

# el ABC de las instalaciones eléctricas residenciales

Enriquez Harper



LIMUSA  
NORIEGA EDITORES

924

npr.

# El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales

Ing. Gilberto Enríquez Harper

*Profesor Titular de la Escuela Superior  
de Ingeniería Mecánica y eléctrica  
del Instituto Politécnico Nacional*

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	No Clasificación
Centro de Documentación y Bibliografía	621.31924
<b>BIBLIOTECA</b>	
No Adquisición	Fecha Recibo
1110-02520 MAYO	1999
Anexos	Precio
93001	\$19.635
Dpto.	Solicitante
	Electric

# *Prólogo*

LA PRESENTACIÓN Y DISPOSICIÓN EN CONJUNTO DE

## EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES

SON PROPIEDAD DEL EDITOR. NINGUNA PARTE DE  
ESTA OBRA PUEDE SER REPRODUCIDA O TRANSMI-  
TIDA, MEDIANTE NINGÚN SISTEMA O MÉTODO,  
ELECTRÓNICO O MECÁNICO (INCLUYENDO EL FOTO-  
COPIADO, LA GRABACIÓN O CUALQUIER SISTEMA DE  
RECUPERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE INFOR-  
MACIÓN), SIN CONSENTIMIENTO POR ESCRITO  
DEL EDITOR.

### DERECHOS RESERVADOS:

© 1998, EDITORIAL LIMUSA, S.A. DE C.V.  
GRUPO NORIEGA EDITORES  
BALDERAS 95, México, D.F.  
C.P. 06040  
tel 521-21-05  
01(800) 7-06-91  
fax 512-29-03  
correo electrónico: cnoriega@mail.internet.com.mx

CANIEM NÚM. 121

DECIMOCUARTA REIMPRESIÓN

HECHO EN México  
ISBN 968-18-1759-1

El campo de las instalaciones eléctricas residenciales se ha expandido rápidamente y existe creciente necesidad de personal con conocimientos para calcular e instalar componentes eléctricas en edificaciones nuevas, así como para modificar instalaciones existentes. Esta obra es un texto nuevo diseñado para introducir a estudiantes y principiantes en este tema, al conocimiento de los elementos, cálculo y aplicaciones en el campo. De hecho, se proporciona un procedimiento de aprendizaje paso a paso que, además de capacitar en cálculos y aplicaciones prácticas, proporciona información para reparaciones.

Consta de 5 capítulos, cada uno de los cuales se desarrolla y presenta teniendo en mente a los estudiantes. Se tratan temas desde los elementos básicos de la electricidad hasta la instalación eléctrica de edificios de departamentos, incluyendo, desde luego, las instalaciones en casas habitación con todos sus detalles e incorporando un capítulo sobre alambrado, que permite al lector aplicar mejor la teoría.

Este libro, además de servir como texto, puede usarse con propósitos de autoaprendizaje, incluye los recientes cambios tecnológicos y desarrollos en materiales, con base en la versión más reciente del Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas (Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas).

# *Contenido*

## **Capítulo 1. Conceptos básicos de electricidad para instalaciones eléctricas** 11

1.1	Introducción	11
1.2	Partes de un circuito eléctrico	12
1.3	Corriente eléctrica	14
1.4	Voltaje o diferencia de potencial	15
1.5	El concepto de resistencia eléctrica	16
1.6	Ley de Ohm	17
1.7	Potencia y energía eléctrica <i>Medición de la potencia</i>	19
	<i>La energía eléctrica</i>	22
1.8	Circuitos en conexión serie	25
1.9	Circuitos en conexión paralelo	28
1.10	Circuitos en conexión serie-paralelo	32
1.11	El concepto de caída de voltaje	34

## **Capítulo 2. Elementos y símbolos en las instalaciones eléctricas** 37

2.1	Introducción	37
2.2	Conductores	38
2.2.1	Calibre de los conductores	38
	<i>Cordones y cables flexibles</i>	43

2.3	Tubo conduit	45
2.3.1	Tubo conduit de acero pesado	45
2.3.2	Tubo conduit metálico de pared delgada	46
2.3.3	Tubo conduit metálico flexible	47
2.3.4	Tubo conduit de plástico rígido (PVC)	48
2.4	Cajas y accesorios para canalización con tubo	50
	Dimensiones de cajas de conexión	61
2.5	Apagadores	62
2.5.1	Apagador de tres vías	63
2.5.2	Apagador de cuatro vías	67
2.6	Contactos	68
2.7	Portalámparas	71
2.8	Dispositivos para protección contra sobrecorrientes	73
	Fusibles	74
	<i>Fusible de tipo tapón con rosca</i>	74
	<i>Fusible tipo cartucho</i>	75
	<i>Localización de fallas en fusibles</i>	76
	<i>Interruptor termomagnético</i>	76
	<i>Ubicación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente</i>	78
2.9	Símbolos en instalaciones eléctricas	80
<b>Capítulo 3. Alambrado y diagramas de conexiones</b>		<b>91</b>

3.1	Introducción	91
3.2	El principio del alambrado y los diagramas de conexiones	92
	Los dibujos o planos para una instalación eléctrica	92
	Elaboración de los diagramas de alambrado	93
	Detalles de alambrado y diagramas de conexiones	94
3.3	Diagramas de conexiones y su alambrado	103
3.3.1	Alimentación a lámpara incandescente accionada con apagador de cadena	103
3.3.2	Lámpara incandescente controlada por un apagador sencillo	103
3.3.3	Alimentación a dos lámparas incandescentes controladas por un apagador sencillo	108
3.3.4	Alimentación a una lámpara incandescente controlada por un apagador sencillo con lámpara piloto	108
3.3.5	Alimentación de una lámpara controlada por un apagador sencillo y con alimentación a un contacto doble o a más contactos	110

3.3.6	Lámpara incandescente controlada por apagadores de tres vías y alimentación por lámpara	110
3.3.7	Instalación de un apagador de 4 vías con dos apagadores de 3 vías para controlar una lámpara de tres puntos	113
3.3.8	Instalación de lámparas fluorescentes	117
3.3.9	Instalación de elementos en baja tensión	121
3.3.10	Diagrama de conexiones de sistemas de bombeo	127
3.3.11	Herramientas para el alambrado de las instalaciones eléctricas	131

<b>Capítulo 4. Cálculo de instalaciones eléctricas residenciales</b>		<b>141</b>
4.1	Introducción	141
4.2	Determinación de los requisitos para una instalación eléctrica	142
4.3	Cálculo de la carga	144
4.4	Circuitos derivados y alimentadores	150
4.5	Salidas	152
4.6	Cálculo de la carga en los circuitos derivados	152
4.7	Relación entre los planos eléctricos y los conductores que alimentan las salidas	160
4.8	Conductores alimentadores	164
4.9	Estimación del material necesario para las instalaciones eléctricas y trámites para proyectos de construcción	172

<b>Capítulo 5. Instalaciones eléctricas en edificios de viviendas</b>		<b>187</b>
---	--	------------

5.1	Introducción	187
5.2	Circuitos derivados y alimentadores	188
5.2.1	Cálculo de alimentadores por el método estándar	190
5.2.2	Cálculos para el caso de varios departamentos	192
5.2.3	Características del servicio de alimentación	194
5.2.4	El método opcional de cálculo para edificios con varios departamentos	195
5.3	Presentación de planos para las instalaciones eléctricas en edificios de departamentos	196
5.4	Notas relativas a las instalaciones eléctricas de edificios de viviendas	205
5.5	Instalaciones en grandes edificios de viviendas	212
5.5.1	Sistemas de alimentación	213
5.5.2	Instalación de elevadores	216

5.5.3	Instalaciones eléctricas para elevadores de maniobra universal	219
5.5.4	Instalaciones para televisión	225
5.5.5	Instalaciones para televisión sencillas y colectivas	233

239

## CAPITULO 1

# *Conceptos básicos de electricidad para instalaciones eléctricas*

## Bibliografía general

- 1.1 INTRODUCCIÓN
- 1.2 PARTES DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO
- 1.3 CORRIENTE ELÉCTRICA
- 1.4 VOLTAJE O DIFERENCIA DE POTENCIAL
- 1.5 CONCEPTO DE RESISTENCIA ELÉCTRICA
- 1.6 LEY DE OHM
- 1.7 POTENCIA Y ENERGÍA ELÉCTRICA
- 1.8 CIRCUITOS EN CONEXIÓN SERIE
- 1.9 CIRCUITOS EN CONEXIÓN PARALELO
- 1.10 CIRCUITOS EN CONEXIÓN SERIE-PARALELO
- 1.11 CONCEPTO DE CAÍDA DEL VOLTAJE

### 1.1 INTRODUCCION

En el cálculo de las instalaciones eléctricas prácticas, ya sean del tipo residencial, industrial o comercial, se requiere del conocimiento básico de algunos conceptos de electricidad que permiten entender mejor los problemas específicos que plantean dichas instalaciones.

Desde luego que el estudio de estos conceptos es material de otros temas de electricidad relacionados principalmente con los circuitos eléctricos en donde se tratan con suficiente detalle. Sin embargo, en este capítulo sólo se estudia los conceptos mínimos requeridos para el proyecto de instalaciones eléctricas con un nivel de matemáticas elemental que prácticamente se reduce a la aritmética. La idea es que el material de esta obra lo puedan usar personas que de hecho no tengan conocimientos de electricidad por, un lado, y por el otro, sirva también a personas que necesiten hacer instalaciones eléctricas, sin importar su nivel de preparación en el tema.

## 1.2 PARTES DE UN CIRCUITO ELECTRICO

Todo circuito eléctrico práctico, sin importar qué tan simple o qué tan complejo sea, requiere de cuatro partes básicas:

- a) Una fuente de energía eléctrica que puede forzar el flujo de electrones (corriente eléctrica) a fluir a través del circuito.
- b) Conductores que transporten el flujo de electrones a través de todo el circuito.
- c) La carga, que es el dispositivo o dispositivos a los cuales se suministra la energía eléctrica.
- d) Un dispositivo de control que permita conectar o desconectar el circuito.

Un diagrama elemental que muestra estos cuatro componentes básicos de un circuito se muestra a continuación en la figura 1.1. La fuente de energía puede ser un simple contacto de una instalación eléctrica, una batería, un generador o algún otro dispositivo; de hecho, como se verá, se usan dos tipos de fuentes: de corriente alterna (CA) y de corriente directa (CD).

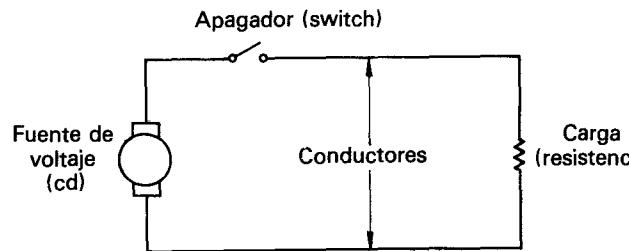


Figura 1.1

Otras representaciones elementales de un circuito eléctrico básico pueden ser las mostradas en las figuras 1.2 y 1.3:

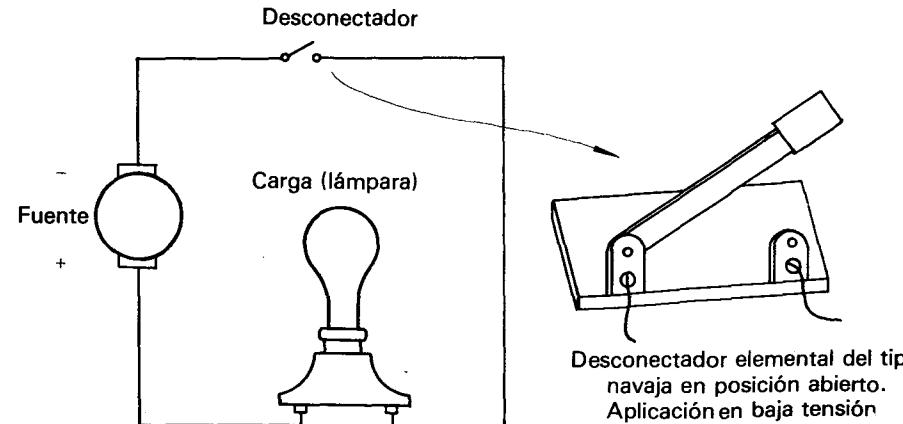


Figura 1.2

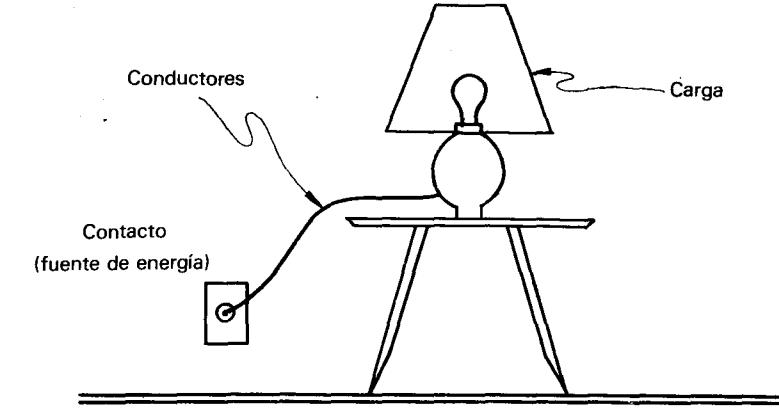


Figura 1.3 Circuitos eléctricos básicos

Por lo general, los conductores de cobre usados en las instalaciones eléctricas son alambres de cobre; se pueden usar también alambres de aluminio.

Cuando el dispositivo de control o desconectador (switch) está en posición de abierto no hay circulación de corriente o flujo de electrones; la circulación de corriente por los conductores ocurre cuando se cierra el desconectador.

La carga puede estar representada por una amplia variedad de dispositivos como lámparas (focos), parrillas eléctricas, motores, lavadoras, licuadoras, planchas eléctricas, etc.; más adelante se indica que se pueden usar distintos símbolos para representar las cargas; algunos de estos símbolos se muestran a continuación (figura 1.4).

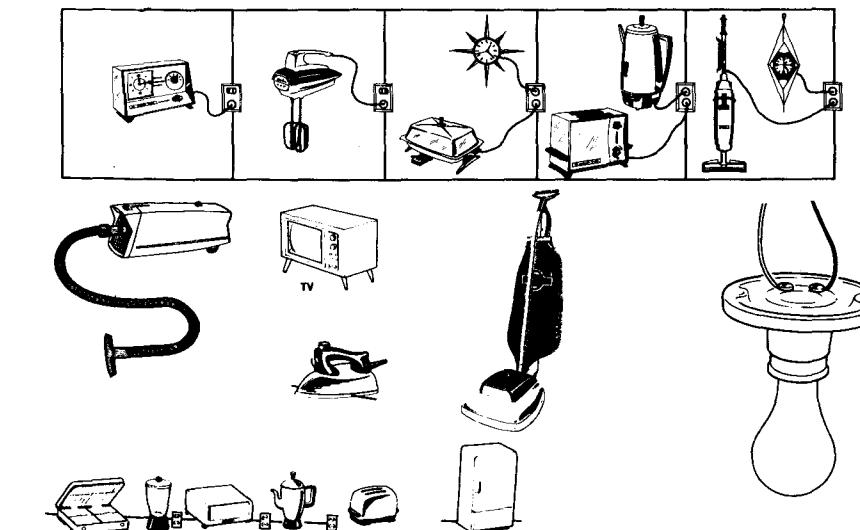


Figura 1.4 Algunos tipos de cargas.

## 1.3 CORRIENTE ELECTRICA

Para trabajar con circuitos eléctricos es necesario conocer la capacidad de conducción de electrones a través del circuito, es decir, cuántos electrones libres pasan por un punto dado del circuito en un segundo (1 Seg.).

A la capacidad de flujo de electrones libres se le llama *corriente* y se designa, en general, por la letra *I*, que indica la intensidad del flujo de electrones; cuando una cantidad muy elevada de electrones ( $6.24 \times 10^{18}$ ) pasa a través de un punto en un segundo, se dice que la corriente es de 1 Ampere.

### 1.3.1 Medición de la corriente eléctrica

Se ha dicho que la corriente eléctrica es un flujo de electrones a través de un conductor, debido a que intervienen los electrones, y éstos son invisibles. Sería imposible contar cuántos de ellos pasan por un punto del circuito en 1 segundo, por lo que para medir las corrientes eléctricas se dispone, afortunadamente, de instrumentos para tal fin conocidos como: *Ampérmetros*, *miliamperímetros*, o *microamperímetros*, dependiendo del rango de medición requerido, estos aparatos indican directamente la cantidad de corriente (medida en amperes) que pasa a través de un circuito.

En la figura 1.5 se muestra la forma típica de la escala de una ampémetro; se indica como escala 0-1A, siendo 1A el valor más alto de corriente por medir y el mínimo 0.1 A (100 mA).

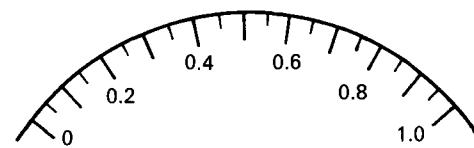


Figura 1.5

Generalmente, los ampérmetros tienen diferentes escalas en la misma carátula y por medio de un selector de escala se selecciona el rango apropiado.

Dado que un ampémetro mide la corriente que pasa a través de un circuito se conecta "en serie", es decir, extremo con extremo con otros componentes del circuito y se designa con la letra *A* dentro de un círculo (figura 1.6). Tratándose de medición de corriente en circuitos de corriente continua, se debe tener cuidado de conectar correctamente la polaridad, es decir que, por ejemplo, el punto de polaridad negativa del amperímetro se debe conectar al punto de polaridad negativa de la fuente o al lado correspondiente en el circuito (figura 1.7).

