al interior de la vivienda.

6. El artículo 210-50 inciso c) de la norma NTC 2050 indica que las salidas con tomacorrientes, para artefactos específicos como equipo de lavandería, deberán instalarse a menos de 1,80 m del lugar destinado para el artefacto.

7. El artículo 210-52 inciso a) de la norma NTC 2050 indica que se deben instalar salidas de tomacorriente de modo que ningún punto a lo largo de la línea del suelo en ninguna pared esté a más de 1,80 m de un tomacorriente en ese espacio, medidos horizontalmente incluyendo cualquier pared de 0,6 m o más de ancho. Siempre que sea posible, las salidas de tomacorrientes deben estar a la misma distancia.

Si no están a menos de 0,5 m de la pared, las salidas de tomacorriente en el piso no se deben contar como parte del número exigido de salidas.

8. El Artículo 210-52 inciso d) de la norma NTC 2050 indica que las salidas de tomacorriente en los cuartos de baño, deben estar alimentadas por lo menos por un circuito ramal de 20 A. El artículo 210-8, inciso a) subinciso 1) de la norma NTC 2050 indica que los **tomacorrientes o contactos de los lavamanos, estén o no en un cuarto de baño**, deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor de circuito por falla a tierra **GFCI**.

9. El artículo 220-4, inciso b) de la norma NTC 2050 indica que debe existir uno o más circuitos ramales de 20 A para pequeños artefactos, para todas las salidas de tomacorrientes especificadas en artículo 210-52.

10. El artículo 220-4 inciso b) subinciso 3) de la norma NTC 2050 indica que los tomacorrientes instalados en la cocina para conectar artefactos sobre mostradores deberán estar alimentados por uno o más circuitos ramales de pequeños artefactos, cada uno de los cuales podrá también alimentar salidas de tomacorriente en la cocina y otra áreas de las especificadas en el artículo 210-52 b) 1).

11. Se utilizará una estufa de 2000 W (datos de placa) a 120 V, para el ejemplo.

12. El artículo 220-4 inciso c) de la norma NTC 2050 indica que debe existir al menos otro circuito ramal de 20 A para conectar las salidas de tomacorrientes para lavandería y planchado, exigidas por el artículo 210-52 f).

Este circuito No debe tener otras salidas.

13. En la tabla 4 del ejemplo, tomacorrientes G, son tomacorrientes con protección mediante interruptor de circuito por falla a tierra (GFCI), los cuales están diseñados para evitar choques eléctricos accidentales o electrocución evitando el paso de la corriente a tierra.

Protegen contra incendios ocasionados por fallas eléctricas, daños al aislamiento de los cables y sobrecalentamiento de equipos.

14. De acuerdo a los datos en la tabla, la corriente total de **Iluminación y Fuerza** (circuitos 1 y 2) es igual a :

$$I \text{ de Iluminación y Fuerza} = 17,2 + 15,5 = 32,7 \text{ A}$$

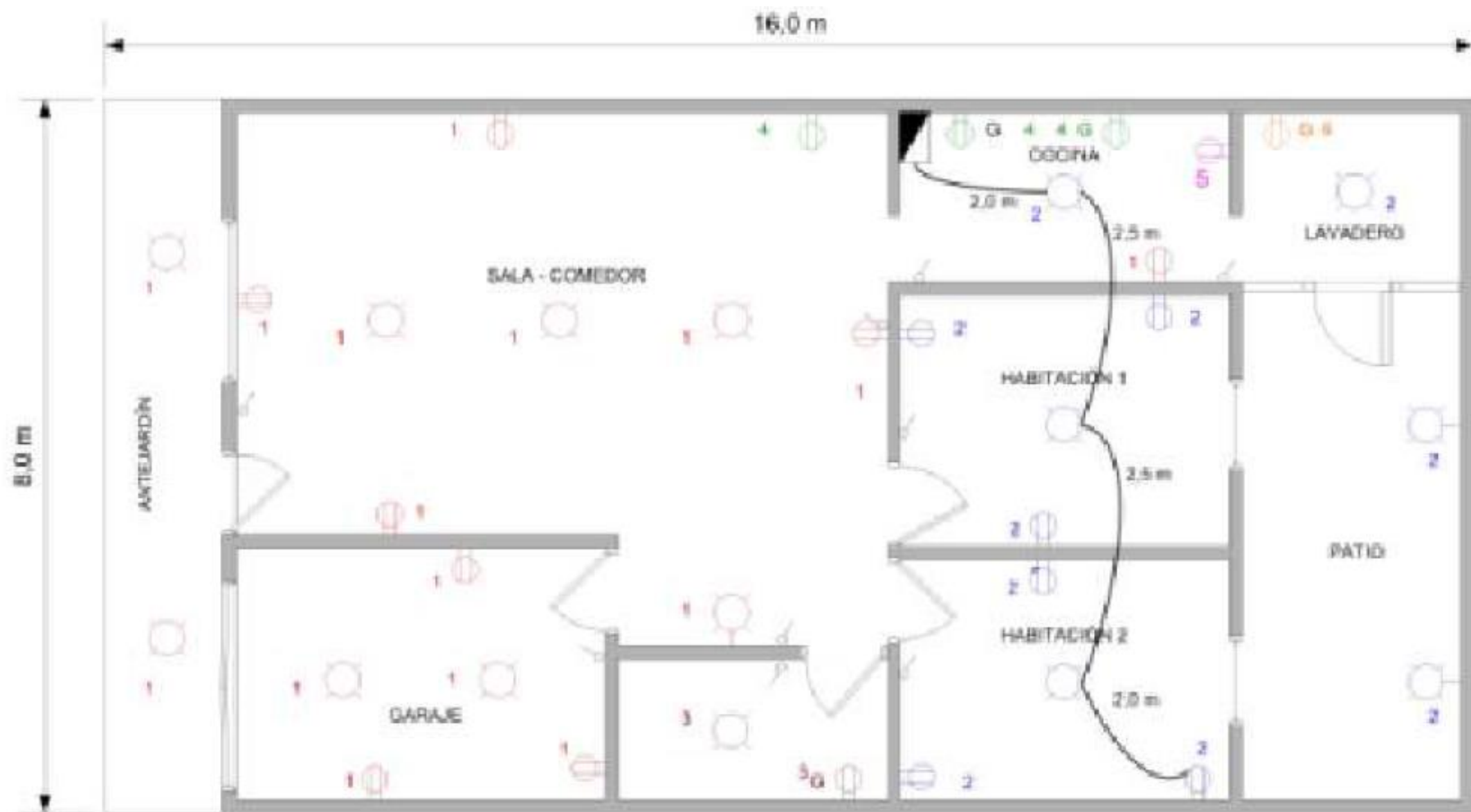


Figura 4. Plano con los circuitos eléctricos, ejemplo de canalizaciones y símbolos utilizados.

DESARROLLO DE LOS CIRCUITOS RAMALES EN LA VIVIENDA

Criterio de Carga Mínima por Unidad de Área

Existe una relación directa entre la carga que está instalada en la vivienda y el espacio que ésta ocupa; motivo por el cual se debe cumplir con los criterios de carga mínima que establece la norma NTC 2050, la cual indica:

La carga mínima del alumbrado por metro cuadrado de superficie del suelo, no debe ser menor a lo especificado en la norma NTC 2050, para las ocupaciones relacionadas.

Para la tabla 220-3 b) unidades de vivienda, la superficie calculada del suelo no debe incluir los porches abiertos, los garajes, ni los espacios no utilizados o sin terminar que no sean adaptables para uso futuro.

De la tabla 220-3 b) de la norma NTC 2050, obtenemos el valor de carga unitaria para unidades de vivienda (este valor es el indicado para toda unidad de vivienda, por tal motivo aplica no sólo para el ejemplo), el cual es de 32 VA/m² .

Para calcular la carga por área del ejemplo, es necesario conocer las dimensiones exteriores de la vivienda, sin incluir los porches abiertos, garajes, ni los espacios no utilizados o sin terminar que no sean adaptables para uso futuro.

Las dimensiones del ejemplo, se muestran en la figura 3 y son iguales a 8 m de ancho y 16 m de largo, lo que equivale a un área de $8 \times 16 = 128 \text{ m}^2$, a este valor le restamos el área del antejardín considerada como porche abierto (o no adaptable para uso futuro), que equivale a 11,12 m² , obteniendo un área igual a $128 - 11,12 = 116,9 \text{ m}^2$. De acuerdo con esta medida total, la carga calculada es:

$$\text{Carga Min.} = 116,9 \text{ m}^2 \times 32 \text{ VA/m}^2 = 3,740 \text{ VA}$$

Una vez encontrado este valor, se procede a compararlo con la carga conectada en el ejemplo, este valor de carga real se obtiene sumando las corrientes de los circuitos de alumbrado general en la tabla 4, así:

La suma de las corrientes totales de los circuitos denominados como de alumbrado general es igual a 32,7 A. Esta corriente multiplicada por la tensión monofásica de la vivienda, que es 120 V, proporciona un valor de carga de 3920 VA, esta cantidad es mayor que la calculada anteriormente como carga mínima exigida (3740 VA), lo que significa un total cumplimiento de lo establecido en el artículo 220-3 inciso b) de la norma NTC 2050. Este valor de 3920 VA será la base de los cálculos siguientes (por ser mayor que la carga calculada de 3740 VA).

Si el resultado de carga conectada hubiera sido menor, es necesario verificar si se tiene la cantidad de carga adecuada (ejemplo: bombillas, tomacorrientes de uso general), en tal caso es posible aumentarla en el diseño de la instalación y recalcular, hasta cumplir con el requisito.

DISEÑO DEL CIRCUITO ALIMENTADOR Y SU PROTECCIÓN.

Se denomina Circuito Alimentador a todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.

Para el cálculo del circuito alimentador es necesario establecer un **factor de demanda**:

Como todos los aparatos en la instalación no estarán conectados a la vez, se debe establecer un factor que ajuste la carga a un valor real de consumo (carga conectada).

El artículo 100 de la norma NTC 2050 define como **factor de demanda** a la relación entre la demanda máxima de una instalación o parte de una instalación y a la carga total conectada a la instalación o parte de la instalación considerada.

De acuerdo con la norma NTC 2050, cuando un alimentador suministra corriente a cargas continuas y no continuas, la capacidad de corriente del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser menor a la carga no continua más el 125% de la carga continua, esto es:

Carga Continua.

Cuando la corriente máxima de una carga se prevé que circule durante tres horas o más se denomina Carga Continua.

Carga No Continua.

Es la carga que se prevé estará conectada menos tiempo que lo especificado para una carga continua (menos de 3 horas).

En las unidades de vivienda, las cargas son consideradas generalmente, no continuas.
Para el ejemplo asumiremos las cargas en la unidad de vivienda como cargas no continuas.

En Iluminacion y Fuerza existe una carga de 3920 VA (carga mayor, entre la carga calculada y la conectada).

Para las cargas en la vivienda que no son Iluminacion y Fuerza, es decir, circuitos para pequeños artefactos y lavadora, se tienen los siguientes requerimientos:

En el artículo 220-16 de la norma NTC 2050 se indica que se debe considerar una carga de 1500 VA por cada circuito derivado de los conductores para:

Circuito de pequeños artefactos (1500 VA),
Circuito de lavandería y planchado (1500 VA).

Se permite que estas cargas se adicionen a la carga de son Iluminacion y Fuerza y se apliquen los factores de demanda de la tabla 5 (Tabla NTC 220-11); así:

En el ejemplo existe solamente un circuito para pequeños artefactos y uno para lavadora, entonces de acuerdo al artículo 220-16 de la NTC 2050 cada uno será de 1500 VA, es decir, en total 3000 VA.

De esta manera, la carga total tratada como **alumbrado general** es igual a:
A continuación se aplicarán los factores de **Demanda** para la carga considerada como continua:

Carga de Alumbrado General = Carga de Iluminación y Fuerza + Circuito de pequeños artefactos (1500 VA) + Circuito de lavandería y planchado (1500 VA)

TIPO DE OCUPACIÓN	PARTE DE LA CARGA DE ALUMBRADO A LA QUE SE APLICA EL FACTOR DE DEMANDA (VA)	FACTOR DE DEMANDA %
Unidades de Vivienda	Primeros 3000 o Menos	100
	De 3001 a 120000	35
	A Partir de 120000	25

Tabla 5. Factores de demanda para alumbrado general en unidades de vivienda (Ver tabla 220-11, norma NTC 2050).

Para el ejemplo, la carga es igual 6920 VA, esto es: 3000 + 3920 VA, es decir:

Los primeros 3000 x (100/100) = 3000 VA, se aplican en su totalidad.

A la cantidad restante 3920 VA se le aplica el 35%:

$$3920 \times (35/100) = 1372 \text{ VA.}$$

La carga total calculada hasta el momento es igual a:

$$3000 \text{ VA} + 1372 \text{ VA} = 4372 \text{ VA.}$$

La potencia de la estufa del ejemplo es de 2000 W, como es una carga puramente resistiva (Factor de potencia =1,0), equivale a 2000 VA.

En el artículo 220-19 de la norma NTC 2050 el factor de demanda para la **estufa** con el método de la columna B en la tabla 220-19 es del 80% de la carga; esto significa que multiplicaremos la potencia de la estufa por 0,8:

$$2000 \text{ VA} \times (80/100) = 1600 \text{ VA.}$$

Carga Total.

La suma de las demandas máximas (carga continua y carga no continua) es la carga que debe soportar el alimentador. En el ejemplo corresponde a la suma de las cargas no continuas, así:

$$\text{Demanda Máxima} = 4372 \text{ VA} + 1600 \text{ VA} = 5972 \text{ VA}$$

Cálculo de Corriente del Circuito Alimentador.

La cantidad calculada de potencia igual a 5972 VA como demanda máxima, es la necesaria para energizar la vivienda, la cual es obtenida de la acometida que el operador de energía instala desde la red de distribución, para energizar el circuito alimentador.

Para cada proyecto de construcción se debe notificar al operador de red la carga instalada o potencia instalada, para que sepa del incremento de carga en el circuito de esa zona y así poder saber si los transformadores del sector tienen la capacidad de atender esa nueva carga.

Asignación del Tipo de Servicio de acuerdo a la Carga Instalada:

De 0 a 8000 W el tipo de servicio y medidor serán monofásico (Fase, Neutro - Tierra).

De 8000 a 16.000 W el tipo de servicio y medidor serán monofásico trifilar (2 Fases, Neutro - Tierra).

De 16.000 W a 32.000 W el tipo de servicio y medidor serán trifásico (3 Fases, Neutro y Tierra).

Para una potencia instalada mayor a 32.000 W se debe instalar un transformador independiente, que considere la potencia instalada reportada o matriculada y futuras ampliaciones.

Por lo anterior para este ejemplo el tipo de servicio que le corresponde a esta unidad de vivienda familiar es monofásico de dos hilos: Conductor no puesto a tierra (fase) y conductor puesto a tierra (neutro).

Como la tensión de la vivienda es de 120 V y la demanda máxima es 5972 VA, la corriente que circula por el alimentador será la división de estos valores:

$$I_{\text{carga}} = 5972 \text{ VA} / 120 \text{ V} = 50 \text{ A}$$

$$I_{\text{proteccion}} = I_{\text{carga}} \times 1,25 = 50 \text{ A} \times 1,25 = 62,5 \text{ A}$$

En este caso toda la corriente circula por una sola fase y regresa por el conductor puesto a tierra, es decir, los dos conductores se considerarán como activos (energizados o portadores de corriente).

Del cálculo de la corriente por el alimentador se determina que se debe emplear una protección de sobrecorriente con un valor estándar de la norma NTC 2050. En el ejemplo, esta protección será de 70 A que es la inmediata superior disponible en el mercado.

Cuando la alimentación es bifásica o trifásica se debe realizar un balanceo de cargas, es decir, se debe repartir la conexión de las cargas entre el número de fases de forma equilibrada

ALAMBRADO.

Es necesario definir qué tipo de conductor es el más apropiado para la instalación. La norma NTC 2050, artículo 110-5, establece que los conductores normalmente utilizados para transportar corriente deben ser de cobre, a no ser que dentro de la norma se especifique otro material, en tal caso se deben calcular nuevamente los calibres.

Los alambres y cables de cobre THHN/THWN y THHN/THWN-2, son los más usados en instalaciones eléctricas residenciales, en circuitos alimentadores y ramales de hasta 600 V nominales, especiales para instalaciones en sitios abrasivos, en ductos, tuberías y tableros.



La norma NTC 2050 artículo 310-3 indica que cuando los conductores van instalados en canalizaciones, los calibres iguales o mayores a 8 AWG deben ser cableados (conductores compuestos de varios hilos).

De lo anterior se concluye que para una instalación eléctrica residencial con conductores de cobre, se utilizarán conductores de cobre tipo THHN/THWN calibre 12 AWG y mayores; los cuales pueden ser de un sólo hilo (alambres) o compuesto de varios hilos (cables), siendo éstos últimos más flexibles.

Selección de Calibre de los Conductores que Transportan Corriente.

Como ya se había mencionado, para el caso monofásico bifilar (2 conductores) los portadores de corriente son la fase y el conductor puesto a tierra (neutro). Para seleccionar el calibre de los conductores es necesario cumplir las siguientes condiciones:

a) El calibre mínimo.