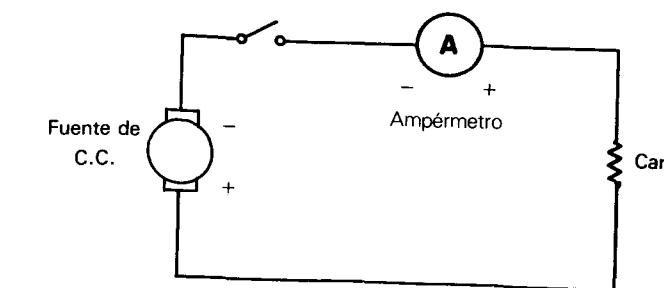


Figura 1.6

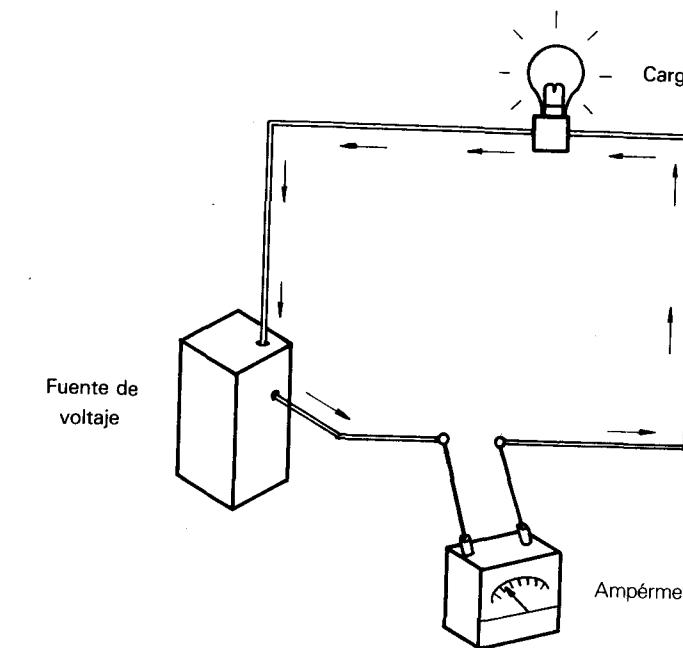


Figura 1.7

## 1.4 VOLTAJE O DIFERENCIA DE POTENCIAL

Cuando una fuente de energía eléctrica se conecta a través de las terminales de un circuito eléctrico completo, se crea un exceso de electrones libres en una terminal, y una deficiencia en el otro; la terminal que tiene exceso tiene carga negativa (-) y la que tiene deficiencia carga positiva (+).

En la terminal cargada positivamente, los electrones libres se encuentran más espaciados de lo normal, y las fuerzas de repulsión que actúan entre ellos se reducen. Esta fuerza de repulsión es una forma de energía potencial; también se le llama energía de posición.

Los electrones en un conductor poseen energía potencial y realizan un trabajo en el conductor poniendo a otros electrones en el conductor en una

nueva posición. Es evidente que la energía potencial de los electrones libres en la terminal positiva de un circuito es menor que la energía potencial de los que se encuentran en la terminal negativa; por tanto, hay una "diferencia de energía potencial" llamada comúnmente *diferencia de potencial*; esta diferencia de potencial es la que crea la "presión" necesaria para hacer circular la corriente.

Debido a que en los circuitos eléctricos las fuentes de voltaje son las que crean la diferencia de potencial y que producen la circulación de corriente, también se les conoce como *fuentes de fuerza electromotriz* (FEM). La unidad básica de medición de la diferencia de potencial es el *Volt* y por lo general, se designa con la letra V ó E y se mide por medio de aparatos llamados *vóltmetros* que se conectan en paralelo con la fuente (figura 1.8).

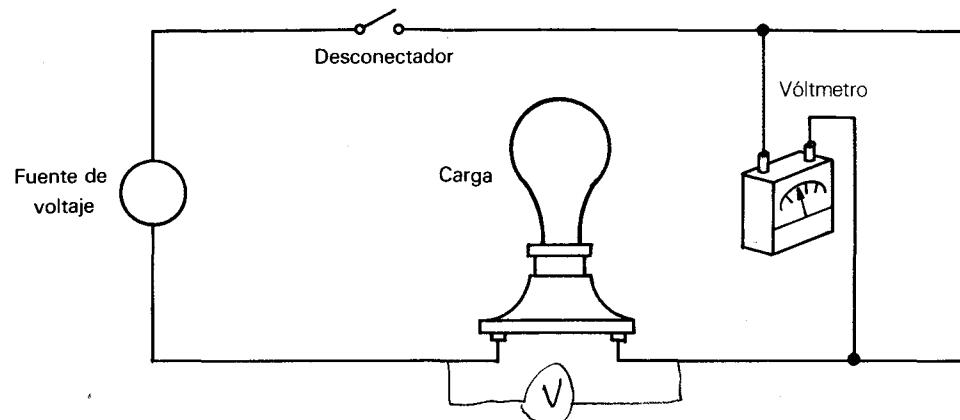


Figura 1.8 Conexión de un voltmetro

## 1.5 EL CONCEPTO DE RESISTENCIA ELECTRICA

Debido a que los electrones libres adquieren velocidad en su movimiento a lo largo del conductor, la energía potencial de la fuente de voltaje se transforma en energía cinética; es decir, los electrones adquieren energía cinética (la energía de movimiento). Antes de que los electrones se desplacen muy lejos, se producen colisiones con los *iones* del conductor. Un ion es simplemente un átomo o grupo de átomos que por la pérdida o ganancia de electrones libres ha adquirido una carga eléctrica. Los iones toman posiciones fijas y dan al conductor metálico su forma o característica. Como resultado de las colisiones entre los electrones libres y los iones, los electrones libres ceden parte de su energía cinética en forma de *calor* o energía calorífica a los iones.

Al pasar de un punto a otro en un circuito eléctrico, un electrón libre produce muchas colisiones y, dado que la corriente es el movimiento de electrones libres, las colisiones se oponen a la corriente. Un sinónimo de

*oponer* es *resistir*, de manera que se puede establecer formalmente que la *resistencia* es la propiedad de un circuito eléctrico de oponerse a la corriente.

La unidad de la resistencia es el ohm y se designa con la letra R; cuando la unidad ohm es muy pequeña se puede usar el kilohm, es igual a 1000 ohms.

Todas las componentes que se usan en los circuitos eléctricos, tienen alguna resistencia, siendo de particular interés en las instalaciones eléctricas la resistencia de los conductores.

Cuatro factores afectan la resistencia metálica de los conductores: 1) su longitud, 2) el área o sección transversal, 3) el tipo de material del conductor y 4) la temperatura.

La resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud; es decir, que a mayor longitud del conductor el valor de la resistencia es mayor.

La resistencia es inversamente proporcional al área o sección (grueso) del conductor; es decir, a medida que un conductor tiene mayor área su resistencia disminuye.

Para la medición de la resistencia se utilizan aparatos denominados óhmetros que contienen su fuente de voltaje propia que normalmente es una batería. Los óhmetros se conectan al circuito al que se va a medir la resistencia, cuando el circuito está desenergizado.

La resistencia se puede medir también por medio de aparatos llamados multímetros que integran también la medición de voltajes y corrientes. La resistencia también se puede calcular por método indirecto de voltaje y corriente.

## 1.6 LEY DE OHM

En 1825, un científico alemán, George Simon Ohm, realizó experimentos que condujeron al establecimiento de una de las más importantes leyes de los circuitos eléctricos. Tanto la ley como la unidad de resistencia eléctrica lleva su nombre en su honor.

Las tres maneras de expresar la ley de Ohm son las siguientes:

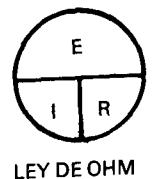
$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Voltaje}}{\text{Corriente}} ; R = \frac{E}{I}$$

$$\text{Corriente} = \frac{\text{Voltaje}}{\text{Resistencia}} ; I = \frac{E}{R}$$

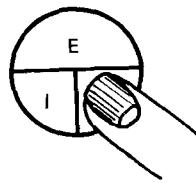
$$\text{Voltaje} = \text{Resistencia} \times \text{corriente}; E = R \times I$$

Dado que la ley de Ohm presenta los conceptos básicos de la electricidad, es importante tener práctica en su uso; por esta razón se pueden usar

diferentes formas gráficas de ilustrar esta ley simplificando notablemente su aplicación como se presentan en la figura 1.9 y 1.10.

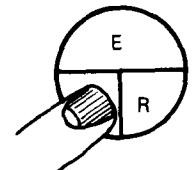


L LEY DE OHM

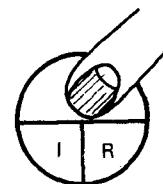


PARA CALCULAR LA RESISTENCIA

Figura 1.9



PARA CALCULAR LA CORRIENTE



PARA CALCULAR EL VOLTAJE

Figura 1.10

Algunos ejemplos simples permitirán comprender la aplicación y utilidad de la Ley de Ohm.

#### Ejemplo 1.1

Sea el voltaje  $E = 30V$  y la corriente  $I = 6A$ , ¿cuál es el valor de la resistencia  $R$ ?

#### Solución

$$R = \frac{E}{I} \text{ (cubriendo la } R \text{ de la figura con teorías se lee } E \text{ entre } I)$$

$$R = \frac{30}{6} = 5 \text{ ohms}$$

#### Ejemplo 1.2

Si la resistencia de un circuito eléctrico es  $R = 20$  ohms y el voltaje  $E = 100$  volts, calcular el valor de la corriente.

#### Solución

$$I = \frac{E}{R} = \frac{100}{20} = 5A$$

#### Ejemplo 1.3

Si el valor de la corriente en un circuito es de 5 A y la resistencia es de 20 ohms, ¿cuál es el valor del voltaje  $E$ ?

#### Solución

$$E = RI = 20 \times 5 = 100 \text{ volts}$$

#### 1.7 POTENCIA Y ENERGIA ELECTRICA

En los circuitos eléctricos la capacidad de realizar un trabajo se conoce como *la potencia*; por lo general se asigna con la letra  $P$  y en honor a la memoria de James Watt, inventor de la máquina de vapor, la unidad de potencia eléctrica es el watt; se abrevia w.

Para calcular la potencia en un circuito eléctrico se usa la relación

$$P = EI$$

Donde:  $P$  es la potencia en watts,  $E$  es el voltaje o fuerza electromotriz en volts y la corriente en amperes es  $I$ .

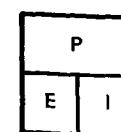
Es común que algunos dispositivos como lámparas, calentadores, secadoras, etc., expresen su potencia en watts, por lo que en ocasiones es necesario manejar la fórmula anterior en distintas maneras en forma semejante a la Ley de Ohm.

$$P = EI ; \text{ watts} = \text{volts} \times \text{amperes}$$

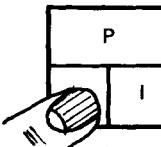
$$I = \frac{P}{E} ; \text{ amperes} = \frac{\text{watts}}{\text{volts}}$$

$$E = \frac{P}{I} ; \text{ volts} = \frac{\text{watts}}{\text{amperes}}$$

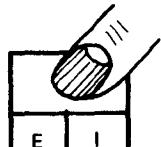
Un uso simplificado de estas expresiones es el de tipo gráfico como se muestra en la figura 1.11



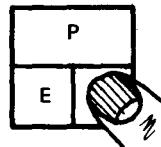
Ecuación de potencia



Voltaje



Potencia



Corriente

Figura 1.11

Supóngase que se tiene una lámpara (foco) incandescente conectada a 127 volts y toma una corriente de 0.47 A y su potencia es de (figura 1.12):

$$P = E \times I = 127 \times 0.47 = 60 \text{ watts.}$$

59,69

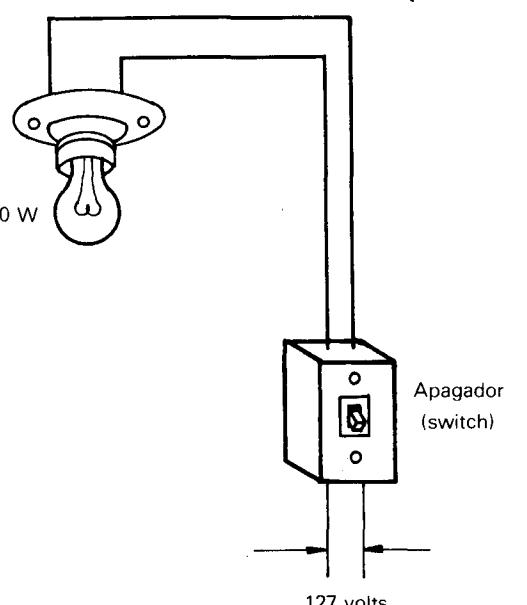


Figura 1.12

Debido a que la potencia es disipada por la resistencia de cualquier circuito eléctrico, es conveniente expresarla en términos de la resistencia ( $R$ ). De la ley de Ohm.

$E = IR$  de modo que si sustituye esta expresión en la fórmula  $P = EI$

se obtiene

$$P = I^2R$$

Se puede derivar otra expresión útil para la potencia sustituyendo

$$I = E/R$$

en la expresión:  $P = EI$ , quedando entonces.

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

Así, por ejemplo, si la lámpara tiene una resistencia de 271.6 ohms, su potencia se puede calcular a partir de su voltaje de operación como:

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{(127)^2}{271.6} = 60 \text{ watts}$$

#### Ejemplo 1.4

Cuál es el valor de potencia que consume y qué corriente circula por una lámpara que tiene una resistencia de 268.5 ohms y se conecta a una alimentación de 127 volts (figura 1.12).

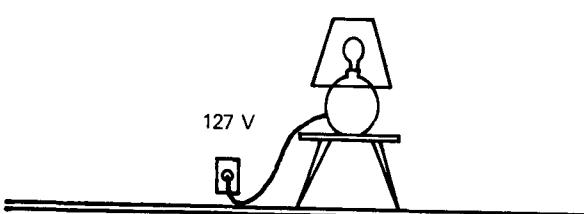


Figura 1.13

#### Solución

El circuito equivalente es el siguiente (figura 1.14):

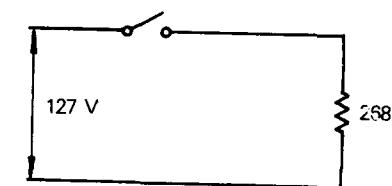


Figura 1.14

La potencia consumida es:

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{(127)^2}{268.5} = 60 \text{ watts}$$

La corriente que circula es:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{(127)}{268.5} = 0.47 \text{ A.}$$

93001

### Ejemplo 1.5

En una parrilla eléctrica están ilegibles algunos datos de placa y no se puede leer la potencia, pero cuando se conecta a una alimentación de 127 volts demanda una corriente de 11.81A, calcular la resistencia y potencia de la parrilla (figura 1.15).

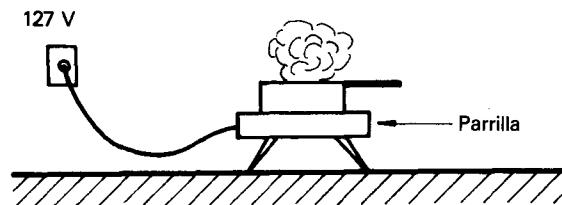


Figura 1.15

### Solución

El circuito equivalente para la alimentación y la parrilla es el siguiente (figura 1.16):

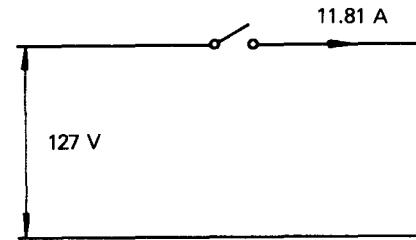


Figura 1.16

De acuerdo con la ley de Ohm la resistencia es:

$$R = \frac{E}{I} = \frac{127}{11.81} = 10.75 \text{ ohms}$$

La potencia que consume es entonces:

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{(127)^2}{10.75} = 1500 \text{ watts}$$

### Medición de la potencia

De acuerdo con lo estudiado hasta esta parte, se podrá observar que la potencia en la carga se puede calcular a partir de lecturas por separado de corriente y voltaje ya que  $P = EI$ . Sin embargo, existen aparatos de lectura

directa denominados wáttmetros que son muy útiles, particularmente en los circuitos de corriente alterna; el wáttmetro denominado electrodinámico se puede usar tanto en circuitos de corriente continua como de corriente alterna.

Dentro de un wáttmetro se tienen dos bobinas, una de corriente y una de voltaje, y para facilitar su uso se acostumbra indicar con una marca de polaridad los puntos de conexión para facilitar más su uso (figuras 1.17 y 1.18).

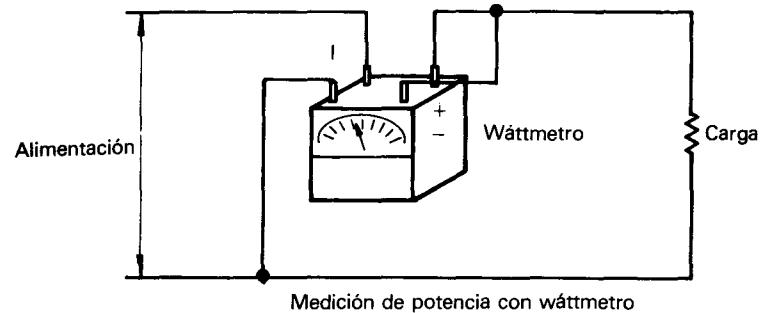
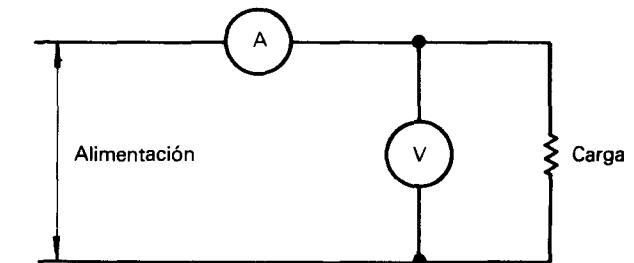


Figura 1.17



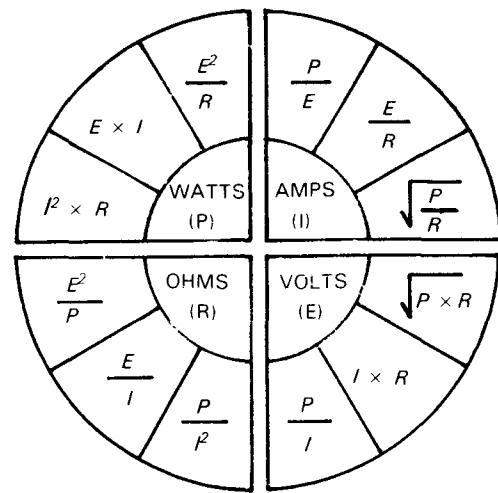
Cálculo de potencia con ampémetro y voltímetro ( $P = EI$ )

Figura 1.18

Debido a que la unidad de potencia, el *watt*, es muy pequeña, se acostumbra usar los múltiplos de 1 000 watts o kilowatts (kw).

$$1\,000 \text{ watts} = 1 \text{ kilowatt}$$

Un resumen de las expresiones de la ley de Ohm y para el cálculo de la potencia se da en la figura 1.19 que se puede aplicar con mucha facilidad para cálculos prácticos.



Las expresiones que se muestran fuera de cada cuadrante son iguales a las cantidades mostradas en el centro del cuadrante.

Figura 1.19

### La energía eléctrica

La potencia eléctrica consumida durante un determinado período se conoce como la energía eléctrica y se expresa como watts-hora o kilowatts-hora; la fórmula para su cálculo sería:

$$P = E \times I \times t$$

siendo  $t$  el tiempo expresado en horas.