En la tabla 3 se encuentra definido el calibre mínimo de los conductores, de acuerdo con la capacidad de carga de cada circuito (referencia tabla 210-24, norma NTC 2050).

b) La capacidad de conducción de corriente:

Los conductores de los circuitos ramales deben tener una capacidad de corriente no menor a la carga máxima que van a alimentar. Además, los conductores de circuitos ramales con varias salidas para alimentar tomacorrientes para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija, deben tener una capacidad de corriente no menor a la corriente nominal del circuito ramal.

c) La caída de tensión de los conductores:

En alimentadores y circuitos ramales, para los conductores se recomienda tener un calibre que evite una caída de tensión eléctrica superior al 3% en la salida (tomacorriente) más lejana, para potencia, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas.

La caída máxima de tensión eléctrica de los circuitos ramales más el circuito alimentador hasta la salida más lejana, se recomienda que no supere el 5%.

En el artículo 310-15 de la norma NTC 2050 se encuentran los lineamientos para la capacidad de corriente de los conductores.

Lo primero que se debe tener en cuenta es la **capacidad de corriente de acuerdo con el número de conductores en una canalización** y la **corrección por la temperatura ambiente**, posteriormente se deben realizar los cálculos de **caída de tensión** para determinar el porcentaje de regulación.

Número de Conductores en una Canalización (Tubo Conduit).

Cuando el número de conductores que transportan corriente es mayor a tres en una canalización o en un ensamble (conductores aislados), la capacidad de conducción de corriente se debe reducir en un porcentaje como lo indica la tabla 6 (notas de la tabla de capacidad de corriente, artículo 310-16 hasta 19, norma NTC 2050); no se debe tener en cuenta el conductor de tierra de protección para estos factores:

8. Factores de ajuste.

a) Más de tres conductores portadores de corriente en un cable o canalización. Cuando el número de conductores portadores de corriente en un cable o canalización pase de tres, la capacidad de corriente se debe reducir como se indica en la siguiente tabla

Número de conductores portadores de corriente	Porcentaje del valor de las Tablas, ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Tabla 6. Factores de Corrección por agrupamiento (notas del artículo 310-16 de la norma NTC 2050).

Dentro de los circuitos ramales instalados en el ejemplo, el caso más crítico de conductores portadores de corriente por una misma canalización no es mayor a cinco (esto es, entre fases de diferentes circuitos ramales, neutro y retornos de interruptores a bombillas). Si se calcula de acuerdo con este criterio en el ejemplo, se cubrirán las demás zonas de los circuitos ramales de la vivienda, debido a que en las otras canalizaciones se tendrá igual o menor número de conductores activos o portadores de corriente. Como resultado, de acuerdo con la tabla 6, al ejemplo le corresponde un factor del 80% por agrupamiento

Corrección por Temperatura Ambiente.

La capacidad de corriente de un conductor debe corregirse a la temperatura ambiente de la vivienda. Para un rango de temperatura entre 26-30°C, según la tabla 7 corresponde a un factor de corrección de 1,0. (referencia tabla 310-16 en la norma NTC 2050).

CALIBRE AWG	CAPACIDAD DE CORRIENTE (Conductor de cobre) Según el artículo 110.14 c
14	20
12	25
10	30
8	40
6	55
4	70

TEMPERATURA AMBIENTE EN °C	FACTORES DE CORRECCIÓN
21 - 25	1,08
26 - 30	1,00
31 - 35	0,91
36 - 40	0,82
41 - 45	0,71

Tabla 7. Capacidad de corriente para conductores de cobre según el artículo 110.14 c.
No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable, a temperatura ambiente de 30°C.

Cálculo del Calibre.

Hasta el momento hay dos factores definidos para determinar el calibre del conductor en el ejemplo:

Por agrupamiento en una canalización igual al 80%.

Por temperatura ambiente igual a 1,0.

Usando como ejemplo el circuito de alumbrado general número 1, se calcula la capacidad de corriente de los conductores de acuerdo con los anteriores factores, así: se obtiene la capacidad de corriente máxima para el conductor del circuito de la tabla 3, la cual es igual a 20 A y se divide entre el producto de los factores de corrección de las tablas 6 y 7:

$$20 \text{ A} / (0,8 * 1,0) = 25 \text{ A}$$

Con este valor de corriente (25 A) se busca el calibre correspondiente en la tabla 7 que corresponde a un conductor de cobre 12 AWG.

La selección del calibre debe hacerse según la norma NTC-2050 artículo 110.14 c, sin embargo, la tecnología THHN/THWN, permite una mayor capacidad de temperatura y corriente a un diámetro de conductor menor el seleccionado según la norma; esto significa que se pueden incluir más conductores por la canalización y con un menor riesgo de rasgado, gracias a la chaqueta exterior de nylon la cual resiste mucho más las exigencias de la instalación.

De acuerdo con lo anterior, se selecciona el conductor de cobre THHN/THWN 12 AWG.

Realizando el mismo cálculo para el circuito alimentador se obtiene:

El circuito alimentador (acometida) tendrá sólo dos conductores portadores de corriente, entonces el factor por agrupamiento de acuerdo con la tabla 5 es 1,0, y el factor de corrección por temperatura de acuerdo con la tabla 6, también es 1,0.

Como la capacidad de corriente del alimentador es igual a 70 A, se calcula:

$$70 \text{ A} / (1,0 * 1,0) = 70 \text{ A}$$

Al seleccionar con esta corriente de 70 A en la tabla 7, el conductor para el ejemplo debe ser THHN/THWN 4 AWG, con una Capacidad de manejo de corriente de 75 A a 90 °C de temperatura cumpliendo con el artículo siguiente:

El artículo 220-10, inciso a), indica: Los conductores del alimentador deben tener una capacidad de corriente suficiente para alimentar las cargas conectadas. En ningún caso la carga calculada para un alimentador debe ser menor a la suma de las cargas de los ramales conectados, tal como se establece en la parte A de esta sección (220) y después de aplicar cualquier factor de demanda permitido en las partes B, C, o D.

Verificación del Calibre por Caída de Tensión.

La caída de tensión de los circuitos (alimentador y ramales) debe cumplir con los criterios estipulados por la norma NTC 2050, esta fórmula permite obtener el valor de regulación para un circuito monofásico:

$$\Delta V = \frac{2 \times Z \times L \times I}{V_o} \times 100$$

Donde:

ΔV = Caída de tensión en el cable en porcentaje.

Z = Impedancia eléctrica del cable en ohm/km (tabla 8).

L = Longitud del circuito en km.

I = Corriente eléctrica en el cable.

V_o = Tensión de fase-neutro en Voltios.

La tabla 8 contiene los valores de impedancia de conductores de cobre dentro de un tubo conduit. Es necesario además, conocer la distancia a la salida (tomacorriente) más lejana de cada circuito ramal. En el ejemplo se utilizará el circuito de alumbrado general número 2. La distancia a la salida más lejana, teniendo en cuenta el “bajante” (distancia del cielo raso al tomacorriente = 2,2 m) es de aproximadamente: (ver distancias en la figura 4).

CALIBRE	IMPEDANCIA (ohm/km)		
AWG	CONDUIT DE PVC	CONDUIT DE ALUMINIO	CONDUIT DE ACERO
14	10,2	10,2	10,2
12	6,56	6,56	6,57
10	3,94	3,94	3,94
8	2,56	2,56	2,57
6	1,62	1,62	1,62
4	1,03	1,03	1,04

Tabla 8. Impedancia de conductores en ducto (conduit).

Con la distancia calculada (0,0127 km) y el valor de impedancia de la tabla 8, se obtiene el porcentaje de regulación en el circuito ramal número dos, para conductores de cobre **THHN/THWN 12 AWG**, así:

$$\Delta V = \frac{2 \times (6,56 \text{ ohm / km }) \times (0,0127 \text{ km }) \times (20 \text{ A })}{120 \text{ V}} \times 100 = 2,8\%$$

El resultado es menor que el máximo permitido, cumpliendo con lo establecido en el artículo 210-19 inciso a) de la norma NTC 2050 en la nota 4.

Los conductores de circuitos ramales como están definidos en la sección 100, con una sección que evite una caída de tensión superior al 3% en las salidas más lejanas de fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión de los circuitos alimentador y ramal hasta la salida más lejana no supere el 5%, ofrecen una eficacia razonable de funcionamiento.

Si el resultado hubiera sido mayor que el máximo permitido se debe elegir un calibre superior y calcular nuevamente hasta encontrar un valor menor al 3% recomendado por la norma NTC 2050.

Sin embargo, existe la posibilidad que la suma de la regulación del circuito ramal, más la del alimentador sea mayor que la máxima permitida, es decir, el 5%.