Para medir la energía eléctrica teórica consumida por todos los dispositivos conectados a un circuito eléctrico, se necesita saber qué tanta potencia es usada y durante qué período; la unidad de medida más común es el kilowatt-hora (kwh), por ejemplo si tiene una lámpara de 250 watts que trabaja durante 10 horas la energía consumida por la lámpara es:

$$250 \times 10 = 2500 \text{ watts-hora} = 2.5 \text{ kwh}$$

El kilowatt-hora es la base para el pago del consumo de energía eléctrica. Para ilustrar esto supóngase que se tienen 6 lámparas cada una de 100 watts que operan 8 horas durante 30 días y el costo de la energía eléctrica es de \$ 0.50 (ciencuenta centavos) por kilowatt-hora. El costo para operar estas lámparas es:

$$\text{Potencia total} = 6 \times 100 = 600 \text{ watts}$$

$$\text{la energía diaria} = 600 \times 8 = 4800 = 4.8 \text{ kw-h}$$

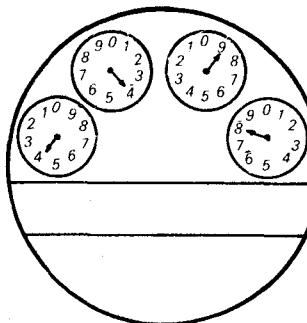
$$\text{para 30 días} = 4.8 \times 30 = 144 \text{ kwh}$$

$$\text{el costo} = \text{kwh} \times \text{tarifa} = 144 \times 0.5 = \$ 72.00$$

El dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica es el kilowatthorímetro que, por lo general, se instala en todas las casas habitación y del cual representantes de la empresa eléctrica de suministro, en el caso de la República Mexicana, por elementos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), toman lecturas mensual o bimestralmente. El cobro de la energía consumida se hace sobre la base de la diferencia entre cada dos períodos de lectura, por ejemplo supóngase que la lectura actual es un kilowatthorímetro es de 2 850 y en la lectura anterior se midió 2 340, entonces el cargo por consumo de energía eléctrica se hace sobre la diferencia de las lecturas, es decir:

$$\text{Consumo} = 2850 - 2340 = 510 \text{ kwh}$$

Por lo general, los kilowatthorímetros tienen cuatro carátulas como se muestra en la figura 1.20.



Kilowatthorímetro

Figura 1.20

Los kilowatthorímetros se leen de izquierda a derecha, las carátulas primera y tercera se leen en sentido contrario a las manecillas del reloj, en tanto que la segunda y cuarta se leen en el sentido de las manecillas del reloj.

La lectura que se mide está determinada por el último número que la aguja ha pasado por cada carátula. Por ejemplo en la figura anterior, en la primera carátula el primer número pasado es el 4, en el segundo la aguja está en el 4 pero no lo ha pasado aún, por lo que se toma como lectura 3, en la tercera carátula el número pasado es 8 y en la cuarta el 7, por lo que la lectura tomada es: 4 387 kwh.

### 1.8 CIRCUITOS EN CONEXIÓN SERIE

Los circuitos eléctricos en las aplicaciones prácticas pueden aparecer con sus elementos conectados en distinta forma, una de éstas es la llamada co-

nexión serie; un ejemplo de lo que significa una conexión serie en un circuito eléctrico son las llamadas "series de navidad", que son un conjunto de pequeños focos conectados por conductores y que terminan en una clavija.

La corriente en estas series circula por un foco después de otro antes de regresar a la fuente de suministro, es decir, que en una conexión serie circula la misma corriente por todos los elementos (figura 1.21).

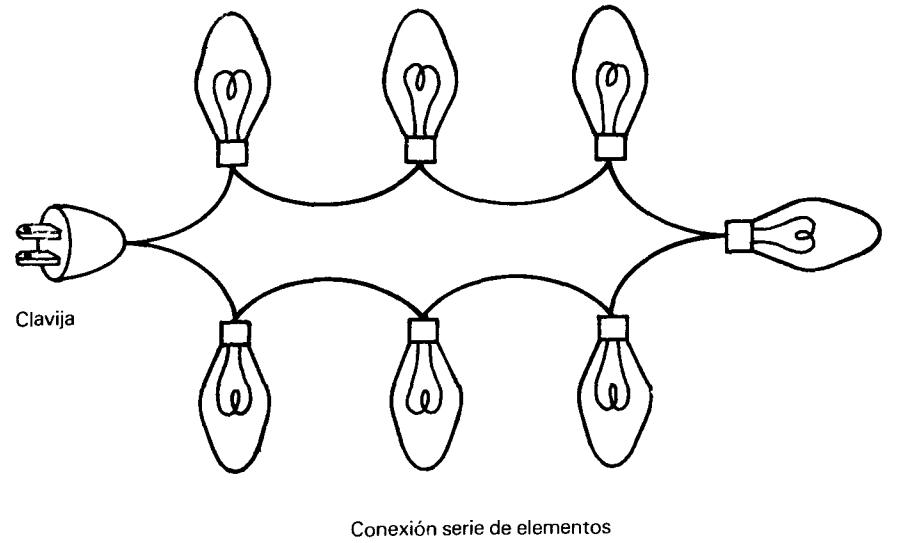


Figura 1.21

Un circuito equivalente de la conexión serie de focos de navidad (es el siguiente:) se presenta en la figura 1.22.

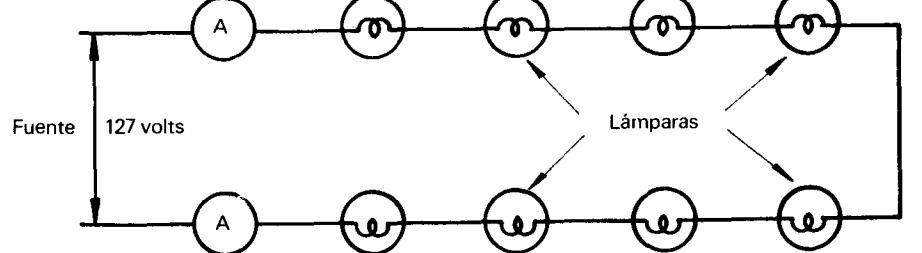


Figura 1.22

Con relación a los circuitos conectados en serie se deben tener ciertas características:

1. La corriente que circula por todos los elementos es la misma; esto se puede comprobar conectando amperímetros en cualquier parte del circuito y observando que la lectura es la misma.
2. Si en el caso particular de la serie de focos de navidad, se quita cualquier foco, se interrumpe la circulación de corriente. Es decir, que si algún elemento se desconecta, se interrumpe la corriente en todo el circuito.
3. La magnitud de la corriente que circula es inversamente proporcional a la resistencia de los elementos conectados al circuito y la resistencia total del circuito es igual a la suma de las resistencias de cada uno de los componentes (figura 1.23).

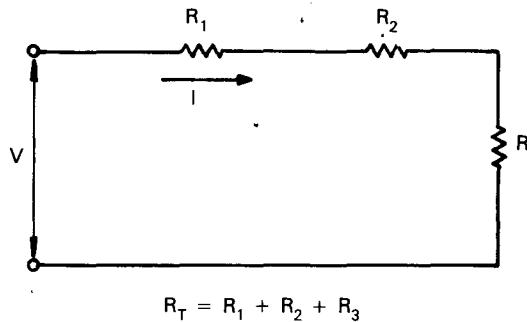


figura 1.23

4. El voltaje total aplicado es igual a la suma de las *caídas de voltaje* en cada uno de los elementos de circuito (Figura 1.24).

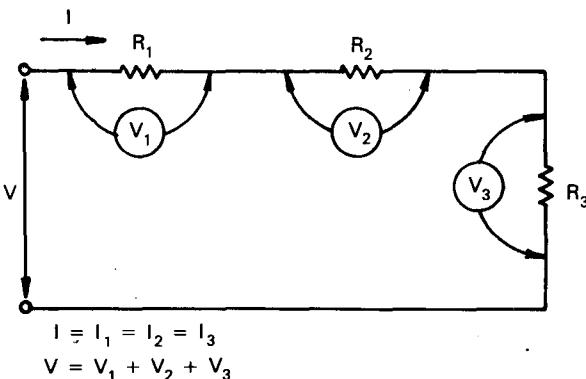


Figura 1.24

$V_1$ ,  $V_2$  y  $V_3$  representan las caídas de voltaje en cada elemento.

**Ejemplo 1.6**

Calcular la corriente que circula por dos lámparas de 60 watts conectadas en serie y alimentadas a 127 volts, cada lámpara tiene una resistencia de 268.5 ohms (figura 1.25).

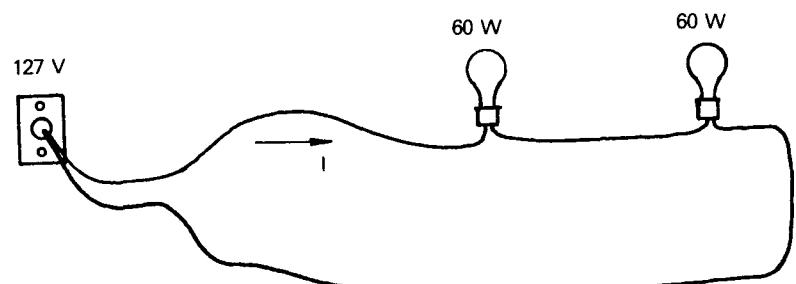


Figura 1.25

**Solución**

La corriente se calcula como:

$$I = \frac{E}{R_T}$$

Donde  $R_T$  es la resistencia equivalente del circuito (figura 1.26):

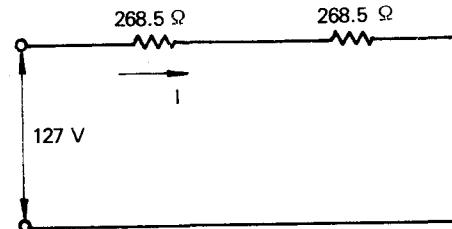


Figura 1.26

$$R_T = 268.5 + 268.5 = 537 \text{ ohms}$$

$$I = \frac{127}{537} = 0.24 \text{ A}$$

**1.9 CIRCUITOS EN CONEXION PARALELO**

La mayoría de las instalaciones eléctricas prácticas tienen a sus elementos (cargas) conectadas en paralelo; muestra una conexión paralelo (figura 1.27).

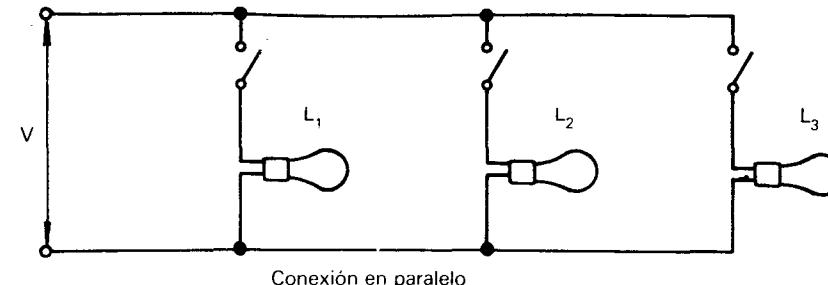


Figura 1.27

En el circuito anterior cada lámpara está conectada en un sub-circuito del total, que conecta al total de las lámparas con la fuente de alimentación.

Las características principales de los circuitos conectados en paralelo son:

1. La corriente que circula por los elementos principales o trayectorias principales del circuito es igual a la suma de las corrientes de los elementos en derivación, también llamadas ramas en paralelo.

Esto se ilustra en la figura 1.28.

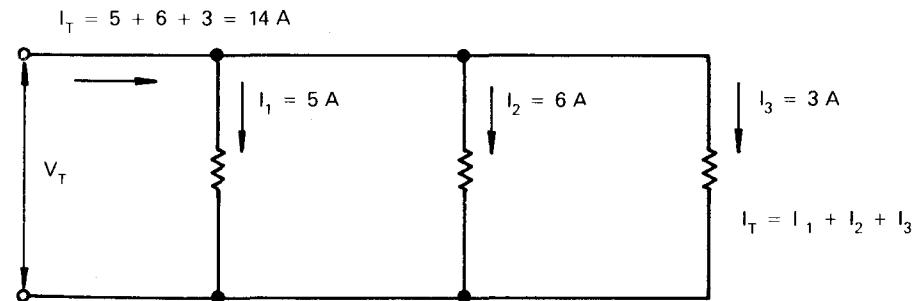


Figura 1.28

2. A diferencia de los circuitos conectados en serie, si por alguna razón hay necesidad de remover o desconectar alguno de los elementos en paralelo, esto no afecta a los otros, es decir, no se interrumpe el flujo de corriente. Por esto, esta conexión es la que se usa más en instalaciones eléctricas.

Debe observarse que la corriente total que circula por el circuito en paralelo, depende del número de elementos que estén conectados en paralelo.

3. El voltaje en cada uno de los elementos en paralelo es igual e igual al voltaje de la fuente de alimentación.

El resumen de las principales características de los circuitos conectados en paralelo se da en la figura 1.29.

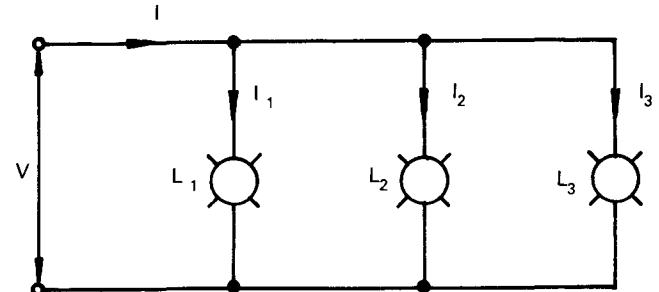


Figura 1.29

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

La resistencia total del circuito se calcula como:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

#### Ejemplo 1.7

En la figura siguiente se tiene un circuito alimentado a 127 volts con corriente alterna; además tiene conectado en paralelo a los siguientes elementos:

- 1 lámpara de 60 watts
- 1 lámpara de 75 watts
- 1 plancha de 1 500 watts
- 1 parrilla eléctrica de 1 000 watts

Se desea calcular la resistencia equivalente y la corriente total del circuito (figura 1.30).

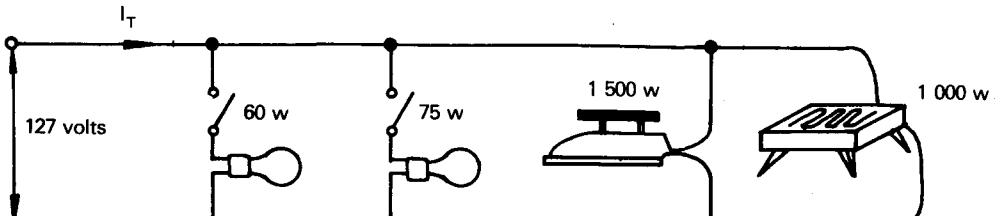


Figura 1.30

$$I_1 = 0.47 A$$

$$I_2 = 0.31 A$$

$$I_3 = 11.81 A$$

#### Solución

La resistencia de la lámpara de 60 w es de acuerdo con las fórmulas indicadas.

$$R_1 = \frac{E^2}{P} = \frac{127 \times 127}{60} = 269 \text{ ohms}$$

Para la lámpara de 75 w

$$R_2 = \frac{E^2}{P} = \frac{127 \times 127}{75} = 215 \text{ ohms}$$

Para la plancha el valor de la resistencia es:

$$R_3 = \frac{E^2}{P} = \frac{127 \times 127}{1\,500} = 10.75 \text{ ohms}$$

Para la parrilla eléctrica:

$$R_4 = \frac{E^2}{P} = \frac{127 \times 127}{1\,000} = 16.15 \text{ ohms}$$

La resistencia equivalente de los cuatro elementos en paralelo es:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{269} + \frac{1}{215} + \frac{1}{10.75} + \frac{1}{16.15}$$

$$\frac{1}{R} = 0.163$$

Por tanto:

$$R = \frac{1}{0.163} = 6.123 \text{ ohms}$$

El circuito equivalente se ilustra en la figura 1.31

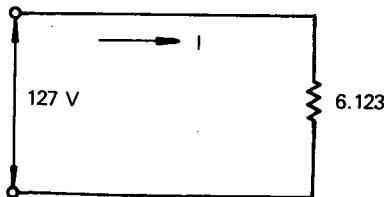


Figura 1.31

La corriente total al circuito es:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{127}{6.123} = 20.741 \text{ A}$$

La corriente total se puede calcular como la suma de las corrientes que demanda cada aparato.

La corriente de la lámpara 1 es:

$$I_1 = \frac{P_1}{E} = \frac{60}{127} = 0.472 \text{ A}$$

La corriente en la lámpara 2

$$I_2 = \frac{P_2}{E} = \frac{75}{127} = 0.591 \text{ A}$$

La corriente que demanda la plancha

$$I_3 = \frac{P_3}{E} = \frac{1500}{127} = 11.81 \text{ A}$$

La corriente que demanda la parrilla eléctrica

$$I_4 = \frac{P_4}{E} = \frac{1000}{127} = 7.87 \text{ A}$$

La corriente total para alimentar todas las cargas es:

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0.472 + 0.591 + 11.81 + 7.87 = 20.743 \text{ A}$$

## 1.10 CIRCUITOS EN CONEXION SERIE-PARALELO

Los llamados circuitos serie-paralelo son fundamentalmente una combinación de los arreglos serie y paralelo y de hecho combinan las características de ambos tipos de circuitos ya descritas. Por ejemplo, un circuito típico en conexión serie-paralelo es el que se muestra en la figura 1.32.

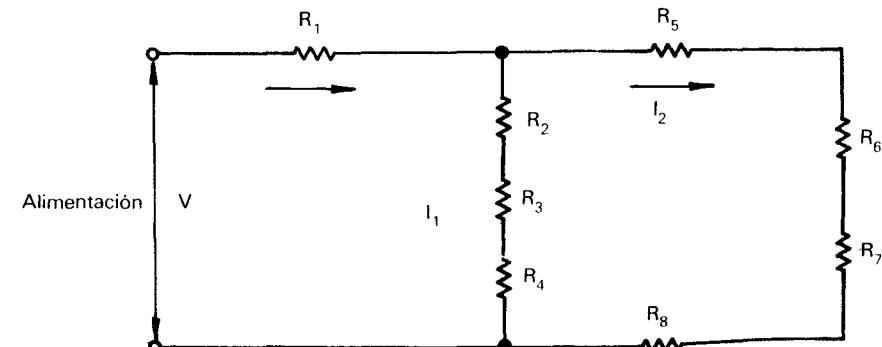


Figura 1.32

En este circuito las resistencias  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_4$  están en serie y forman una rama del circuito, mientras que las resistencias  $R_5$ ,  $R_6$  y  $R_7$ , también están en serie y forman otra rama del circuito, digamos la rama 2, ambas ramas están en paralelo y la rama resultante está en serie con la resistencia  $R_1$ . Esto se puede explicar con mayor claridad con un ejemplo.