Para el cálculo, es necesario conocer la regulación del circuito alimentador:

$$\Delta V = \frac{2 \times (1,62 \text{ ohm / km }) \times (0,005 \text{ km }) \times (50 \text{ A })}{120 \text{ V}} \times 100 = 0,7\%$$

Nota: para el caso específico de este ejemplo el alimentador va desde el contador hasta la caja de distribución (caja de breaker) con una longitud aproximada de 5 m.

Con un valor de 0,7% en el alimentador, la suma de las caídas de tensión de los dos circuitos (alimentador y ramal) es menor al 5%. Se recomienda realizar este cálculo para cada circuito ramal en la vivienda.

La tabla 9 es un resumen de la selección de los conductores de los circuitos ramales y alimentador, calculados con los procedimientos anteriores:

CIRCUITO	PROTECCIÓN	CONDUCTOR DE TIERRA	CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE CALIBRE CONDUCTORES DE FASE Y NEUTRO		
			CORRIENTE	REGULACIÓN %	CALIBRE SELECCIONADO
			TEMPERATURA Y AGRUPAMIENTO		
ALUMBRADO GENERAL 1	20 A	12 AWG	12 AWG	2,8	12 AWG
ALUMBRADO GENERAL 2	20 A	12 AWG	12 AWG	2,4	12 AWG
CIRCUITO PARA BAÑO	20 A	12 AWG	12 AWG	2,0	12 AWG
CIRCUITO PARA ESTUFA	20 A	12 AWG	12 AWG	1,2	12 AWG
LAVADORA	20 A	12 AWG	12 AWG	1,6	12 AWG
PEQUEÑOS APARATOS	20 A	12 AWG	12 AWG	1,0	12 AWG
ALIMENTADOR	70 A	6 AWG	4 AWG	0,7	4 AWG

Tabla 9. Selección de los calibres de los conductores para cada circuito.

SELECCIÓN DEL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES DE TIERRA.

La puesta a tierra del sistema eléctrico y de los equipos tiene como finalidad la protección de las personas en el momento de una falla o un mal funcionamiento eléctrico y la protección de las instalaciones.

Algunas de las funciones que el RETIE establece para un sistema de puesta a tierra son:

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.

- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.

- Servir de referencia al sistema eléctrico.

- Conducir y disipar las corrientes de falla con suficiente capacidad.

El artículo 250-23, inciso a) de la norma NTC 2050 indica que un sistema alambrado de la propiedad que se alimenta por medio de un sistema de distribución de energía eléctrica conectado a tierra, debe tener en cada acometida un conductor conectado a un electrodo de puesta a tierra que cumpla lo establecido en la parte H de la sección 250.

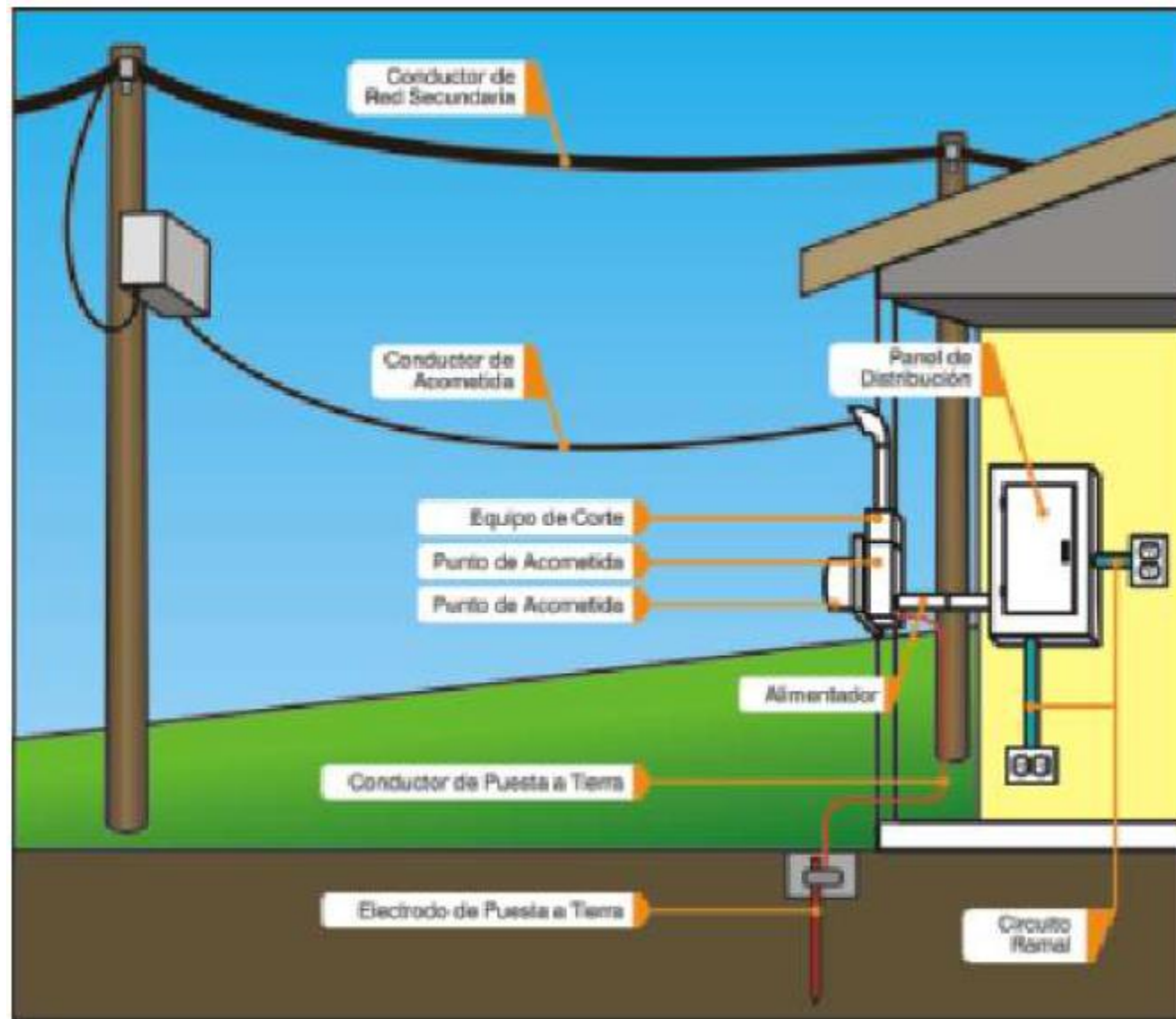


Figura 5. Ubicación del electrodo de puesta a tierra y su conductor.

La puesta tierra de los equipos comprende la interconexión efectiva de todos los encerramientos y canalizaciones metálicas.

El sistema de puesta a tierra está compuesto normalmente por:

- a) Conductor de puesta a tierra de equipos.
- b) Conductor del electrodo de puesta a tierra.
- c) Electrodo de puesta a tierra.

Selección del Conductor de Puesta a Tierra de Equipos.

De acuerdo con los resultados obtenidos para cada circuito ramal, la norma NTC 2050 determina en la tabla 250-95 el calibre mínimo de los conductores del sistema de puesta a tierra.

CAPACIDAD Ó AJUSTE MÁXIMO DE LA PROTECCIÓN DEL CIRCUITO	CALIBRE MÍNIMO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS
(A)	(AWG)
15	14
20	12
30	10
40	10
60	10
100	8

Tabla 10. Tamaño nominal mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos (ver tabla 250-95 en la norma NTC 2050).

En la tabla 9 se observa, para cada circuito ramal de la vivienda del ejemplo, el calibre de conductor de puesta a tierra de equipos en cobre (aislado o desnudo) que le corresponde según lo establecido en la tabla 10.

Para el circuito alimentador que tiene un dispositivo de protección contra sobrecorriente de 70 A según la tabla 10, le corresponde un conductor de puesta a tierra de cobre (aislado o desnudo) 6 AWG.

Además, cuando se desee disminuir el ruido eléctrico se requiere un conductor de puesta a tierra de equipos, aislado e independiente, además del conductor de puesta a tierra de protección de los equipos del circuito ramal, instalado con los conductores del circuito.

Este conductor de puesta a tierra de equipos independiente puede pasar a través de uno o más paneles de distribución sin necesidad de conectarlo a los terminales de puesta a tierra de equipos de dichos paneles. El uso del conductor de puesta a tierra de equipos independiente no excluye el requisito de poner a tierra el ducto y la caja de salida si estos son metálicos. Como resultado de lo anterior existirán: dos conductores activos (fase y neutro), una tierra de protección (aislada o desnuda) y una tierra aislada e independiente para equipos con ruido eléctrico, además de los retornos y otros conductores.

NOTA: Es importante resaltar que se deben aterrizar las cajas y demás elementos metálicos (ejemplo: carcazas), lo que implica un conductor de tierra de protección en cada canalización que las contenga, paralelo a las líneas de fase (por el mismo ducto).