### Ejemplo 1.8

Calcular la corriente total que se alimenta al circuito serie-paralelo mostrado en la figura 1.33 con los datos indicados.

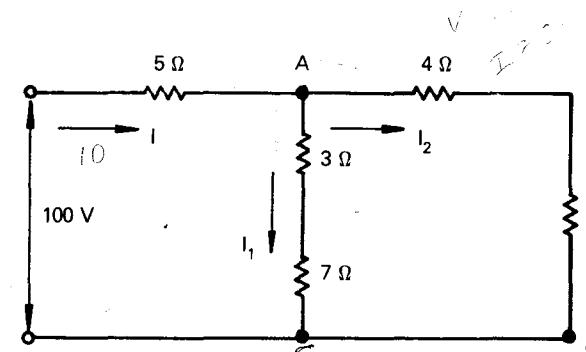


Figura 1.33

### Solución

Para el ramal AB los elementos se encuentran conectados en serie de manera que la resistencia equivalente es:

$$R_{e1} = 4 + 6 = 10 \Omega$$

Para el ramal AC también se tienen las resistencias en serie y la resistencia equivalente es (figura 1.34).

$$R_{e2} = 3 + 7 = 10 \Omega$$

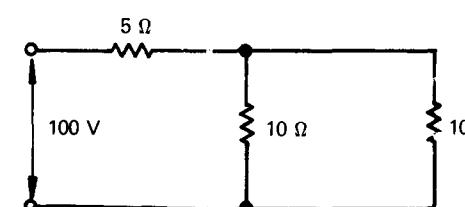


Figura 1.34

Ahora, se tienen dos ramas con resistencias de 10 ohms cada una en paralelo, por lo que la resistencia equivalente de estas dos ramas es:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{e_1}} + \frac{1}{R_{e_2}} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = 0.2$$

$$R = 5 \text{ ohms.}$$

El nuevo circuito equivalente es (figura 1.35):

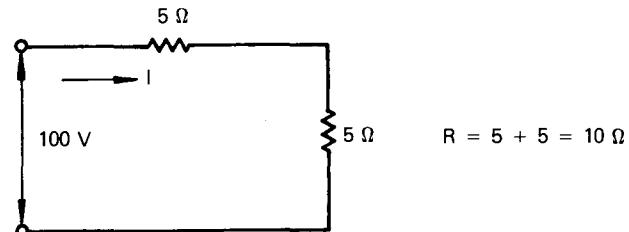


Figura 1.35

La corriente total es:

$$I = \frac{100}{10} = 10 \text{ A}$$

## 1.11 EL CONCEPTO DE CAIDA DE VOLTAJE

Cuando la corriente fluye por un conductor, parte del voltaje aplicado se " pierde" en superar la resistencia del conductor. Si esta pérdida es excesiva y es mayor de cierto porcentaje que fija el reglamento de obras e instalaciones eléctricas, lámparas y algunos otros aparatos eléctricos tienen problemas en su operación.

Por ejemplo, las lámparas (incandescentes) reducen su brillantez o intensidad luminosa, los motores eléctricos de inducción tienen problemas para arrancar y los sistemas de calefacción reducen su calor producido a la salida.

Para calcular la caída del voltaje se puede aplicar la Ley de Ohm que se ha estudiado con anterioridad en su forma  $E = R \times I$ . Por ejemplo, si la resistencia de un conductor es 0.5 ohms y la corriente que circula por él es de 20 A, la caída de voltaje es:

$$E = R \times I = 0.5 \times 20 = 10 \text{ Volts}$$

Para el caso de los conductores usados en instalaciones eléctricas, se usa la designación norteamericana de la AWG (American Wire Gage) que

designa a cada conductor por un número o calibre y que está relacionado con su tamaño o diámetro, como se estudia en el capítulo 2. A cada calibre del conductor le corresponde un dato de su resistencia, que normalmente está expresada en ohms por cada metro de longitud, lo que permite calcular la resistencia total del conductor como:

$$R = r \times L$$

$r$  = resistencia en ohms/metro

$L$  = longitud total del conductor

Por ejemplo, la caída de voltaje en un conductor de cobre forrado con aislamiento TW del No. 12 AWG por el que va a circular una corriente de 10 A y que tiene una longitud total de 100 m con un valor de resistencia obtenido de tablas de 5.39 ohms/kilómetros se calcula como:

$$E = R \times I$$

Donde la resistencia total es:

$$R = r \times L$$

$$r = 5.39 \text{ ohms/Km} = 5.39/1\ 000 = 0.00539 \text{ ohms/metro}$$

Para  $L = 100$  metros

$$R = 0.00539 \times 100 = 0.539 \text{ ohms.}$$

Por lo que la caída de voltaje es:

$$E = R \times I = 0.539 \times 10 = 5.39 \text{ volts.}$$

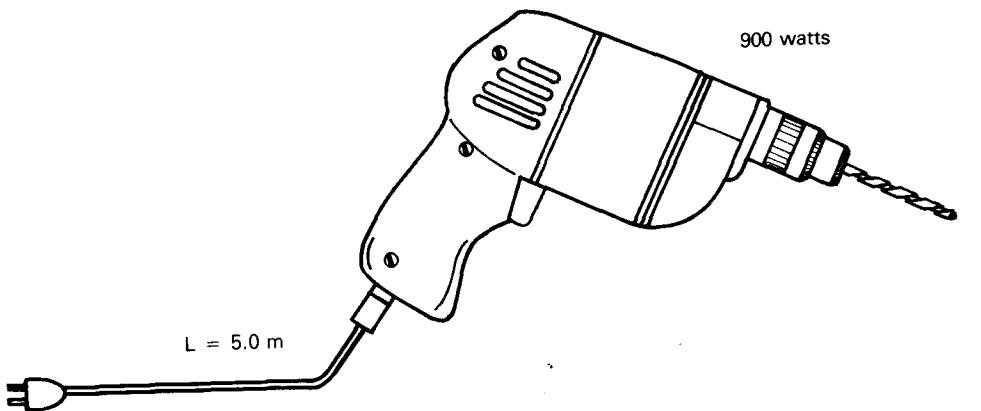
### NOTA:

*Para datos de resistencia de conductores de cobre*

Consultar la tabla 1.4 de las "Normas Técnicas para instalaciones eléctricas" SEPAFIN, parte I, 1981.

### Ejemplo 1.9

Calcular la caída de voltaje en el conductor TW del No. 14 AWG que alimenta a un taladro de 900 watts a 127 volts, si tiene 5 m de longitud.

**Solución**

La corriente que demanda el taladro es:

$$I = \frac{P}{E} = \frac{900}{127} = 7.1 \text{ A}$$

La resistencia del conductor No. 14 AWG según la referencia mencionada en el párrafo anterior es:  $r = 8.27 \text{ ohms/km}$ , es decir:  $r = 0.00827 \text{ ohms/metro}$ , de manera que la resistencia total para la longitud del cable es:

$$R = r \times L = 0.00827 \times 5 = 0.0414 \text{ ohms}$$

La caída del voltaje es entonces:

$$E = R \times I = 0.0414 \times 7.1 = 0.294 \text{ Volts.}$$

**CAPITULO 2**

## *Elementos y símbolos en las instalaciones eléctricas*

- 2.1 INTRODUCCION
- 2.2 CONDUCTORES
- 2.3 TUBO CONDUIT
- 2.4 CAJAS Y ACCESORIOS PARA CANALIZACIÓN CON TUBO
- 2.5 APAGADORES
- 2.6 CONTACTOS
- 2.7 PORTALÁMPARAS
- 2.8 DISPOSITIVOS PARA PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTES
- 2.9 LOS SÍMBOLOS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

### **2.1 INTRODUCCION**

En las instalaciones eléctricas residenciales o de casas-habitación, cualquier persona que se detenga a observar podrá notar que existen varios elementos, algunos visibles o accesibles y otros no.

El conjunto de elementos que intervienen desde el punto de alimentación de la empresa suministradora hasta el último punto de una casa-habitación en donde se requiere el servicio eléctrico, constituye lo que se conoce como las componentes de la instalación eléctrica.

En el capítulo anterior se mencionó que un circuito eléctrico está constituido en su forma más elemental por una fuente de voltaje o de alimentación, los conductores que alimentan la carga y los dispositivos de control o apagadores. De estos elementos se puede desglozar el resto de las componentes de una instalación eléctrica práctica, ya que por ejemplo los conductores eléctricos normalmente van dentro de tubos metálicos o de PVC que se conocen genéricamente como tubos Conduit; los apagadores se encuentran montados sobre cajas; las lámparas se alimentan de cajas metálicas similares a las usadas en los apagadores y también en los contactos y asociados a estos elementos se tienen

otras componentes menores, así como toda una técnica de selección y montaje.

Por otra parte, todos los elementos usados en las instalaciones eléctricas deben cumplir con ciertos requisitos, no sólo técnicos, también de uso y presentación, para lo cual se deben acatar las disposiciones que establecen "Las normas técnicas para instalaciones eléctricas parte I", editadas por SEPAFIN.

## 2.2 CONDUCTORES

En las instalaciones eléctricas residenciales los elementos que proveen las trayectorias de circulación de la corriente eléctrica son conductores o alambres forrados con un material aislante, desde luego que el material aislante es no conductor, con esto se garantiza que el flujo de corriente sea a través del conductor. El material que normalmente se usa en los conductores para instalaciones eléctricas es el cobre y se aplican en el caso específico de las instalaciones eléctricas residenciales dentro de la categoría de las instalaciones de "Baja tensión" que son aquellas cuyos voltajes de operación no exceden a 1 000 volts entre conductores o hasta 600 volts a tierra.

### 2.2.1 Calibre de conductores

Los calibres de conductores dan una idea de la sección o diámetro de los mismos y se designan usando el sistema norteamericano de calibres (AWG) por medio de un número al cual se hace referencia, sus otras características como son diámetro área, resistencia, etc., la equivalencia en  $\text{mm}^2$  del área se debe hacer en forma independiente de la designación usada por la America Wire Gage (AWG). En nuestro caso, siempre se hará referencia a los conductores de cobre.

Es conveniente notar que en el sistema de designación de los calibres de conductores usado por la AWG, a medida que el número de designación es más grande la sección es menor.

La figura 2.1 da una idea de los tamaños de los conductores sin aislamiento.

Para la mayoría de las aplicaciones de conductores en instalaciones eléctricas residenciales, las calibres de conductores de cobre que normalmente se usan son los designados por No. 12 y No. 14 (figura 2.2). Las calibres 6 y 8 que se pueden encontrar, ya sea como conductores sólidos o cable, se aplican para instalaciones industriales o para manejar alimentaciones a grupos de casas-habitación (departamentos).

La figura 2.3 da una idea de la presentación de los conductores de un solo alambrado forrado como los usados en las instalaciones residenciales:

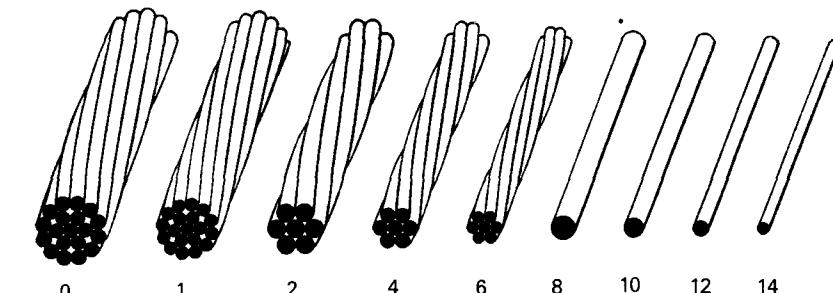


Figura 2.1 Calibres de conductores desnudos designación A W G.

Por lo general, los aislamientos de los conductores son a base de hule o termoplásticos y se les da designaciones comerciales con letras. La recomendación para su uso se da en la tabla 302.3 de las normas técnicas para instalaciones eléctricas de SEPAFIN y se reproducen en la tabla 2.1.

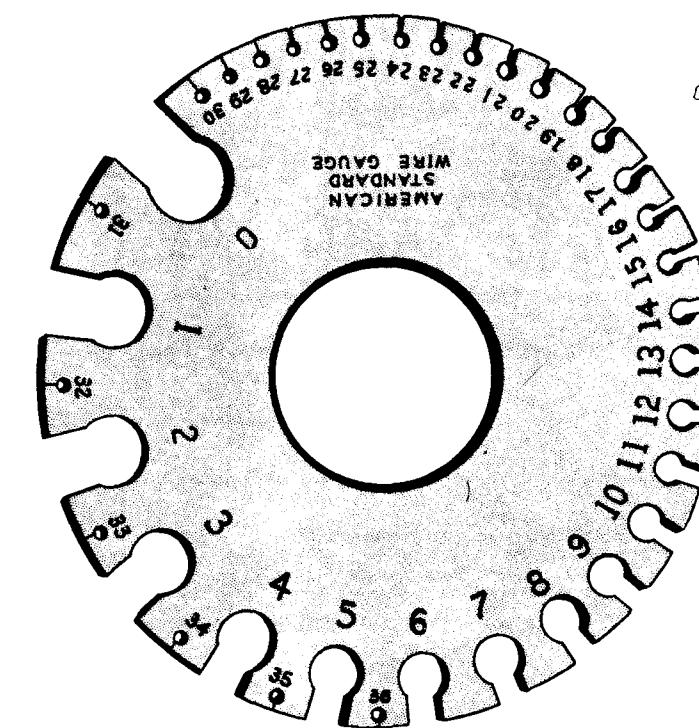


Figura 2.2 Calibrador o galga para conductores eléctricos. Mientras mayor es el número, menor es el diámetro del conductor eléctrico.

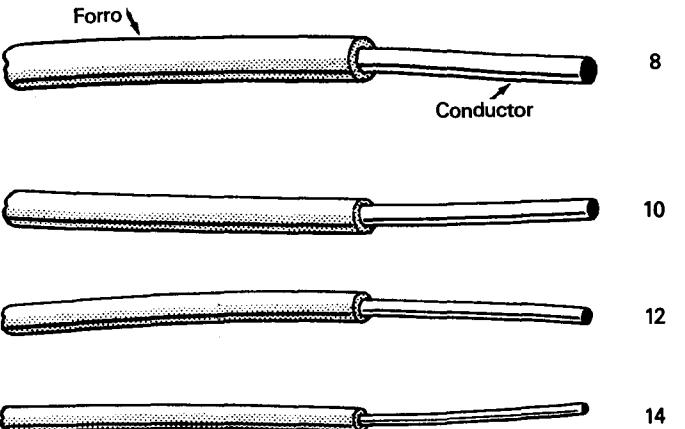


Figura 2.3 Conductores de un solo alambre forrados.

TABLA 2.1 Clasificación de conductores eléctricos y sus aislamientos

Nombre comercial	Tipo	Temp. Max. en °C	Material aislante	Cubierta exterior	Utilización
Hule resistente al calor	RH	75	Hule resistente al calor	Resistente a la humedad, retardadora de la llama, no metálica.	Locales secos
Hule resistente al calor	RHH	90	Hule resistente al calor		Locales secos
Hule resistente al calor y a la humedad	RHW	75	Hule resistente al calor y a la humedad	Resistente a la humedad, retardadora de la llama, no metálica	Locales húmedos y secos
Hule látex, resistente al calor	RUH	75	90% hule no molido, sin grano	Resistente a la humedad, retardadora de la llama, no metálica	Locales secos
Hule látex, resistente a la humedad	RUW	60	90% hule no molido, sin grano	Resistente a la humedad, retardadora de la llama, no metálica	Locales húmedos y secos
Termoplástico	T	60	Compuesto termoplástico, retardador de la llama	Ninguna	Locales secos
Termoplástico resistente a la humedad	TW	60	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la llama	Ninguna	Locales húmedos y secos
Termoplástico resistente al calor	THHN	90	Termoplástico, resistente al calor, retardador de la llama	Nylon o equivalente	Locales secos
Termoplástico resistente al calor y la humedad	THW	75	Termoplástico, resistente al calor, y a la humedad, retardador de la llama	Ninguna	Locales secos y húmedos
		90		Ninguna	Aplicaciones especiales dentro de equipos de alumbrado de destello. Límite a 1000 V o menos en circuito abierto
Termoplástico, resistente al calor y la humedad,	THWN	75	Termoplástico, resistente al calor y la humedad, retardador de la llama	Nylon o equivalente	Locales húmedos y secos

TABLA 2.1 (Continuación).

Nombre comercial	Tipo	Temp. Max. en °C	Material aislante	Cubierta exterior	Utilización
Poliétileno vulcanizado resistente a la humedad y al calor	XHHW	75 90	Poliétileno vulcanizado, retardador de la llama	Ninguna	Locales húmedos Locales secos
Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y al aceite	MTW	60 90	Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y al aceite retardador de la llama	Ninguna o Nylon	Alambrado de Máquinas herramientas en locales húmedos
					Alambrado de Máquinas herramientas en locales secos
Termoplástico y asbesto	TA	90	Termoplástico y asbesto	No metálica y retardadora de la llama	Alambrado de tableros solamente
Termoplástico y malla exterior fibrosa	TBS	90	Termoplástico	No metálica, retardadora de la llama	Alambrado de tableros solamente
Sintético resistente al calor	SIS	90	Hule resistente al calor	Ninguna	Alambrado de tableros solamente
Aislamiento mineral (cubierta metálica)	MI	85	Oxido de Magnesio Cobre	Cobre	Locales húmedos y secos
		250		Cobre	Aplicaciones Especiales
Conductor monofásico para alimentador o circuito derivado en instalación subterránea	UF	60 75	Resistente a la humedad Resistente al calor y la humedad	Integral al aislamiento	Para uso subterráneo, directamente enterrado, como alimentador o circuitos derivados con protección de sobrecorriente adecuada
Conductor monofásico para servicios de acometida subterránea	USE	75	Resistente al calor y la humedad	No metálica, resistente a la humedad	Acometidas subterráneas, como alimentador o circuitos derivados subterráneos
Silicón y asbesto	SA	90 125	Hule Silicón	Asbesto o fibra de vidrio	Locales secos
		90			Aplicaciones Especiales
Etileno Propileno Fluorinado	FEP FEPB	90 200	Etileno Propileno Fluorinado	Ninguna	Locales secos
				Malla de fibra de Vidrio o de Asbesto	Locales secos-Aplicaciones Especiales
Cambray Barnizado	V	85	Cambray Barnizado	No metálica o de Plomo	Locales secos
Cambray Barnizado y Asbesto	AVA	110	Cambray Barnizado y Asbesto Impregnados	Malla de Asbesto o fibra de Vidrio	Locales secos solamente
		110		Cubierta de Plomo	Locales húmedos y secos
Asbestos	AVB	90	Cambray Barnizado y Asbestos Impregnados	Malla de Algodón retardadora de llama (alambrado de tableros)	Locales secos únicamente
		200		Sin malla de Asbesto	Locales secos. Solamente para guías dentro de aparatos o en tuberías de alimentación conectadas a estos aparatos. Limitados a 300 Volts
Papel	AIA	125	Asbesto Impregnado	Con malla de Asbesto o de fibra de vidrio	Locales secos. Solamente para guías dentro de aparatos, en tuberías conectadas a aparatos, en alambrado abierto
					Para conductores de servicio subterráneo y distribución

Los conductores usados en instalaciones eléctricas deben cumplir con ciertos requerimientos para su aplicación como son:

1. Límite de tensión de aplicación; en el caso de las instalaciones residenciales es 1 000 V.
2. Capacidad de conducción de corriente (Ampacidad) que representa la máxima corriente que puede conducir un conductor para un calibre dado y que está afectada principalmente por los siguientes factores:
  - a) Temperatura.
  - b) Capacidad de disipación del calor producido por las pérdidas en función del medio en que se encuentra el conductor, es decir, aire o en tubo conduit.
3. Máxima caída de voltaje permisible de acuerdo con el calibre de conductor y la corriente que conducirá; se debe respetar la máxima caída de voltaje permisible recomendada por el reglamento de obras e instalaciones eléctricas y que es del 3% del punto de alimentación al punto más distante de la instalación.

Algunos datos de los conductores de cobre usados en las instalaciones eléctricas se dan en la tabla 2.2 (tomados de las Normas Técnicas para instalaciones eléctricas 1981).

**TABLA 2.2** Dimensiones de los conductores eléctricos desnudos.

Calibre	Sección		Diámetro	
A. W. G. K. C. M.	C. M.	MM <sup>2</sup>	PULGS.	MM
20	1022	0.5176	0.03196	0.812
18	1624	0.8232	0.04030	1.024
16	2583	1.3090	0.05082	1.291
14	4107	2.0810	0.06408	1.628
12	6530	3.3090	0.08081	2.053
10	10380	5.2610	0.1019	2.588
8	16510	8.3670	0.1285	3.264
6	26250	13.3030	0.1620	4.115
4	41740	21.1480	0.2043	5.189
3	52630	26.6700	0.2294	5.827
2	66370	33.6320	0.2576	6.543
1	83690	42.4060	0.2893	7.348

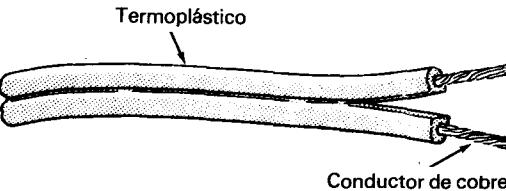
KCM = Miles de circular mil.

**TABLA 2.2 (Continuación)**

Calibre A. W. G. K. C. M.	Sección C. M.	Diámetro MM <sup>2</sup>	Diámetro PULGS.	Diámetro MM
0	105500	53.4770	0.3249	8.252
00	133100	67.4190	0.3648	9.266
000	167800	85.0320	0.4096	10.403
0000	211600	107.2250	0.4600	11.684
250		126.644	0.575	14.605
300		151.999	0.630	16.002
350		177.354	0.681	17.297
400		202.709	0.728	18.491
500		253.354	0.814	20.675
600		303.999	0.893	22.682
700		354.708	0.964	24.685
800		405.160	1.031	26.187
750		379.837	0.998	25.349
900		455.805	1.093	27.762
1000		506.450	1.152	29.260
1250		633.063	1.289	32.741
1500		759.677	1.412	35.865
1750		886.286	1.526	38.760
2000		1012.901	1.631	41.427

#### Cordones y cables flexibles

Los cordones y cables flexibles de dos o más conductores son aquellos cuya característica de flexibilidad los hacen indicados para aplicaciones en áreas y locales no peligrosos para alimentación de aparatos domésticos fijos, lámparas colgantes o portátiles, equipo portátil o sistemas de aire acondicionado (figura 2.4-2.11). En general, se usan para instalaciones eléctricas visibles en lugares secos y su calibre *no debe ser inferior al No. 18 AWG*.



**Figura 2.4** Cordón termoplástico

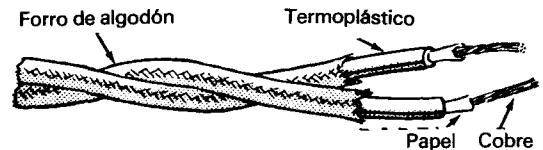


Figura 2.5 Cordón de lámpara trenzado

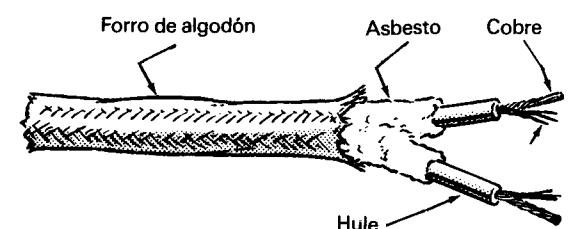


Figura 2.6 Cordón para calentadores

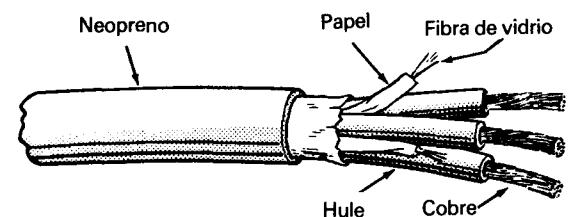


Figura 2.7 Cordón de potencia



Figura 2.8 Termostato



Figura 2.9 termostato

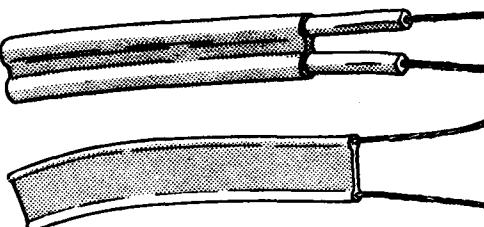


Figura 2.10 Para antena de T.V.



Figura 2.11 Intercomunicación.

## 2.3 TUBO CONDUIT

El tubo conduit es un tipo de tubo (de metal o plástico) que se usa para contener y proteger los conductores eléctricos usados en las instalaciones.

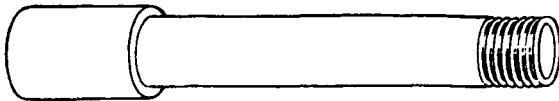
Los tubos conduit metálicos pueden ser de aluminio, acero o aleaciones especiales; a su vez, los tubos de acero se fabrican en los tipos pesados, semipesado y ligero, distinguiéndose uno de otro por el espesor de la pared.

### 2.3.1 Tubo conduit de acero pesado (pared gruesa)

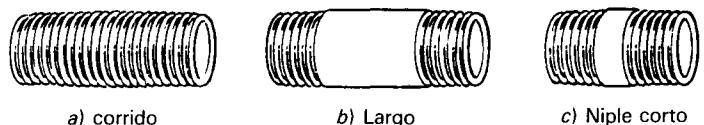
Estos tubos conduit (figura 2.12) se venden en forma galvanizada o con recubrimiento negro esmaltado, normalmente en tramos de 3.05 m de longitud con rosca en ambos extremos. Para este tipo de tubos se usan como conectores los llamados coples, niples (corto y largo) (figura 2.13), así como niples cerrados o de cuerda corrida. El tipo de herramienta que se usa para trabajar en tubos conduit de pared gruesa (figura 2.14) es el mismo que se usa para tuberías de agua en trabajos de plomería.

Se fabrican en secciones circulares con diámetros que van de 13 mm (1/2 pulgada) a 152.4 mm (6 pulgadas). La superficie interior en estos tubos, como en cualquiera de los otros tipos, debe ser lisa para evitar daños al aislamiento o a la cubierta de los conductores. Los extremos se deben escarrear para evitar bordes cortantes.

Los tubos rígidos (metálicos) de pared gruesa del tipo pesado y semipesado se pueden emplear en instalaciones visibles y cultas ya sea embebido



**Figura 2.12** Tubo conduit de pared gruesa



**Figura 2.13** Niples



**Figura 2.14** Conduit de pared gruesa longitud = 3.05 m. por tramo

en concreto o embutido en mampostería en cualquier tipo de edificios y bajo cualquier condición atmosférica. También se pueden usar directamente enterrados, recubiertos externamente para satisfacer condiciones más severas.

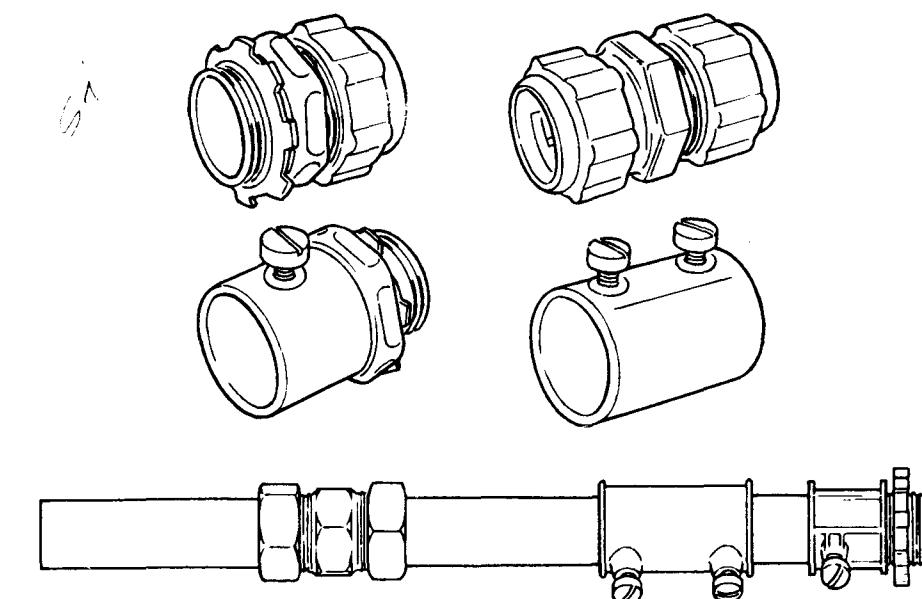
Cuando sea necesario hacer el doblado del tubo metálico rígido, se debe hacer con la herramienta apropiada para que no se produzcan grietas en su parte interna y no se reduzca su diámetro interno en forma apreciable.

Para conductores con aislamiento normal alojados en tubo conductor rígido, se recomienda que el radio interior de las curvas no sea menor que 6 veces el diámetro exterior del tubo. Cuando los conductores tienen cubierta metálica el radio de curvatura de las curvas puede ser hasta 10 veces el diámetro exterior del tubo.

El número de curvas en un tramo de tubería colocado entre dos cajas de conexiones consecutivas o entre una caja y en accesorio o entre dos accesorios se recomienda que no exceda a dos de 90° o bien su equivalente (180° en total).

### 2.3.2 Tubo conduit metálico de pared delgada

A este tubo (figura 2.15) se le conoce también como tubo metálico rígido ligero, su uso es permitido en instalaciones ocultas o visibles ya sea embebido en concreto o embutido en mampostería, en lugares de ambiente seco no expuesto a humedad o ambiente corrosivo.



**Figura 2.15** Tubo conduit de pared delgada y uniones

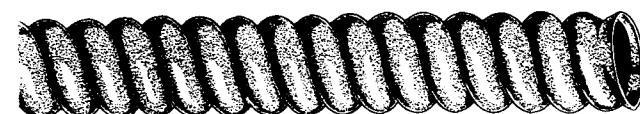
No se recomienda en lugares que durante su instalación o después de ésta se exponga a daño mecánico. Tampoco se debe usar directamente enterado o en lugares húmedos o mojados, así como en lugares clasificados como peligrosos.

El diámetro máximo recomendable para estos tubos es de 51 mm (2 pulgadas) y debido a que son de pared delgada, en estos tubos no se debe hacer roscado para atornillarse a cajas de conexión u otros accesorios, de modo que los tramos se deben unir por medio de accesorios de unión especiales.

### 2.3.3 Tubo conduit metálico flexible

Con esta designación se encuentra el tubo flexible (figura 2.16) común fabricado con cinta metálica engargolada (en forma helicoidal), sin ningún recubrimiento. A este tipo de tubo también se le conoce como "greenfield". No se recomienda su uso en diámetros inferiores a 13 mm (1/2 pulgada) ni superiores a 102 milímetros (4 pulgadas).

Para su aplicación se recomienda su uso en lugares secos donde no está expuesto a corrosión o daño mecánico, o sea que se puede instalar embutido en muro o ladrillo o bloques similares, así como en ranuras en concreto



**Figura 2.16** Tubo conduit flexible

No se recomienda su uso en lugares en donde se encuentre directamente enterrado o embebido en concreto; tampoco se debe usar en lugares expuestos a ambiente corrosivo. Su uso se acentúa en las instalaciones de tipo industrial como último tramo para conexión de motores eléctricos.

En el uso de tubo flexible el acoplamiento a cajas, ductos y gabinetes se debe hacer usando los accesorios apropiados para tal fin; además, cuando se use este tubo como canalización fija a un muro o estructura se deben usar para su montaje o fijación abrazadera, grapas o accesorios similares que no dañen al tubo, debiendo colocarse a intervalos no mayores de 1.50 m y a 30 cm como máximo, con respecto a cada caja o accesorio.

#### 2.3.4 Tubo conduit de plástico rígido (PVC)

Este tubo está clasificado dentro de los tubos conduit *no metálicos*; el tubo PVC es la designación comercial que se da al tubo rígido de policloruro de vinilo (PVC). También dentro de la clasificación de tubos no metálicos se encuentran los tubos de polietileno.

El tubo rígido de PVC debe ser autoextinguible, resistente al aplastamiento, a la humedad y a ciertos agentes químicos.

El uso permitido del tubo conduit rígido de PVC se encuentra en:

- Instalaciones ocultas.
- En instalaciones visibles en donde el tubo no esté expuesto a daño mecánico.
- En ciertos lugares en donde existen agentes químicos que no afecten al tubo y sus accesorios.
- En locales húmedos o mojados instalados de manera que no les penetre el agua y en lugares en donde no les afecte la corrosión que exista en medios de ambiente corrosivo.
- Directamente enterrados a una profundidad no menor de 0.50 m a menos que se proteja con un recubrimiento de concreto de 5 centímetros de espesor como mínimo de acuerdo con la normal técnica para instalaciones eléctricas (Parte I).

El tubo rígido de PVC no se debe usar en las siguientes condiciones (tabla 2.3):

- En locales o áreas que estén considerados como peligrosos.
- Para soportar luminarias u otros equipos.
- En lugares en donde la temperatura del medio más la producida por los conductores no exceda a 70°C.

Los tubos rígidos de PVC se deben soportar a intervalos que no excedan a los que se indican en la tabla 2.4

**TABLA 2.3** Dimensiones de tubos conduit

Diámetro Nominal M.N.	En Pulgs.	Diámetro Interior		Área Interior	
		M.N.	En Pulgs.	M.M. <sup>2</sup>	Pulg. <sup>2</sup>
13	1/2	15.81	0.622	196	0.30
19	3/4	21.30	0.824	356	0.53
25	7	26.50	1.049	552	0.86
32	1 1/4	35.31	1.380	979	1.50
38	1 1/2	41.16	1.610	1331	2.04
51	2	52.76	2.067	2186	3.36
63	2 1/2	62.71	2.469	3088	4.79
76	3	77.93	3.168	4769	7.28
89	3 1/2	90.12	3.548	6378	9.90
102	4	102.26	4.026	8213	12.72

**Tabla 2.4**

Diámetro del tubo (mm)	Distancia entre apoyos (m)
13 y 19 mm	1.20
25 a 51 mm	1.50
63 a 76 mm	1.80
89 a 102 mm	2.10

*Nota:* El tubo Conduit de PVC se fabrica en diámetros de 13 mm (1/2 pulgada) a 102 mm (4 pulg.)

## 2.4 CAJAS Y ACCESORIOS PARA CANALIZACION CON TUBO (CONDULETS)

En los métodos modernos para instalaciones eléctricas de casas-habitación, todas las conexiones de conductores o uniones entre conductores se deben realizar en cajas de conexión aprobadas para tal fin y se deben instalar en donde puedan ser accesibles para poder hacer cambios en el alambrado.

Por otra parte, todos los apagadores y salidas para lámpara se deben encontrar alojados en cajas, igual que los contactos.

Las cajas son metálicas y de plástico según se usen para instalación con tubo conduit metálico o con tubo de PVC o polietileno. Las cajas metálicas se fabrican de acero galvanizado de cuatro formas principalmente: cuadradas, octagonales, rectangulares y circulares; se fabrican en varios anchos, profundidad y perforaciones para acceso de tubería; hay perforaciones en las casas laterales y en el fondo. En las figuras 2.17-2.22 se muestran algunos tipos de cajas de conexión.

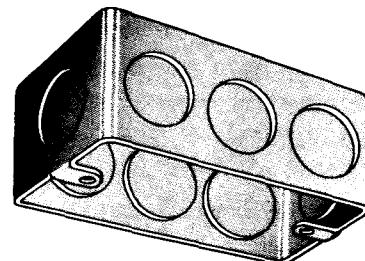
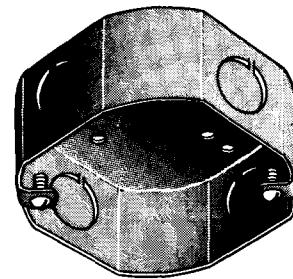
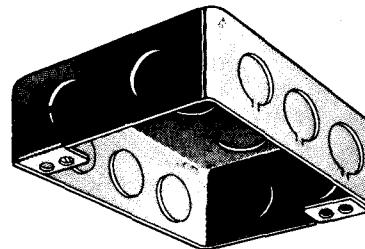


Figura 2.17 Cajas de conexión.