Selección del Conductor del Electrodo del Sistema de Puesta a Tierra.

Como el conductor de acometida de cobre no debe ser inferior al calibre 8 AWG de acuerdo a la norma NTC 2050, el calibre correspondiente para el conductor del electrodo del sistema de puesta a tierra de cobre debe ser 8 AWG, según el artículo 250-94 de la norma NTC 2050, donde se establece un conductor del electrodo de puesta a tierra de cobre con un calibre 8 AWG para acometidas de calibre 2 AWG y menores.

El artículo 250-94 de la norma NTC 2050 indica que el tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra de una instalación de c.a. puesta o no puesta a tierra, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-94.

Un conductor del electrodo de puesta a tierra o su encerramiento debe sujetarse bien a la superficie sobre la que va instalado. Un conductor de cobre calibre 4 AWG o superior se debe proteger si está expuesto a daños físicos graves. Se puede llevar un conductor de puesta a tierra de 6 AWG que no esté expuesto a daños físicos, a lo largo de la superficie de la edificación, sin tubería o protección metálica, cuando esté bien sujeto al edificio; si no, debe ir en un tubo conduit metálico rígido, o intermedio, o no metálico, o en tubería eléctrica metálica, o en un cable blindado. Los conductores de puesta a tierra de calibre menor a 6 AWG deben alojarse en tubo conduit metálico rígido, o metálico intermedio, o conduit rígido no metálico, o tubería eléctrica metálica o en cable blindado.

Electrodo del Sistema de Puesta a Tierra.

Son los elementos metálicos que se introducen en el terreno y que facilitan el paso al, o desde el suelo de cualquier carga eléctrica operando como el medio de contacto o empalme entre el sistema eléctrico y los equipos con la tierra física o suelo.

La sección 250 de la norma NTC 2050, parte H, describe las condiciones de instalación del electrodo de puesta a tierra. El artículo 250-81 describe la relación entre los distintos componentes metálicos de la edificación o estructura con los electrodos de puesta a tierra.

El artículo 250-83 c) establece una longitud mínima para electrodos de barras y tuberías de 2,40 m y una sección transversal dependiendo del material y forma del electrodo, así: para barras de hierro o acero el diámetro mínimo será de 15,87 mm, para tubos o conductos el diámetro mínimo será de 19 mm y para metales no ferrosos (cobre) de 12,7 mm.

No se permiten electrodos de aluminio.

El electrodo de puesta a tierra debe cumplir con los requerimientos citados en la norma NTC 2050 artículos 250-81, 250-83 y 250-84.

La tabla 11 muestra los requerimientos que el RETIE establece para el conductor del electrodo de puesta a tierra.

MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES.

El artículo 11, numeral 4 del Reglamento RETIE indica el código de colores para conductores aislados con el fin de evitar accidentes por errónea interpretación de los niveles de tensión (voltaje) y unificar los criterios para las instalaciones eléctricas como se indica en la tabla 12 (referencia: tabla 13 en el RETIE).

SISTEMA	MONOFÁSICO (1Φ)		TRIFÁSICO 3Φ (Y)
TENSIONES NOMINALES	120 V	240/120 V	208/120 V
CONDUCTORES ACTIVOS	1 Fase 2 Hilos	2 Fases 3 Hilos	3 Fases 4 Hilos
FASES	Negro	Negro Rojo	Amarillo Azul Rojo
NEUTRO	Blanco	Blanco	Blanco
TIERRA DE PROTECCIÓN	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde
TIERRA AISLADA	Verde Amarillo	Verde Amarillo	Verde Amarillo

Tabla 12. Código de colores para conductores (referencia tabla 13 en RETIE).

Se tendrá como válido para determinar este requisito el color propio del acabado exterior del conductor o en su defecto, su marcación debe hacerse en las partes visibles con pintura, con cinta o rótulos adhesivos del color respectivo. Este requisito es también aplicable para conductores desnudos, como barrajes.

Para el ejemplo y considerando la tabla 12, se identificará la fase de todos y cada uno de los circuitos ramales e incluso el del alimentador con color negro, y para el conductor de neutro en color blanco.

Para el conductor de tierra de protección de equipos la norma NTC 2050 310-12 establece que puede ser aislado o desnudo; se usará para el ejemplo el conductor aislado en cuyo caso la identificación es más clara que para el caso desnudo y consiste en un color de aislamiento verde continuo, o un color verde con una o más bandas amarillas (tabla 12 o artículo 210-5 en la norma NTC 2050). Además en los conductores aislados debe aparecer la información del calibre y tipo de aislamiento sobre la superficie del mismo.

Los cables o alambres aislados utilizados en baja tensión deben ser marcados según el RETIE en forma indeleble y legible (ver Norma NTC 1332), con la siguiente información:

- Calibre del conductor en kcmil, AWG o mm².
- Material del que esta hecho el conductor.
- Tipo de aislamiento.
- Tensión nominal.
- Razón social o marca registrada del fabricante.

Esta marca se debe repetir a intervalos no mayores de 63 cm, se acepta en alto relieve o impreso, también se acepta en bajo relieve siempre y cuando no se reduzca el espesor de aislamiento por debajo del mínimo establecido en este reglamento.

SELECCIÓN DE LA TUBERÍA CONDUIT.

Es necesario conocer la capacidad máxima de conductores que pueden ir dentro de una canalización, con el propósito de evitar inconvenientes como atascamientos, elevación en la temperatura, entre otros. Además se debe cumplir con lo establecido en la norma NTC 2050:

En el capítulo 9, tabla 1 de la norma NTC 2050, se indica la máxima ocupación de los tubos.

NÚMERO DE CONDUCTORES	UNO	DOS	MÁS DE DOS
TODOS LOS TIPOS DE CONDUCTORES	53%	31%	40%

Tabla 13 Factores de relleno en tubo (conduit).

De acuerdo con este criterio de ocupación o llenado, el apéndice C, tabla 11, de la norma NTC-2050 indica el número máximo de conductores según el tipo de aislamiento para tubo conduit rígido de PVC Tipo A.

CONDUIT PVC TIPO A	NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES EN TUBO (CONDUIT) SEGÚN CALIBRE						
	14 AWG	12 AWG	10 AWG	8 AWG	6 AWG	4 AWG	2 AWG
TAMAÑO COMERCIAL PULGADAS	THHN/THWN	THHN/THWN	THHN/THWN	THHN/THWN	THHN/THWN	THHN/THWN	THHN/THWN
1/2	16	11	7	4	3	1	1
3/4	27	19	12	7	5	3	1
1	44	32	20	12	8	5	3

Tabla 14. Capacidad de tubos (conduit).

Para instalaciones eléctricas seguras se puede utilizar tubería conduit (marca PLASTIMEC fabricada por IMEC), bajo los más altos estándares de calidad. Esta tubería es auto-extinguible a la llama y resistente a la ruptura, garantizando la protección de los cables en las instalaciones eléctricas cumpliendo con los requisitos exigidos en el RETIE y en la NTC 2050.

RESUMEN DE ELEMENTOS UTILIZADOS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

Con las dimensiones de los planos, en el ejemplo es posible realizar un cálculo aproximado de las distancias de cada uno de los conductores (fase, neutro, tierra y retornos).

La cantidad de interruptores, porta-bombillas y tomacorrientes están numerados de acuerdo a los mencionado en la tabla 3.

ELEMENTO	CANTIDAD
CONDUCTOR DE COBRE CENTELSA THHN/THWN 12 AWG	500 m
CONDUCTOR DE COBRE CENTELSA THHN/THWN 10 AWG	15 m
CONDUCTOR DE COBRE CENTELSA THHN/THW N 8 AWG	12 m
ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA COPPER GROUND ® COBRES DE COLOMBIA	1 UNIDAD
CAJAS Y ACCESORIOS PLASTIMEC	SEGÚN NECESIDAD
TOMACORRIENTES DOBLES	15 UNIDADES
TOMACORRIENTES DOBLES-GFCI*	4 UNIDADES
PORTA BOMBILLAS	15 UNIDADES
INTERRUPTORES	2 TRIPLES Y 7 SENCILLOS
TUBERÍAS DE 1/2" PLASTIMEC	130 m
BREAKER DE 20 A	6 UNIDADES
PROTECCIÓN DE 60 A	1 UNIDAD
PANEL DE DISTRIBUCIÓN	1 UNIDAD

Tabla 15. Cálculo aproximado de algunos elementos de la instalación* Es posible instalar una sola protección diferencial (interruptor de circuito GFCI) que proteja todo el circuito, utilizando tomacorrientes sin GFCI dentro del circuito.

UNIÓN Y CONEXIÓN DE LOS CONDUCTORES.

Empalmes.