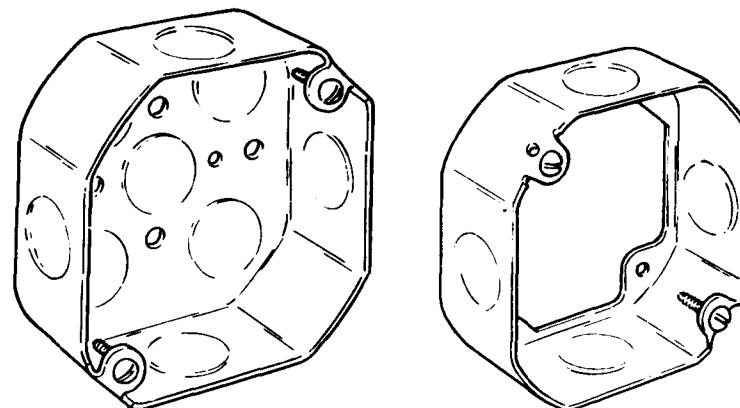


Figura 2.18 Octagonal

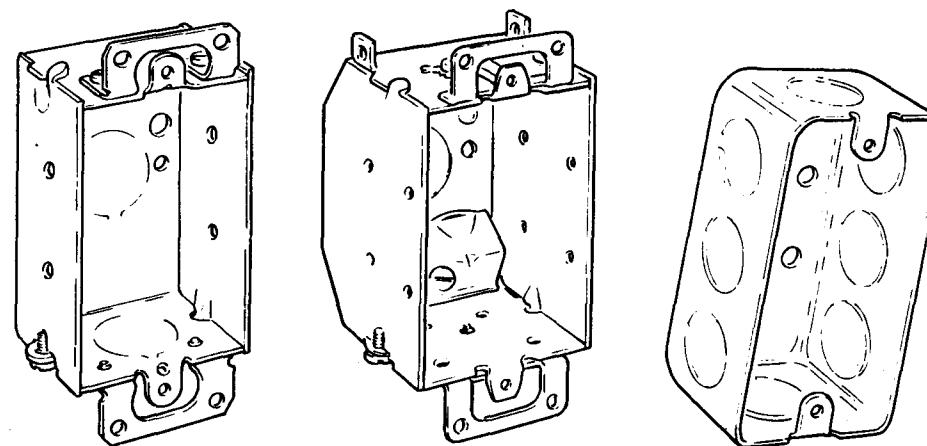


Figura 2.19 Rectangular

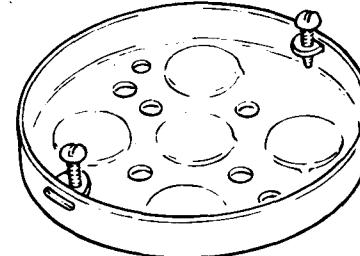


Figura 2.20 Circular o redonda

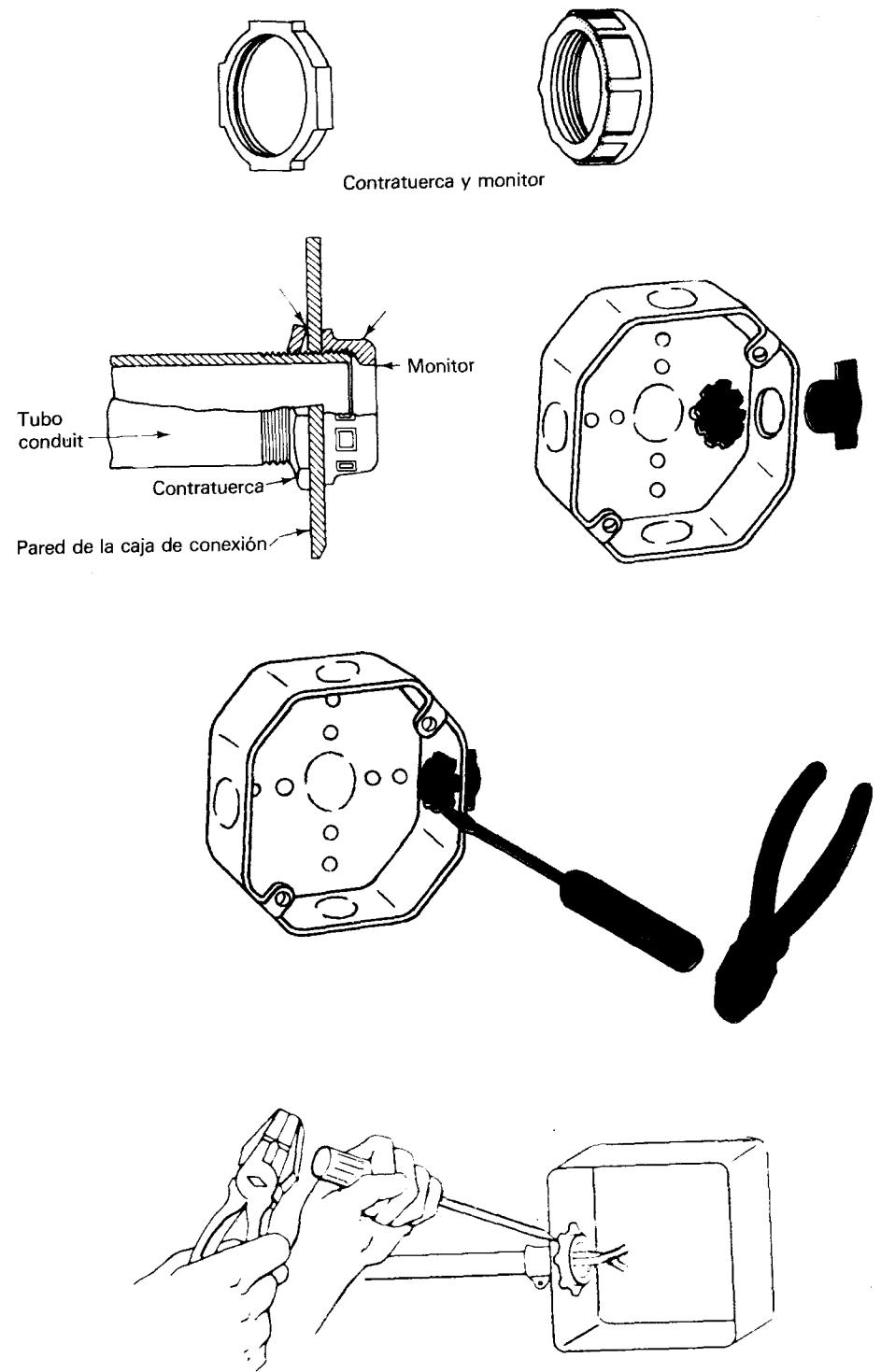


Figura 2.21 Técnica de montaje de contratuercas y monitores.

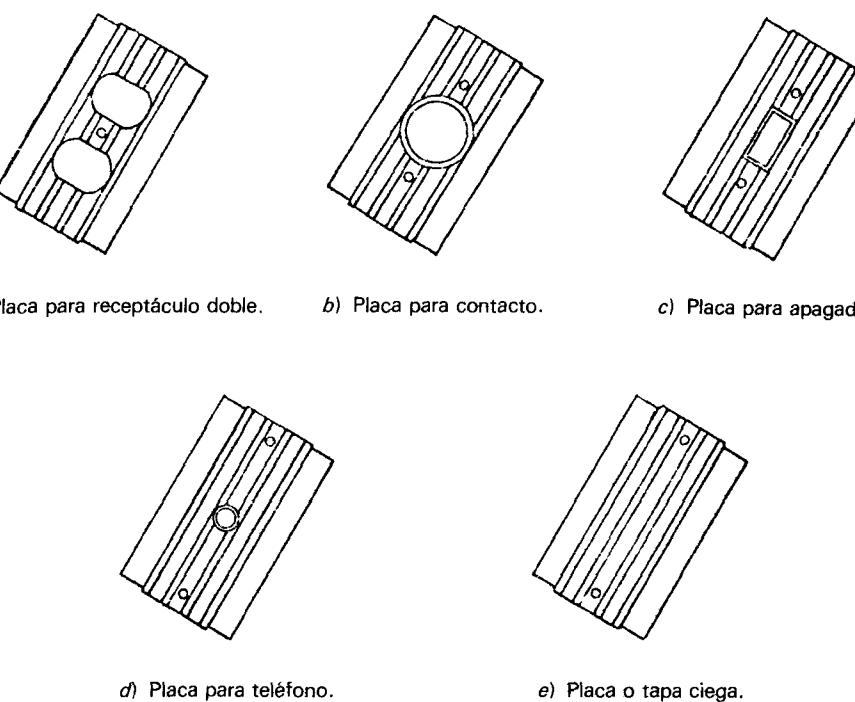


Figura 2.22 Algunas formas de tapas para cajas de algunas aplicaciones en instalaciones eléctricas de casas habitación.

Tabla 2.5 Número máximo de conductores en tubo conduit

DIÁMETRO DE LA TUBERIA (Pulgadas)		$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{4}$	4	$4\frac{1}{2}$	5	6	
TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE CONDUCTOR AWG-KCM	13 mm	19 mm	25 mm	32 mm	38 mm	51 mm	63 mm	76 mm	89 mm	102 mm	114 mm	127 mm	152 mm	
TW, T, RUH, RUW, XHHW (14 hasta 8)	14 12 10 8	9 7 5 2	15 12 9 4	25 19 15 7	44 35 26 12	60 47 36 17	99 78 60 28	142 111 85 40	171 131 176 62	176 127 84 84	108 108 108 108				
RHW and RHH (sin cubierta exterior) THW	14 12 10 8	6 4 4 1	10 8 6 3	16 13 19 5	29 24 26 10	40 32 43 13	65 53 61 22	93 76 61 32	143 117 95 49	192 157 127 66	133 163 106 85				
TW, T, THW, RUH (6 a 2) RUW (6 a 2)	6 4 3 2 1		1 1 1 1 1	2 3 2 2 3	4 5 4 5 4	7 5 4 5 4	10 7 6 9 6	16 12 10 9 6	23 17 15 13 9	36 27 23 20 14	48 36 31 27 19	62 47 40 34 25	78 58 50 43 31	97 73 63 54 39	
FEPB (6 a 2) RHW RHH (sin cubierta exterior)	0 00 000 0000				1 1 1 1	1 1 1 1	2 3 2 3	3 5 4 5	5 7 6 7	8 10 6 10	12 14 9 13	16 18 12 13	21 18 15 16	27 23 19 20	33 41 35 29

**TABLA 2.5 (Continuación)**

DIAMETRO DE LA TUBERIA (Pulgadas)		$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{4}$	4	$4\frac{1}{4}$	5	6		
THWN,	250			1	1	1	2	4	6	8	10	13	16	23
	300			1	1	1	2	3	5	7	9	11	14	20
	350			1	1	1	1	3	4	6	8	10	12	18
	400			1	1	1	1	2	4	5	7	9	11	16
	500			1	1	1	1	3	4	6	7	9	14	
	600					1	1	1	3	4	5	6	7	11
	700					1	1	1	2	3	4	5	7	10
	750					1	1	1	2	3	4	5	6	9
	14	13	24	39	69	94	154							
	12	10	18	29	51	70	114	164						
THHN, FEP (14 a 2) FEPB (14 a 3) PFA (14 a 4/0) PFAH (14 a 4/0)	10	6	11	18	32	44	73	104	160					
	8	3	5	9	16	22	36	51	79	106	136			
	6		1	4	6	11	15	26	37	57	76	98	125	154
	4		1	2	4	7	9	16	22	35	47	60	75	94
	3		1	1	3	6	8	13	19	29	39	51	64	80
	2		1	1	3	5	7	11	16	25	33	43	54	67
	1		1	1	3	5	8	12	18	25	32	40	50	72
	0		1	1	3	4	7	10	15	21	27	33	42	61
	00		1	1	2	3	6	8	13	17	22	28	35	51
	000		1	1	1	3	5	7	11	14	18	23	29	42
Z(14 a 4/0) XHHW (14 a 500 KCM)	0000		1	1	1	2	4	6	9	12	15	19	24	35
	250					1	1	1	3	4	7	10	12	16
	300					1	1	1	3	4	6	8	11	13
	350					1	1	1	2	3	5	7	9	12
	400					1	1	1	3	5	6	8	10	13
	500					1	1	1	2	4	5	7	9	11
	600					1	1	1	1	3	4	5	7	9
	700					1	1	1	1	3	4	5	6	8
	750					1	1	1	2	3	4	6	7	11
	6	1	3	5	9	13	21	30	47	63	81	102	128	185
RHW,	600		1	1	1	3	4	5	7	9	11	13	15	
	700			1	1	1	3	4	5	7	9	11	13	
	750			1	1	1	2	3	4	6	7	10	12	
	14	3	6	10	18	25	41	58	90	121	155			
RHH (con cubierta exterior)	12	3	5	9	15	21	35	50	77	103	132			
	10	2	4	7	13	18	29	41	64	86	110	138		
	8	1	2	4	7	9	16	22	35	47	60	75	94	137
	6		1	1	2	5	6	11	15	24	32	41	51	64
	4		1	1	1	3	5	8	12	18	24	31	39	50
	3		1	1	1	3	4	7	10	16	22	28	35	44
	2		1	1	1	3	4	6	9	14	19	24	31	38
	1		1	1	1	3	5	7	11	14	18	23	29	42
	0		1	1	1	2	4	6	9	12	16	20	25	37
	00		1	1	1	3	5	8	11	14	18	22	32	
250	000		1	1	1	3	4	7	9	12	15	19	24	28
	0000		1	1	1	2	4	6	8	10	13	16	24	
	250					1	1	1	3	5	6	8	11	19
	300					1	1	1	3	4	5	7	9	17
	350					1	1	1	2	4	5	6	8	15
	400					1	1	1	1	3	4	6	7	14
	500					1	1	1	1	3	4	5	6	11
	600					1	1	1	2	3	4	5	6	9
	700					1	1	1	1	3	3	4	6	8
	750					1	1	1	1	3	3	4	5	8

**TABLA 2.6 Cantidad de conductores admisibles en un tubo conduit de PVC corrugado**

Calibre	Vinanel Nylon, TWH						T, Vinanel 900 TW, RVH					
	A. W. G. Y K. C. M.	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	3/4"	1"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
14		9	19		33		6	13		23		
12		6	14		24		5	10		18		
10		4	9		16		3	8		14		
8		2	5		9		1	4		7		
6		1	3		5			2		4		
4		1	1		3			1		3		
2					1		2			1		1
1/0							1					1
2/0							1					

NOTA: Del calibre 6 al 2/0 es cable.

**TABLA 2.7 Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de acero de pared gruesa y tipo comercial**

Calibre AWG y KCM	Vinanel nylon, RH, RWH						Vinanel 900 y TW, T, TWH						
	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
14	16	26	42						11	18	30		
12	12	20	31	53					9	14	23	39	
10	8	12	20	34	46				6	11	17	30	40
8	4	7	11	20	27	44			3	6	9	16	21
6	3	4	7	12	16	27	40		1	3	5	8	11
4	1	2	4	7	10	16	25	38		1	3	6	8
2	1	3	5	7	12	17	27	46		1	2	4	6
1/0	1	3	4	7	11	17	29			1	2	3	6
2/0		1	2	3	6	9	14	24		1	3	5	8
3/0			1	3	5	7	12	20		1	2	4	6
4/0				1	2	4	6	10	16		1	1	3
250		1	1	3	5	8	13			1	3	4	7
300			1	3	4	7	11			1	2	4	6
400				1	3	5	9			1	3	4	6
500					1	3	4	7		1	2	4	5

**TABLA 2.8** Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de acero de pared delgada y tipo comercial

Calibre A. W. G. y K. C. M.	Vinanel nylon, RH, RVH								Vinanel 900, TW, T, TWH											
	1/2"				3/4"				1"				1 1/4"				1 1/2"			
	13	19	25	32	38	52	13	19	25	32	38	52	13	19	25	32	38	52		
14	13	24	37				9	17	26											
12	9	18	27	49			7	13	20	36										
10	6	11	17	31	43		5	10	15	28	38									
8	3	6	10	18	25	40	2	5	8	24	20	32								
6	1	4	6	11	15	25	1	2	4	7	10	17								
4		1	4	7	9	15		1	3	5	8	13								
2		1	2	5	6	11		1	1	4	5	9								
1/0		1	3	4	5			1	2	3	6									
2/0		1	1	3	4				1	3	5									
3/0			1	3	4				1	1	4									
4/0			1	1	3				1	1	3									
250			1	1	2				1		2									
300			1	2					1		1									
400					1						1									
500					1						1									

**TABLA 2.9** Capacidad de corriente de conductores de cobre basada en una temperatura ambiente de 30°C

Calibre A. W. G. y K. C. M.	Tipo VF, T.W, T, TWH 60°C				Vinanel 900 RH, RVH, V, 75°C											
	1 a 3 Conds. Tubo		4 a 6 Conds. Tubo		6 a 9 Conds. Tubo		1 Cond. Aire									
	14	15	12	10	20	15	12	10	20	15	12	10	20	15	12	10
14	15	12	10	20	15	12	10	20	15	12	10	20	15	12	10	20
12	20	16	14	25	20	16	14	25	20	16	14	25	20	16	14	25
10	30	24	21	40	30	24	21	40	30	24	21	40	30	24	21	40
8	40	32	28	55	45	36	31	65	45	36	31	65	45	36	31	65
6	55	44	38	80	65	52	45	95	65	52	45	95	65	52	45	95
4	70	56	49	105	85	68	59	125	85	68	59	125	85	68	59	125
2	95	76	66	140	115	92	80	170	115	92	80	170	115	92	80	170
0	125	100	87	195	150	120	105	230	150	120	105	230	150	120	105	230
00	145	116	110	225	175	140	122	265	175	140	122	265	175	140	122	265
000	165	132	115	260	200	160	140	310	200	160	140	310	200	160	140	310
0000	195	156	132	300	230	184	161	360	230	184	161	360	230	184	161	360
250	215	172	150	340	255	204	178	405	255	204	178	405	255	204	178	405

**TABLA 2.9 (Continuación)**

Calibre A. W. G. y K. C. M.	Tipo VF, T.W, T, TWH 60°C				Vinanel 900 RH, RVH, V, 75°C				
	1 a 3 Conds. Tubo		4 a 6 Conds. Tubo		6 a 9 Conds. Tubo		1 Cond. Aire		
	300	240	192	168	375	285	228	199	445
350	260	208	182	160	420	310	248	217	505
400	280	224	196	174	455	335	268	234	545
500	320	256	224	196	515	380	304	266	680
600	355	284	248	216	575				
750	400	320	280	248	655				
1000	455	364	318	286	780				
1250	495	396	346	314	890				
1500	520	416	364	342	980				
1750	545	436	382	360	1070				
2000	560	448	392	374	1155				

Temp. °C Factor de corrección para temperatura ambiente mayor de 30°C								
4 0	0.82	0.82	0.82	0.82	0.88	0.88	0.88	0.88
4 5	0.71	0.71	0.71	0.71	0.82	0.82	0.82	0.82
5 0	0.58	0.58	0.58	0.58	0.75	0.75	0.75	0.75
5 5	0.41	0.41	0.41	0.41	0.67	0.67	0.67	0.67
6 0	---	---	---	---	0.58	0.58	0.58	0.58

Calibre	Diámetro del tubo Conduit											
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/4"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"
A. W. G. K. C. M.	13 mm	19 mm	25 mm	31 mm	38 mm	51 mm	64 mm	76 mm	89 mm	101 mm	127 mm	152 mm
18	13	24	39	68	92							
16	11	19	31	54	74							
14	9	13	25	44	60	99						
12	7	12	20	34	47	78						
10	5	9	15	26	36	60	85					
8	3	5	8	14	20	32	46	72				
6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62		
4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	46	63	
2	1	1	1	4	5	9	12	20	26	34	54	78
1	0	1	1	2	3	5	8	14	19	25	39	57
0	0	0	1	1	2	3	5	8	12	16	21	33
00	0	0	1	1	1	3	4	6	10	14	18	28
000	0	0	1	1	1	4	4	9	12	15	24	35

TABLA 2.10 (Continuación)

Calibre A. W. G. K. C. M.	Diámetro del tubo Conduit											
	1/2" 13 mm	3/4" 19 mm	1" 25 mm	1 1/4" 31 mm	1 1/2" 38 mm	2" 51 mm	2 1/4" 64 mm	3" 76 mm	3 1/2" 89 mm	4" 101 mm	5" 127 mm	6" 152 mm
0000	0	0	1	1	1	3	4	7	10	13	20	29
250			1	1	2	3	6	8	10	16	23	
300			1	1	1	2	5	7	9	14	20	
350			1	1	1	1	4	6	8	12	18	
400			1	1	1	1	4	5	7	11	16	
500			1	1	1	3	4	6	9	13		
600			1	1	1	3	3	5	7	11		
700			1	1	2	3	4	6	6	10		
750			1	1	1	3	4	6	6	9		
800			1	1	1	3	4	6	6	8		
900			1	1	1	3	3	5	5	8		
1000			1	1	1	2	3	5	5	7		
1250					1	2	2	3	3	5		
1500					1	1	2	3	3	5		
1750					1	1	1	3	3	4		
2000					1	1	1	2	2	3		

TABLA 2.11 Cantidad de conductores admisibles en tubería Conduit de fierro de pared extradelgada y tipo comercial

Calibre	RH, Vinanel Nylon, RVH		T, Vinanel 900 y TW, TWH		
	AWG Y KCM	1/2" 13 mm	3/4" 19 mm	1/2" 13 mm	3/4" 19 mm
14		15	26	10	19
12		10	20	8	14
10		7	12	6	11
8		4	7	3	5
6		1	4	1	3
4		1	2		1
2			1		1

NOTA: Del calibre 6 en adelante se trata de cable.

TABLA 2.12 Cantidad de conductores admisibles en tubería Conduit de PVC rígido tipo pesado

Calibre AWG Y KCM	Vinanel Nylon, RH, RVH												Vinanel 900 Y TW, T, TWH											
	1/2" 13 mm	3/4" 19 mm	1" 25 mm	1 1/4" 32 mm	1 1/2" 38 mm	2" 52 mm	2 1/2" 63 mm	3" 76 mm	4" 102 mm	1/2" 13 mm	3/4" 19 mm	1" 25 mm	1 1/4" 32 mm	1 1/2" 38 mm	2" 52 mm	2 1/2" 63 mm	3" 76 mm	4" 102 mm						
14	17	29	49							12	21	34												
12	13	22	36	60						9	16	27	44											
10	8	14	23	38	50					7	12	20	34	44										
8	4	8	13	22	29	46				3	6	10	17	23	36									
6	3	5	8	13	18	28	41			1	3	5	9	12	19	28								
4	1	3	5	8	11	17	25	39		1	2	4	7	9	14	21	33							
2		1	3	6	8	12	18	28	48		1	3	5	6	10	15	24	41						
1/0		1	3	5	7	11	17	30		1	3	4	6	9	15	26								
2/0		1	3	4	6	9	14	25		1	2	3	5	8	12	21								
3/0		1	2	3	5	8	12	21			1	3	4	7	10	18								
4/0		1	2	4	6	10	17			1	1	4	5	9	15									
250		1	1	3	5	8	14			1	1	3	4	7	12									
300		1	1	3	4	7	12				1	2	4	6	10									
400			1	1	3	5	9				1	3	5	8										
500				1	3	4	8				1	2	4	7										

Nota: del calibre 6 en adelante se trata de cable.

TABLA 2.13 Cantidad de conductores admisibles en tubería Conduit de PVC rígido tipo ligero

Calibre AWG Y KCM	Vinanel Nylon, RH, RVH												Vinanel 900 y TW, T, TWH													
	1/2" 13 mm	3/4" 19 mm	1" 25 mm	1 1/4" 32 mm	1 1/2" 38 mm	2" 52 mm	1/2" 13 mm	3/4" 19 mm	1" 25 mm	1 1/4" 32 mm	1 1/2" 38 mm	2" 52 mm														
14	13	24	39							9	17	27														
12	10	18	29	49						7	13	21	36													
10	6	11	18	31	43					5	10	16	27	38												
8	3	6	10	18	25	41				2	5	8	14	19	32											
6	1	4	6	11	15	25				1	2	4	7	10	17											
4		1	4	7	9	15				1	3	5	8	13												
2		1	2	5	6	11				1	1	4	5	9												
1/0		1	3	4	7						1	2	3	5												
2/0			1	3	5							1	3													
3/0			1	3	4							1	1	4												
4/0			1	1	4							1	1	1	3											
250				1	3								1	2												
300					1	2								1												
400						1								1												
500							1								1											

Nota: Del calibre 6 en adelante se trata de cable.

- Los valores de la tabla son aplicables a todos los tipos de conductores de baja tensión (*vinanel nylon, vinanel 900, TW vulcanel EP y vulcanel XLP*).
- Debido a que los valores anotados en la tabla solamente expresan las constantes, para obtener la caída de tensión en %, es necesario multiplicar los valores de la tabla por la longitud del circuito en metros, en un solo sentido, y por la corriente en amperes que circula por el mismo.

**TABLA 2.14** Cantidad de conductores admisibles en tubería Conduit de polietileno flexible (pared lisa)

Calibre AWG KCM	RVH, Vinel Nylon, RH												T. Vinel 900 y TW.			
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	3"	4"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	3"	4"
	13	19	25	32	38	52	76	102	13	19	25	32	38	52	76	102
14	16	27	42						11	19	30					
12	12	20	32	52					9	15	23	38				
10	8	13	20	33	45				7	11	18	29	40			
8	4	7	12	19	26	43			3	6	9	15	21	34		
6	2	4	7	12	16	27	56		1	3	5	8	11	18	39	
4	1	2	4	7	10	16	35	59	1	1	3	6	8	14	29	50
2		1	3	5	7	12	25	42		1	2	4	6	10	21	36
1/0			1	3	4	7	15	26		1	2	3	6	13	22	
2/0			1	2	3	6	13	22			1	3	5	11	19	
3/0				1	3	5	10	18			1	2	4	9	16	
4/0				1	1	4	9	15			1	1	3	8	13	
250				1	1	3	7	12			1	3	6	11		
300					1	3	6	10			1	2	5	9		
400						1	5	8				1	4	7		
500						1	4	7				1	3	6		

Nota: Del calibre 6 en adelante se trata de cables.

**TABLA 2.15** Constantes para calcular la caída de tensión en %

Calibre AWG y KCM	Circuitos monofásicos		Circuitos trifásicos		Circuitos trifásicos	
	127 V	220 V	220 V	220 V	440 V	440 V
14	0.01305	0.00754	0.00650	0.00326		
12	0.00820	0.00474	0.00410	0.00205		
10	0.00515	0.00298	0.00258	0.00129		
8	0.00323	0.00187	0.00162	0.00081		
6	0.00203	0.00117	0.00103	0.00051		
4	0.00128	0.00074	0.00064	0.00032		
2	0.00081	0.00047	0.00040	0.00020		
1/0	0.00050	0.00029	0.00025	0.00013		
2/0	0.00040	0.00023	0.00020	0.00010		
3/0	0.00032	0.00018	0.00016	0.00008		
4/0	0.00025	0.00015	0.00013	0.00006		
250	0.00021	0.00012	0.00011	0.00005		
300	0.00018	0.00010	0.00009	0.00004		
400	0.00013	0.00008	0.00007	0.00003		
500	0.00011	0.00006	0.00005	0.00002		

## Dimensiones de cajas de conexión

**Tipo Rectangular:** 6 × 10 cm de base por 3.8 cm de profundidad con perforaciones para tubo conduit de 13 mm.

**Tipo Redondas.** Diámetro de 7.5 cm. y 3.8 cm de profundidad con perforaciones para tubo conduit de 13 mm.

**Tipo cuadradas.** Estas cajas tienen distintas medidas y se designan o clasifican de acuerdo con el diámetro de sus perforaciones en donde se conectan los tubos, por lo que se designan como cajas cuadradas de 13, 19, 25, 32 mm, etc..

En las instalaciones denominadas residenciales o de casas habitación se usan cajas cuadradas de 13 mm (7.5 × 7.5 cm de base con 38 mm de profundidad). En éstas sólo se sujetan tubos de 13 mm (1/2 plg.).

Otros tipos de cajas cuadradas como la de 19 mm tiene base de 10 × 10 cm con profundidad de 38 mm y 19 mm, las de 25 mm son de 12 × 12 cm de base con 55 mm de profundidad y perforaciones para tubo de 13, 19 y 25 mm.

Aunque no hay una regla general para el uso de los tipos de cajas, la práctica general es usar la octagonal para salidas de alumbrado (lámparas) y la rectangular y cuadrada para apagadores y contactos. Las cajas redondas tienen poco uso en la actualidad y se encuentran más bien en instalaciones un poco viejas.

Cuando se utilicen cajas metálicas en instalaciones visibles sobre aisladores o con cables con cubierta no metálica o bien con tubo no metálico, es recomendable que dichas cajas se instalen rígidamente a tierra; en baños y cocinas este requisito es obligatorio.

Las cajas no metálicas se pueden usar en: instalaciones visibles sobre aisladores, con cables con cubierta no metálica y en instalaciones con tubo no metálico.

Se recomienda que todos los conductores que se alojen en una caja de conexiones, incluyendo empalmes (amarres), aislamientos y vueltas, no ocupen más del 60% del espacio interior de la caja.

En el caso de las cajas metálicas se debe tener cuidado que los conductores que entren queden protegidos contra la abrasión (deterioro por rozamiento o corte de partes no pulidas o con rebabas). En general, para cualquier tipo de caja, las aberturas no usadas se deben de tapar de manera que su protección mecánica sea prácticamente equivalente a la pared de la caja o accesorio.

Odejana - Soluciones de alumbrado

## Colocación en paredes o techos

Cuando se instalen cajas en paredes o techos de madera o cualquier otro material clasificado como combustible, éstas deben de quedar instaladas a ras de la superficie acabada o sobresalir de ella.

## Fijación

Las cajas se deben fijar sobre la superficie en la cual se instalen o bien quedar empotradas en concreto, mampostería o cualquier otro material de construcción, pero siempre de manera rígida y segura.

## Cajas de salida en instalaciones ocultas

Se recomienda que las cajas de salida que se utilicen en instalaciones ocultas, tengan una profundidad interior no menor de 35 mm, excepto en casos que esta profundidad pueda dañar las paredes, partes de la casa habitación o edificio y en cuyo caso se recomienda que esta profundidad no sea inferior a 13 mm.

## Tapas y cubiertas

Todas las cajas de salida deben estar provistas de una tapa, metálica en el caso de las cajas metálicas y en el caso de las no metálicas preferentemente del mismo material de la caja. En cualquiera de los casos se pueden usar tapas de porcelana o de cualquier otro material aislante siempre y cuando ofrezcan la protección y solidez requeridas.

## Conectores

Los tubos conduit deben fijarse en las cajas de conexión; para esto se usan normalmente conectores de la medida apropiada a cada caso; es común el uso de *contras* y *monitores* en las cajas de conexión metálicas.

## 2.5 APAGADORES

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

Debe tenerse especial cuidado de no usar los apagadores para interrumpir corrientes que exceden a su valor nominal, a su valor nominal de

voltaje, por lo que se debe observar que los datos de voltaje y corriente estén impresos en las características del apagador, como un dato del fabricante.

Existen diferentes tipos de apagadores; el más simple es el de *una vía* o monopolar con dos terminales que se usa para "encender" o "apagar" una lámpara u otro aparato desde un punto sencillo de localización. En la figura 2.23 se muestra este tipo de apagador y su principio de operación.

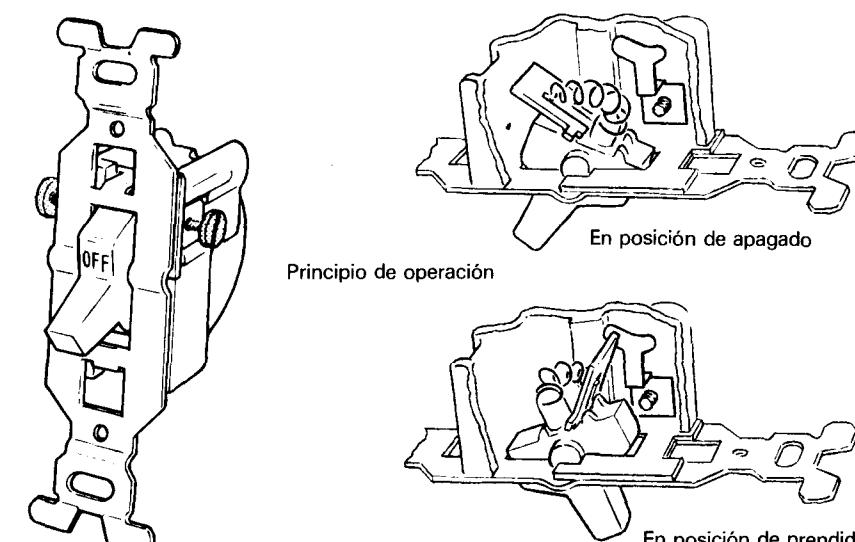


Figura 2.23 Apagador de 1 polo

Una variante del apagador de 1 polo es el llamado tipo silencioso y el de contacto que muestran en las figuras 2.24 y 2.25. Los apagadores sencillos para *instalaciones residenciales* se fabrican para 127 volts y corrientes de 15 amperes.

En los apagadores llamados de contacto se enciende y apaga simplemente presionando el botón.

Existen otros tipos de apagadores simples (figura 2.26) para aplicaciones más bien de tipo local, como es el caso de control de lámparas de buró o mesa, apagadores de cadena para closets o cuartos pequeños, o bien apagadores de paso (figura 2.27) del tipo portátil para control remoto a distancia de objetos y aparatos eléctricos.

### 2.5.1 Apagador de tres vías

Los llamados apagadores de tres vías se usan principalmente para controlar lámparas desde dos puntos distintos, por lo que se requieren dos apagadores de tres vías por cada instalación o parte de instalación en donde se requiere

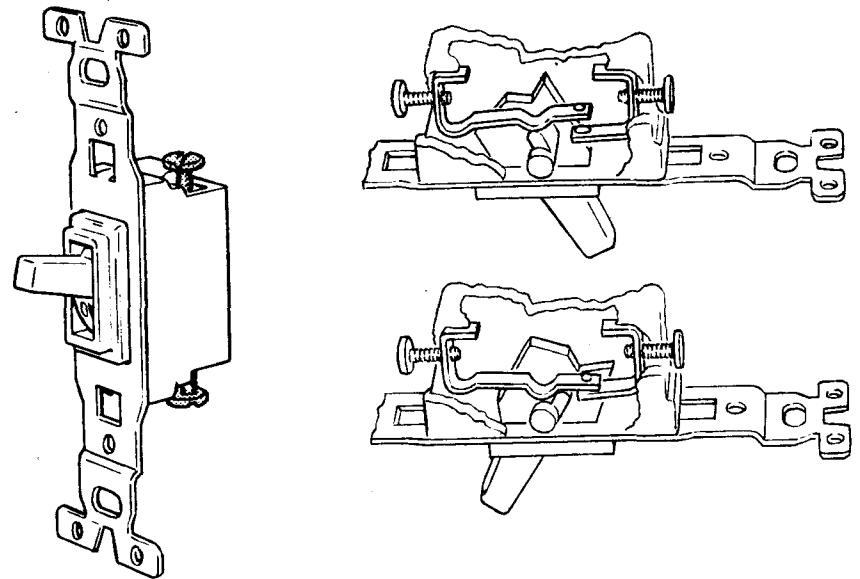


Figura 2.24 Apagador silencioso

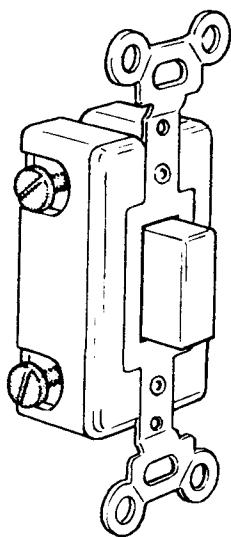


Figura 2.25 Apagador de contacto

este tipo de control. Por lo general este tipo de apagadores tienen tres terminales. En la figura 2.28 se muestra el principio de operación de estos apagadores y más adelante se mostrará cómo se realiza el alambrado. Su instalación es común en áreas grandes como entrada de casa y pasillo, en

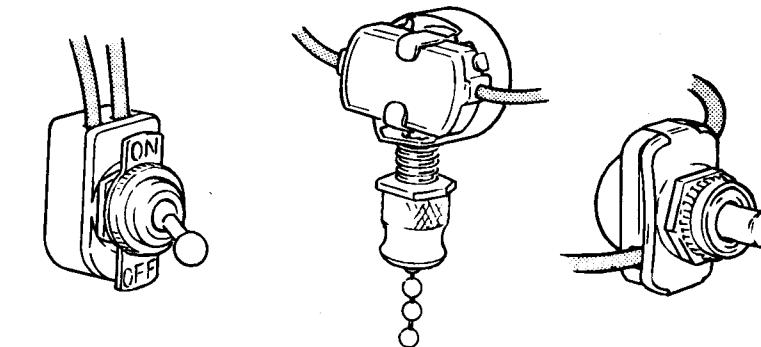


Figura 2.26 Apagadores sencillos de palanca, cadena y botón

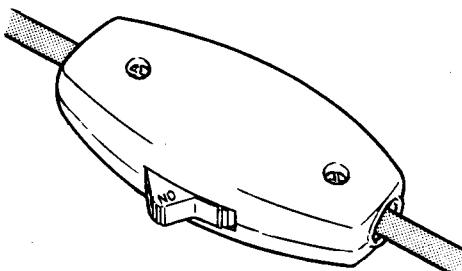
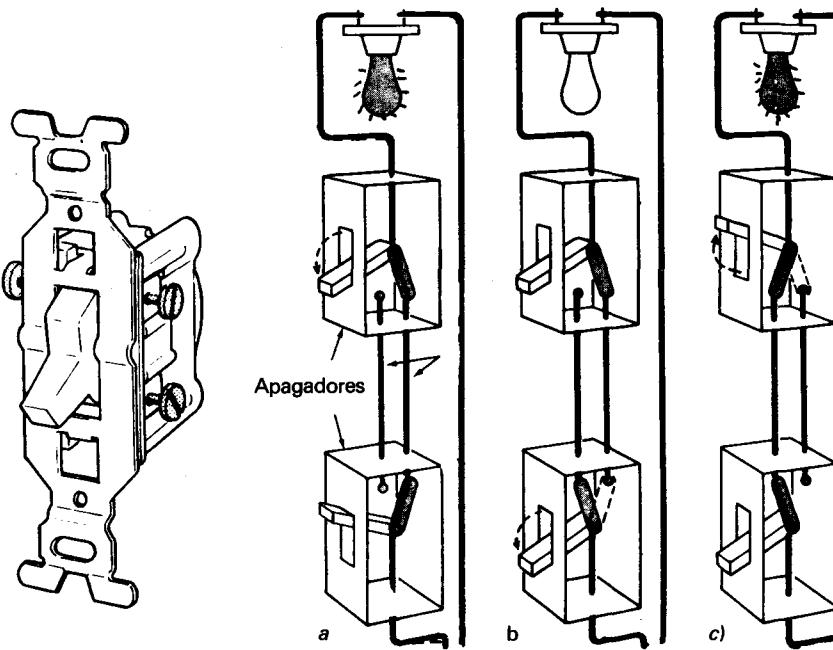


Figura 2.27 Apagador de paso



a) y c) Lámpara enciende b) Lámpara apagada

Figura 2.28 Apagador de 3 vías

donde por comodidad no se requiera regresar a apagar una lámpara, o bien en escaleras en donde se encienda un foco en la parte inferior (o superior) y se apaga en la parte superior (o inferior) para no tener que regresar a apagar la lámpara (figura 2.29).