La norma NTC 2050 indica que los conductores se deben empalmar o unir con medios identificados para su uso (ejemplo conectores tipo “twist-on”) o con soldadura fuerte o blanda, con un metal o aleación fusible. Antes de soldarse, los empalmes se deben unir de modo que queden mecánica y eléctricamente seguros y después sí se deben soldar. Todos los empalmes y uniones y los extremos libres de los conductores se deben cubrir con un aislante equivalente al de los conductores o con un dispositivo aislante identificado para este fin.

Conexiones.

La norma NTC 2050 establece que las conexiones eléctricas deben cumplir con los requisitos citados en el artículo 110.14, que dentro de sus especificaciones indica:

Las conexiones eléctricas deben elaborarse de tal manera que ofrezcan un contacto sólido entre el conductor y el terminal o dispositivo de conexión.

Una conexión mal elaborada significa un problema de seguridad en el funcionamiento de la instalación eléctrica.

La figura 6 muestra la manera correcta de efectuar una conexión, y las figuras 7 y 8, ejemplos de conexiones incorrectas.

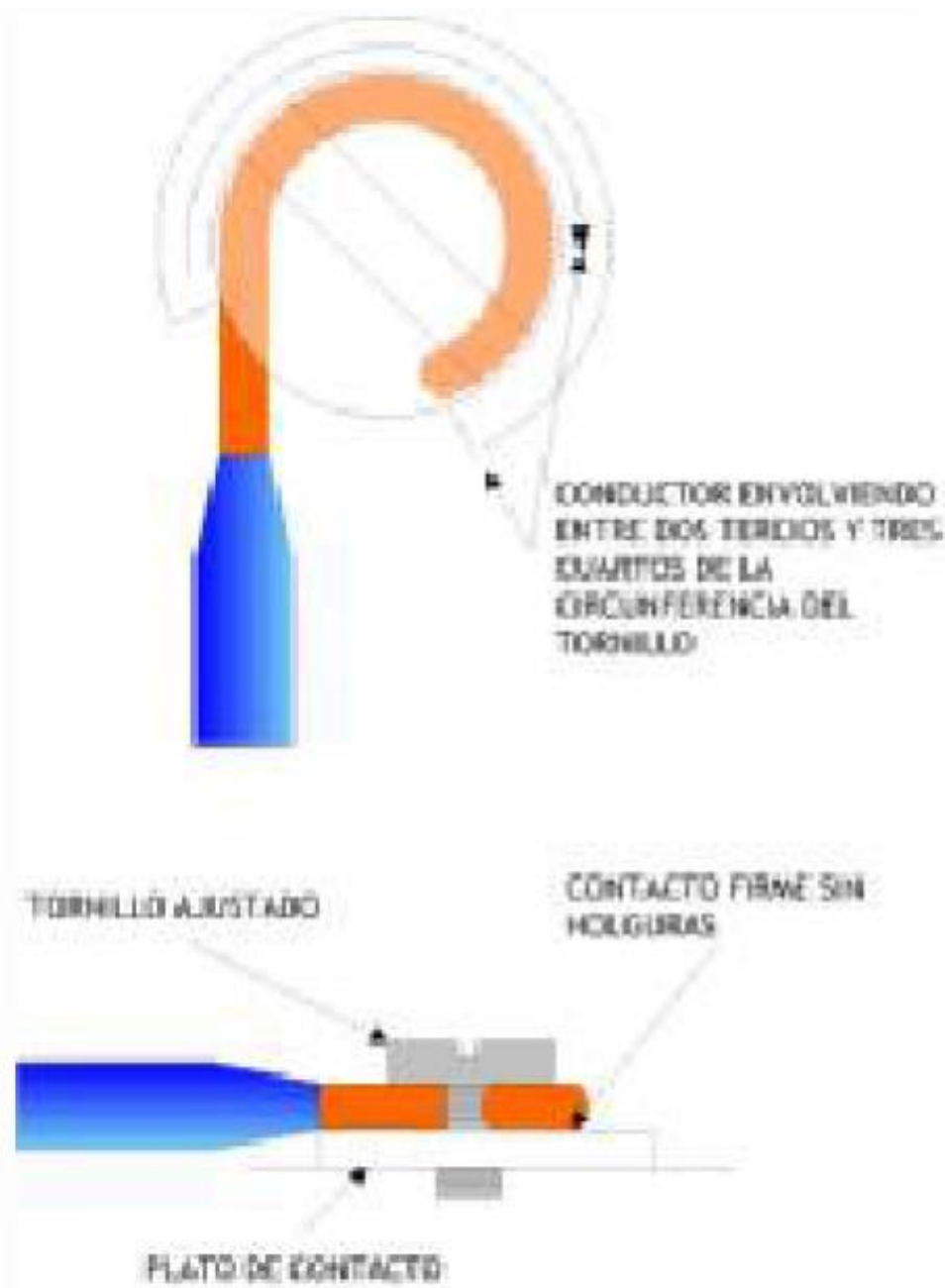


Figura 6. Conexión correcta.



CONTACTO
INADECUADO



CONTACTO
TRASLAPADO



EN DIRECCIÓN
ERRÓNEA



CONTACTO DIRECTO
SIN ENVOLVER



CONTACTO DIRECTO
SIN ENVOLVER



MENOS DE DOS TERCIOS
DE LA CIRCUNFERENCIA

Figura 7. Conexión incorrecta.

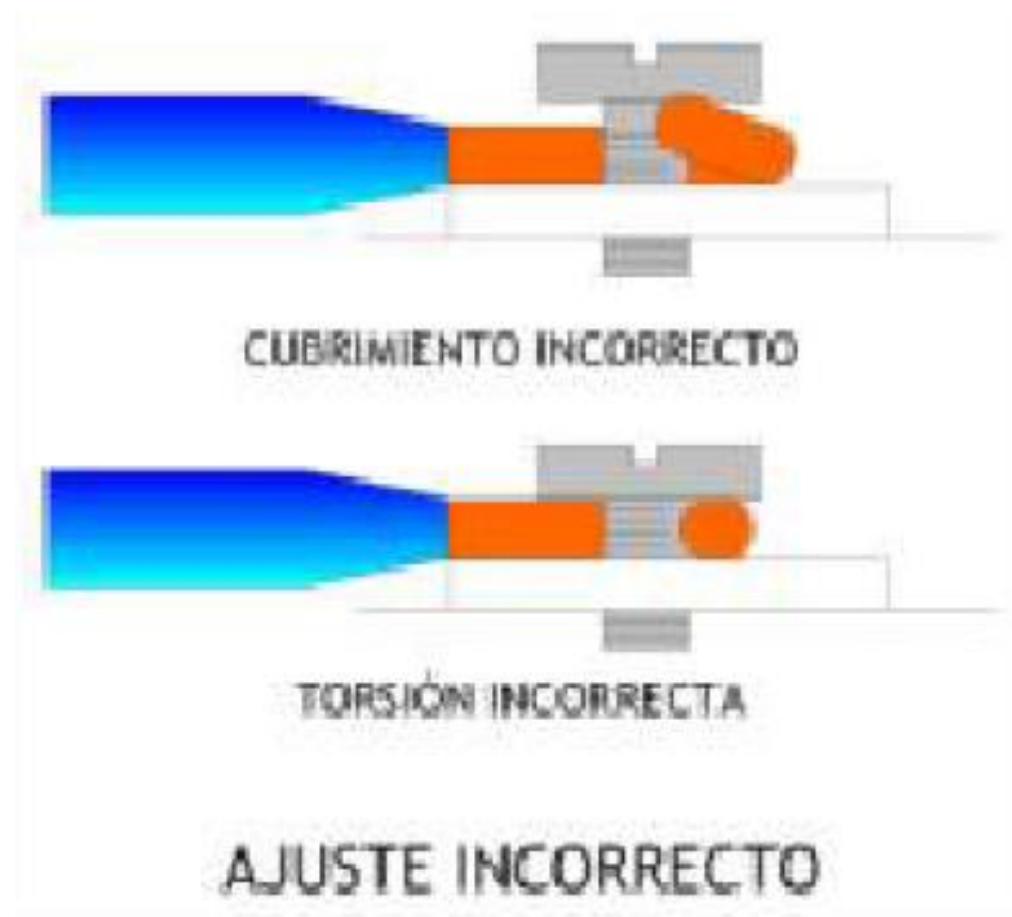


Figura 8. Ajuste incorrecto.

CONCLUSIÓN.

El cumplimiento de los requisitos del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE y de las especificaciones del Código Eléctrico Colombiano, Norma NTC 2050, minimiza o elimina los riesgos de origen eléctrico y garantiza la seguridad de los instaladores, operadores y usuarios de las instalaciones eléctricas.

Las nuevas instalaciones, las ampliaciones y remodelaciones deben hacerse de tal forma que cumplan con los lineamientos del RETIE y provean la seguridad requerida, por tal razón se ha elaborado esta guía como un elemento facilitador para lograr el objetivo de seguridad en lo que se refiere a instalaciones eléctricas domiciliarias.

Con el objetivo de brindar información clara y de explicar una metodología paso a paso, teniendo en cuenta los aspectos relativos a la seguridad, la guía para instalaciones eléctricas residenciales seguras se ha desarrollado con un ejemplo típico de una vivienda común, analizando las necesidades de protecciones, conductores, sistema de puesta a tierra, entre otras, las cuales tienen requisitos con carácter de obligatorio cumplimiento según el RETIE.

Consientes de la importancia de los conductores eléctricos en la seguridad de las instalaciones eléctricas residenciales, se recomienda instalar productos de buena calidad y certificados por sellos de conformidad de productos según RETIE, los cuales instalados siguiendo las instrucciones del Reglamento y del Código Eléctrico Colombiano, brindan una total seguridad para las instalaciones.

Nota: La información aquí contenida se presenta a manera de guía; su utilización y aplicaciones son responsabilidad del profesional encargado del diseño de la instalación.

EJEMPLO:

CALCULO DE ACOMETIDA PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR

Vamos a calcular la acometida para cuatro apartamentos de 120 m² de área construida, cada uno con las siguientes cargas:

- Un circuito de lavado y planchado.

- Dos circuitos de pequeños artefactos.

- Un aire acondicionado de 2800 W, 240 Voltios.

- Un calentador de agua tipo acumulador de 2400 W, 240 Voltios.

- Una estufa de 3600 W, 240 Voltios.

- Primero determinamos la carga de iluminación en base a la tabla 220-3b de la NTC 2050:

[Tabla 220-3.b](#)). Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación

Tipo de ocupación	Carga unitaria (VA/m²)
Cuarteles y auditorios	10
Bancos	38**
Barberías y salones de belleza	32
Iglesias	10
Clubes	22
Juzgados	22
Unidades de vivienda *	32
Garajes públicos (propiamente dichos)	5
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina **	22
Edificios industriales y comerciales	22
Casas de huéspedes	16
Edificios de oficinas	38 **
Restaurantes	22
Colegios	32
Tiendas	32
Depósitos	2.5
En cualquiera de los lugares anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares: Lugares de reunión y auditorios	10
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	5
Lugares de almacenaje	2.5

* Todas las salidas de tomacorriente de uso general de 20 A nominales o menos en unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares y en las habitaciones de los de hoteles y moteles [excepto las conectadas a los circuitos de tomacorrientes especificados en el Artículo [220-4.b](#)) y c)], se deben considerar como salidas para alumbrado general y en tales salidas no serán necesarios cálculos para cargas adicionales.

** Además se debe incluir una carga unitaria de 10 VA por metro cuadrado para salidas de tomacorriente de uso general cuando no se sepa el número real de este tipo de salidas de tomacorriente.

- Carga de iluminación:

Tenemos que cada apartamento tiene 120 m² de área construida, entonces la carga de iluminación en base a la tabla 220-3b de la NTC 2050 es de 32VA/m²

$$(120 \text{ m}^2 * 32 \text{ W/m}^2) * 4 \text{ aptos} = 15360 \text{ W}$$

- A esta carga le sumamos la de los circuitos de:

Circuitos de Pequeños artefactos.

Circuitos de Lavado y planchado.

4 circuitos de lavado y planchado cada uno de 1500 W ➔ 6000 W

8 circuitos de pequeños artefactos cada uno de 1500 W ➔ 12000 W

- La carga total de iluminación y circuitos generales será de:

$$15360 \text{ W} + 6000 \text{ W} + 12000 \text{ W} = 33360 \text{ W}$$

- A esta carga le aplico los factores de demanda de la tabla 220-11 de la NTC – 2050:

Tabla 220-11. Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado.

Tipo de ocupación	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda %
Unidades de vivienda	Primeros 3 000 o menos	100
	De 3.001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Hospitales*	Primeros 50 000 o menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina *	Primeros 20 000 o menos	50
	De 20.001 a 100 000	40
	A partir de 100 000	30
Depósitos	Primeros 12 500 o menos	100
	A partir de 12 500	50
Todos los demás	VA totales	100

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

Aplicando los factores de demanda de la tabla 220-11 de la NTC – 2050, tenemos:

Primeros 3000 W al 100%, $3000W \times 1,0 = \dots\dots\dots 3000 \text{ W}$

30360 W al 35%, $30360W \times 0,35 = \dots\dots\dots 10626 \text{ W}$

Subtotal $\dots\dots\dots 13626 \text{ W}$

- Carga de los aires acondicionados, según el artículo 430-24, pag. #333 de la NTC-2050:

$$4 \cdot (2800\text{ W} + 2800\text{ W} \cdot 0,25) = 14000\text{ W}$$

- Carga de los calentadores, según el artículo 220-19 de la NTC-2050:

$$4 \cdot (2400\text{ W} \cdot 0,66) = 6336\text{ W}$$

- Carga de las estufas, según el artículo 220-19 de la NTC-2050:

$$4 \cdot (3600\text{ W} \cdot 0,5) = 7200\text{ W}$$

Tabla 220-19. Factores de demanda para estufas eléctricas domésticas, hornos de pared, estufas de sobreponer y otros electrodomésticos de cocina de más de 1,75 kW nominales. (La columna A se debe aplicar en todos los casos, excepto los recogidos en la Nota 3).

Número de artefactos	Demanda máxima (kW) (véanse notas)	Factor de demanda % (véase nota 3)	
	Columna A (no más de12 kW nominales)	Columna B (menos de 3,5 kW nominales)	Columna C (de 3,5 a 8,75 kW nominales)
1	8	80%	80%
2	11	75%	65%
3	14	70%	55%
4	17	66%	50%
5	20	62%	45%
6	21	59%	43%
7	22	56%	40%
8	23	53%	36%
9	24	51%	35%
10	25	49%	34%
11	26	47%	32%
12	27	45%	32%
13	28	43%	32%
14	29	41%	32%
15	30	40%	32%
16	31	39%	28%
17	32	38%	28%
18	33	37%	28%
19	34	36%	28%
20	35	35%	28%
21	36	34%	26%
22	37	33%	26%
23	38	32%	26%
24	39	31%	26%
25	40	30%	26%
26-30	15 más 1 kW	30%	24%
31-40	por cada estufa	30%	22%
41-50	25 más 0,75 kW	30%	20%
51-60	por cada estufa	30%	18%
De 61 en adelante		30%	16%

Notas a la tabla Tabla 220-19:

- 1) Todas las estufas de más de 12 kW hasta 27 kW tienen el mismo valor nominal. Para las estufas individuales de más de 12 kW pero no más de 27 kW, se debe aumentar la demanda máxima de la columna A un 5 % por cada kW adicional o fracción, por encima de los 12 kW.
- 2) Las estufas de más de 8,75 kW hasta 27 kW son de distinto valor nominal. Para las estufas con potencia individual de más de 8,75 kW y de distinto valor nominal pero que no superen los 27 kW, se debe calcular un valor nominal medio sumando los valores nominales de todas las estufas para obtener la carga total conectada (poniendo 12 kW por cada estufa de menos de 12 kW) y dividiendo el total por el número de estufas. Después se debe aumentar la demanda máxima de la columna A un 5% por cada kW o fracción que exceda de 12 kW.
- 3) De más de 1,75 kW hasta 8,75 kW. En lugar del método de la columna A, se permite añadir la potencia nominal de todos los artefactos electrodomésticos de más de 1,75 kW nominales pero no más de 8,75 kW y multiplicar la suma por los factores de demanda de las columnas B o C, según el número de artefactos. Cuando la potencia nominal de los artefactos electrodomésticos corresponda a las columnas B y C, se deben aplicar los factores de demanda de cada columna a los artefactos de esa columna y sumarlos resultados.
- 4) Carga del circuito ramal: se permite calcular la carga del circuito ramal de una estufa según la [Tabla 220-19](#). La carga del circuito de un horno de pared o una estufa en mostrador debe ser el valor de la placa de características del artefacto. La carga de un circuito ramal de una estufa de sobreponer y no más de dos hornos de pared, conectados todos al mismo ramal y situados en la misma cocina, se debe calcular sumando los valores de la placa de características de cada artefacto y considerando ese total como equivalente a una estufa.
- 5) Esta Tabla se aplica también a artefactos electrodomésticos de cocina de más de 1,75 kW utilizados en programas educativos.

- Carga total para el cálculo de la acometida:

Carga total de iluminación y circuitos generales:.....	13626 W
Carga de los aires acondicionados:	14000 W
Carga de los calentadores:	6336 W
Carga de las estufas:	7200 W
Total:.....	41162 W

- Corriente de carga:
 $I_{Carga} = 41162 \text{ W} / 240 \text{ V} = 171 \text{ A}$
- Corriente de Proteccion : $I_{carga} \times 1,25 = 171 \text{ A} \times 1,25 = 214,4 \text{ A}$
- El Interruptor Termomagnetico Seleccionado será : 3 x 225 A

Para cada proyecto de construcción se debe notificar al operador de red la carga instalada o potencia instalada, para que sepa del incremento de carga en el circuito de esa zona y así poder saber si los transformadores del sector tienen la capacidad de atender esa nueva carga.

Asignación del Tipo de Servicio de acuerdo a la Carga Instalada:

De 0 a 8000 W el tipo de servicio y medidor serán monofásico (Fase, Neutro y Tierra).

De 8000 a 16.000 W el tipo de servicio y medidor serán monofásico trifilar (2 Fases, Neutro y Tierra).

De 16.000 W a 32.000 W el tipo de servicio y medidor serán trifásico (3 Fases, Neutro y Tierra).

Para una potencia instalada mayor a 32.000 W se debe instalar un transformador independiente, que considere la potencia instalada reportada o matriculada y futuras ampliaciones.

De acuerdo a la norma de NTC-2050, para esta carga se requiere instalar un transformador de distribución monofásico trifilar de 40 KW, 13200/240/120 Voltios, montado en poste, con una acometida en baja tensión.

- Selección del calibre de los conductores de acometida:

Según la sección 310-15 de la NTC-2050 y la tabla 310-16.

3,3	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,2	110	130	150	85	100	115	1
53,5	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,7	455	545	615	375	445	500	1.000
633,38	495	590	665	405	485	545	1.250
760,05	520	625	705	435	520	585	1.500
886,73	545	650	735	455	545	615	1.750
1.013,40	560	665	750	470	560	630	2.000

FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temp. ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C, multiplicar las anteriores corrientes por el correspondiente factor de los siguientes						Temp. ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1	1	1	1	1	1	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,88	0,90	0,91	0,88	0,90	0,91	36-40

Conductores de fase: 2 * THW-AWG # 4/0 en Cobre.

Conductor de neutro: Artículo 220-22; THW-AWG # 1.

Protección: Interruptor termo-magnético Tripolar de 3 x 225 A.

Medición: 4 contadores WHM-15A Con interruptor termo-magnético bipolar de 60 A.

Tabla 5-2 Selección de la medición autocontenida.

Nota: los medidores WHM23, WHM24 y WHM25 serán medidores electrónicos con bobinas autorango

Referencia	Descripción	Tipo de Servicio	Red de alimentación	Dibujo
WHM15	Medidor monofásico, unipolar, Bifilar 120V Corriente nominal de 15(100)A 15(60)A	Monofásico Bifilar a 120V hasta 7KW	Desde transformador monofásico ó trifásico, con voltaje Fase Neutro a 120V.	
WHM15A	Medidor monofásico, bipolar, trifilar, Neutro directo 120/240V Corriente nominal 15(100) ó 15(60)A	Monofásico Trifilar a 120/240V hasta 14KW	Desde transformador monofásico EXCLUSIVAMENTE Con voltajes fase neutro 120V; fase fase 240V.	
WHM15B	Medidor monofásico, bipolar, neutro incorporado, 2 elementos 120/208V ó 120/240V Corriente nominal 15(60)A, 20(100)A ó 15(100)A.	Monofásico Trifilar a 120/208V hasta 14KW	Desde transformador trifásico con voltajes fase neutro 120V, fase fase 208V. OBLIGATORIO el WHM15B para este tipo de red secundaria.	
WHM23	Medidor Trifásico, Tripolar, Tetrafilar 3 elementos 120/208V ó 127/220V Corriente Nominal 20(80)A, 20(100)A ó 25(100)A ó 50(150)A con Demanda Máxima.	Trifásico Tetrafilar a 208 ó 220V. Hasta 30 KW si hay capacidad disponible en la Red secundaria de EPSA. Hasta 37.5KVA desde transformador propiedad del cliente	Desde transformador trifásico con voltajes fase neutro 120V; fase fase 208V ó F-N 120V F-F 227V.	
WHM24	Medidor trifásico tripolar tetrafilar,. Corriente Nominal 20(80)A, 20(100)A ó 25(100)A ó 50(150)A con Demanda Máxima. Electrónico con bobinas de potencial autorango.	Trifásico, Tetrafilar a 120/240V. hasta 30 KW.	Desde bancos de transformadores conectados en delta abierta, con voltajes fase-neutro a 120 V. fase-fase a 240 V. (3x240, 2x120, 1x208V)	
WHM25	Medidor trifásico tripolar, tetrafilar 3 x 267/460 V ó 3x254/440 V. Corriente nominal 20(80) A. 25(100) A. 50(150) A.	Trifásico, tetrafilar a 254/440 V. hasta 50 KVA.	Desde transformador trifásico a 254/440V.	

La acometida debe ser subterránea, con ducto de:

$(2 * 169,3 \text{ mm}^2 + 122,6 \text{ mm}^2) / 0,2 = 2306 \text{ mm}^2$ que corresponde a un tubo conduit metálico rígido de 2,5", con una ocupación del 20%

Tabla5. Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos.

Los tipos RHH, RHW y RHW-2 sin chaqueta externa adicional.

Nota. La columna Sección aprox. total se refiere a la sección transversal del conductor más el aislamiento.

Tipos: AF, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHHN, RHHW, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF				
Tipo	Calibre AWG o kcmil	Seca Transv. cond. (mm ²)	Diámetro aprox. (mm)	Sección aprox. total (mm ²)
RHH*, RHW*, RHW-2*, THH, THW, AF, XF, XFF	12	3,3	4,6	16,8
	10	5,25	5,2	21,5
	8	8,36	6,8	35,9
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	6	13,29	7,7	46,8
	4	21,14	6,9	62,8
	3	26,66	9,7	73,2
	2	33,62	10,5	86
	1	42,2	12,5	122,6
	1/0	53,5	13,5	143,4
	2/0	67,44	14,7	169,3
	3/0	85,02	16	201,1
	4/0	107,21	17,5	239,9
	250	126,67	19,4	296,5
	300	152,01	20,3	340,7
	350	177,34	22,1	384,4
	400	202,68	23,3	427
	500	253,35	25,5	509,7
	600	304,02	28,3	627,7
	700	354,69	30,1	710,3
	750	380,02	30,9	751,7
	800	405,36	31,8	791,7
	900	456,03	33,4	874,9
	1000	506,7	34,8	953,8
	1250	633,38	39,1	1200,1
	1500	760,05	42,2	1 399,7
	1750	886,73	45,1	1 598,3
	2 000	1 013,40	47,8	1794,7
TEN	18	0,82	2,1	3,6
TFF	16	1,31	2,4	4,7
THHN THWN THWN-2	14	2,08	2,8	6,3
	12	3,3	3,3	8,6
	10	5,25	4,2	13,6
	8	8,36	5,5	23,6
	6	13,29	5,5	32,7
	4	21,14	8,2	53,2
	3	26,66	9,7	62,8
	2	33,62	10,5	74,7
	1	42,2	11,3	100,8
	1/0	53,5	12,3	119,7
	2/0	67,44	13,5	143,4
	3/0	85,02	14,8	172,8
	4/0	107,21	16,3	2 08,8
	250	126,67	18,1	2 56,1
	300	152,01	19,5	2 97,3

Tabla 4. Dimensiones y porcentaje de la sección de los tubos y tuberías

Tamaño comercial		Tubo conduit metálico rígido (Rigid)				
pulgadas	mm	Diámetro	Sección total	Dos hilos,	Mas de dos	Un hilo,
		interior. mm ²	100 %, mm ²	31 %, mm ²	hilos, 40 %,mm ²	53 %,mm ²
03-ago	10	—	—		—	
01-feb	16	16,05	202,58	6£58	8065	107,1
03-abr	21	21,23	354,19	109,68	141,94	187,74
1	27	27	572,9	177,42	229,03	30323
1 ¼	35	35,41	984,51	305,16	393,55	521,93
1 ½	41	41,25	1 336,13	414,19	534,84	708,39
2	53	52,91	2 198,71	681,29	879,35	1 165.16
2 ½	63	63,22	3139,35	972,9	1255,48	1 663,87
3	78	78,49	4838,05	1500	1 935,48	2 564,51
4 1/2	91	90,68	6458,06	2001,93	2583^2	3 422,57
4	103	102,87	8311,6	2576,77	3324,51	4 406.15
5	129	128,85	13040,6	4042,57	5216,11	6911,6
6	155	154,76	18811,58	5831.6	7524,5	9 970,30