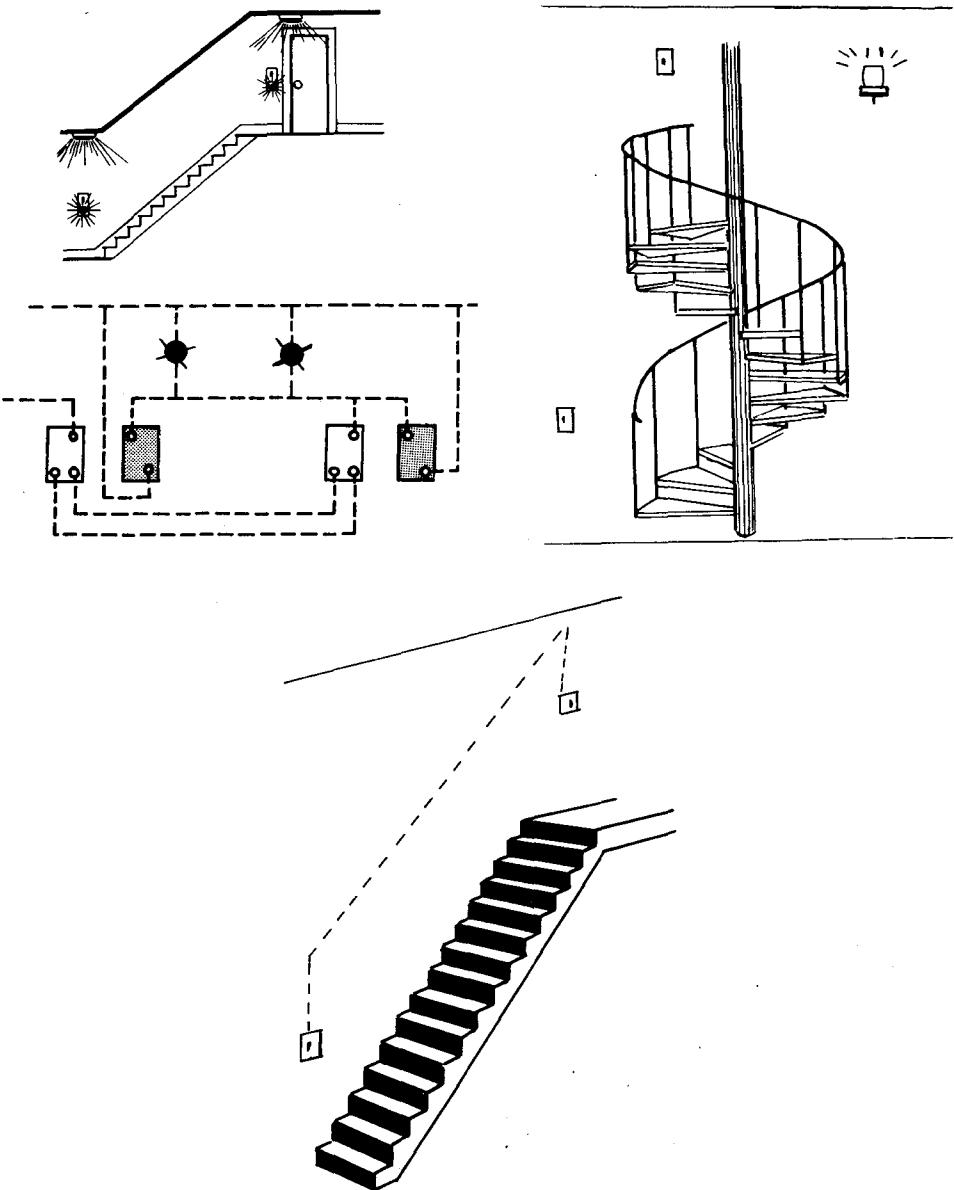


Figura 2.29 Ejemplos de aplicación de apagadores de 3 vías

## 2.5.2 Apagador de cuatro vías

En el caso de que se desee controlar un circuito de alumbrado desde tres puntos distintos, entonces se usan los llamados apagadores de cuatro vías que tienen 4 terminales como se muestra en la figura 2.30.

Cuando se usan apagadores de cuatro vías es necesario usar también dos apagadores de tres vías en el mismo circuito, de manera que el apagador de cuatro vías quede en medio de los dos de tres vías.

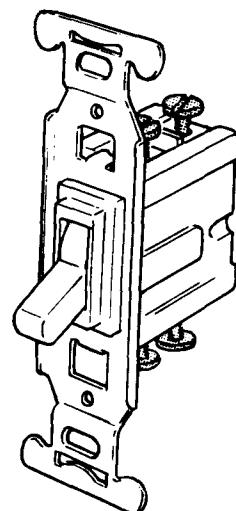


Figura 2.30 Apagador de 4 vías

En los apagadores de tres y cuatro vías las conexiones se deben hacer de manera tal que las operaciones de interrupción se hagan sólo en el conductor activo del circuito.

### Accesibilidad

Invariablemente en cualquier instalación eléctrica; todos los apagadores se deben instalar de manera tal que se puedan operar manualmente y desde un lugar fácilmente accesible. El centro de la palanca de operación de los apagadores no debe quedar a más de 2.0 metros sobre el nivel del piso en ningún caso. En el caso particular de apagadores para alumbrado en casas habitación, oficinas y centros comerciales se instalan entre 1.20 y 1.35 m sobre el nivel del piso.

## Montaje de apagadores

Existen dos tipos de montaje de apagadores:

a) Tipo sobrepuerto o superficie.

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

b) Tipo embutido

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

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

### Apagadores en lugares húmedos o mojados

Los apagadores que se instalan en lugares húmedos, mojados o a la intemperie, se deben alojar en cajas a "prueba de intemperie" o bien estar ubicados de manera que se evite la entrada de humedad o agua.

## 2.6 CONTACTOS

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

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

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

Los contactos se localizan aproximadamente de 70 a 80 cm con respecto al nivel del piso (considerado como piso terminado). En el caso de cocinas de casas habitación así como en baños, es común instalar los contactos en la misma caja que los apagadores, por lo que la altura de instalación queda determinada por los apagadores, es decir entre 1.20 y 1.35 m sobre el nivel del piso.

En las figuras 2.31-2.33 se muestran algunos ejemplos típicos de contactos usados en instalaciones eléctricas:

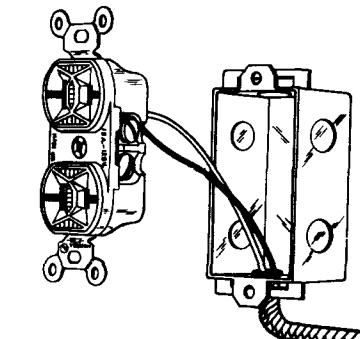
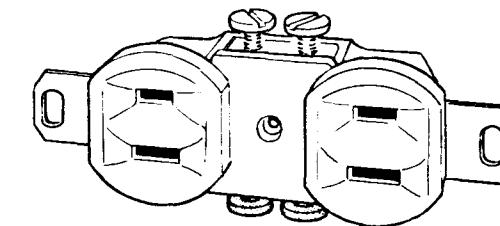


Figura 2.31 Contacto doble

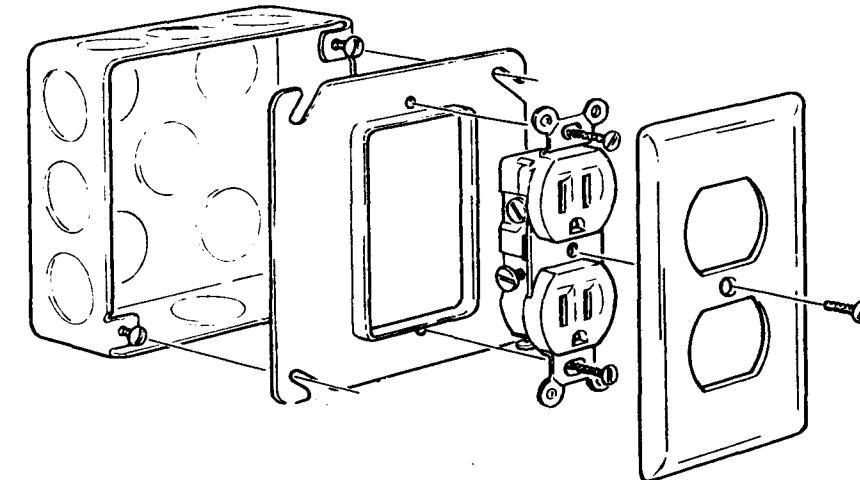
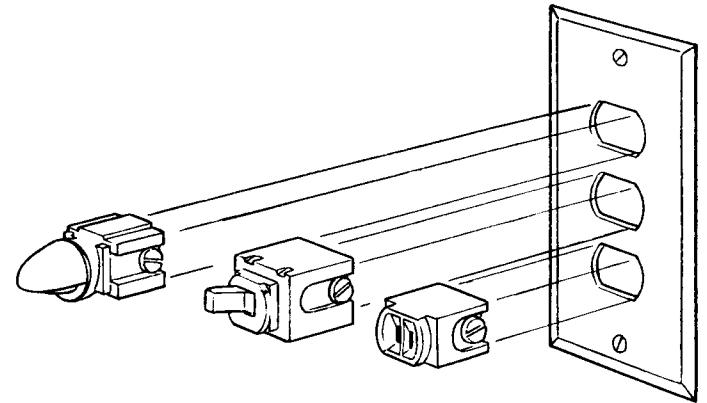


Figura 2.32 Contacto doble y montaje en caja cuadrada



**Figura 2.33** Combinación apagador, contacto y lámpara piloto (dispositivos intercambiables)

#### *Contactos en piso*

Los contactos que se instalen en pisos deben estar contenidos en cajas especialmente construidas para cumplir con este propósito, excepto los contactos que estén en pisos elevados de aparadores o sitios similares que no estén expuestos a daño mecánico, humedad o polvo, en cuyo caso se pueden usar contactos con caja de instalación normal.

#### *Contactos en lugares húmedos o mojados*

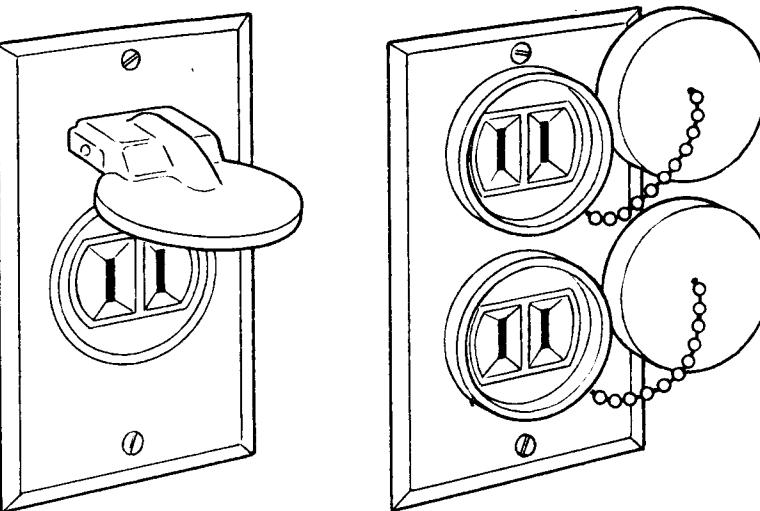
- a) Los contactos que se instalen en lugares húmedos deben ser del tipo adecuado dependiendo de las condiciones de cada caso.
- b) Lugares mojados. Estos contactos se denominan a prueba de intemperie. En la figura 2.34 se muestran los contactos a prueba de agua.

#### *Uso de dispositivos intercambiables*

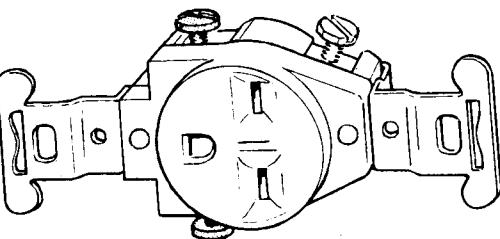
Los dispositivos intercambiables permiten flexibilidad en las instalaciones eléctricas. Se pueden instalar dos o tres dispositivos en una caja de salida estándar y montados en la placa de pared. El dispositivo puede contener un contacto, apagador y una lámpara piloto, pero en realidad se puede tener cualquier combinación u orden de estos dispositivos.

#### *Contactos, clavijas y adaptadores del tipo de puesta a tierra*

En los contactos o clavijas, así como los adaptadores denominados de puesta a tierra (figura 2.35), se recomienda que la terminal de conexión a tierra se



**Figura 2.34** Contactos a prueba de agua



**Figura 2.35** Contacto con puesta a tierra

identifique por medio del color verde y que en ningún caso se use para otro propósito que no sea el de conexión a tierra.

## 2.7 PORTALAMPARAS

Quizá el tipo más común de portalámpara usada en las instalaciones eléctricas de casas habitación sea el conocido como "socket" construido de casquillo de lámina delgada de bronce en forma roscada para alojar al casquillo de los focos o lámparas. La forma roscada se encuentra contenida en un elemento aislante de baquelita o porcelana y el conjunto es lo que constituye de hecho el portalámpara (figuras 2.36 y 2.37).

Existen diferentes tipos de portalámparas dependiendo de las aplicaciones que se tengan, incluyendo a los denominados portalámparas

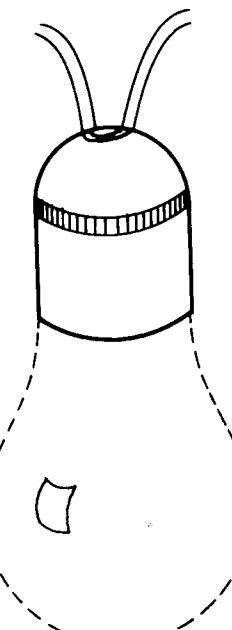


Figura 2.36 Portalámpara de baquelita

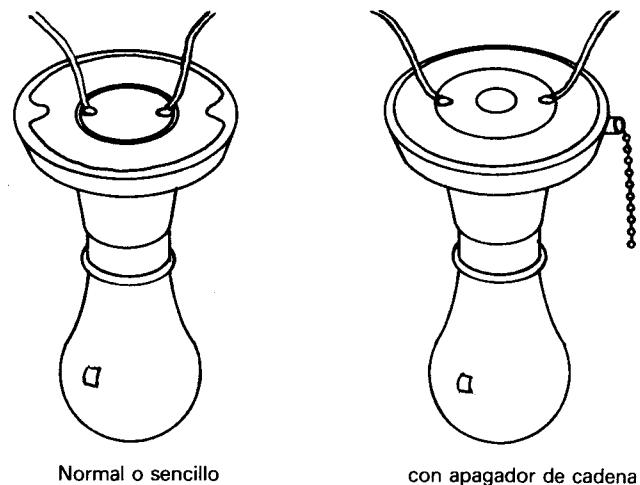


Figura 2.37 Portalámpara de porcelana

ornamentales usados en casas habitación, oficinas, o centros comerciales decorativos.

En la figura 2.38 se muestran los principales elementos que intervienen en una instalación de lámparas ornamentales.

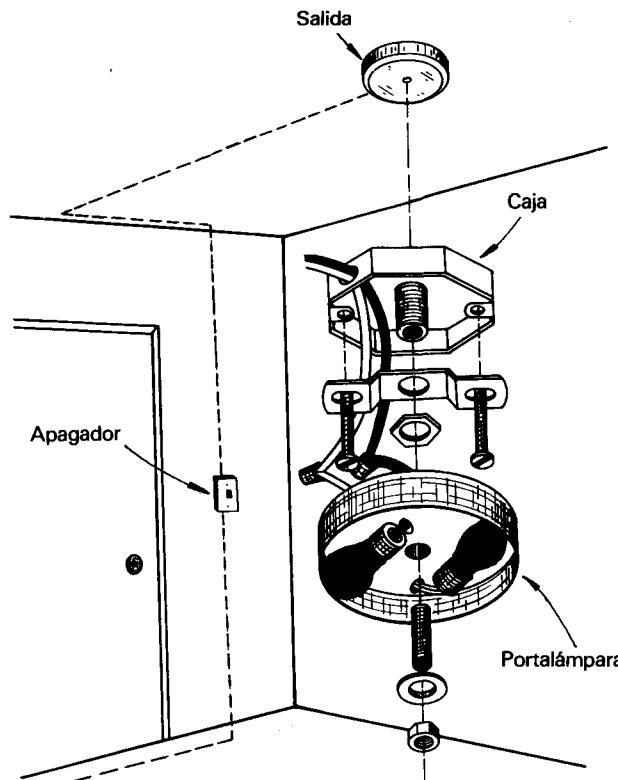


Figura 2.38 Salida con portalámparas

## 2.8 DISPOSITIVOS PARA PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTES

El alma de cualquier instalación eléctrica la constituyen los conductores; por tanto, deben existir en cualquier instalación eléctrica dispositivos de seguridad que garanticen que la capacidad de conducción de corriente de los conductores no se exceda. Una corriente excesiva, también conocida como sobrecorriente (algunas veces también corriente de falla), puede alcanzar valores desde una pequeña sobrecarga hasta valores de corriente de cortocircuito dependiendo de la localización de la falla en el circuito.

Cuando ocurre un cortocircuito las pérdidas  $RI^2$  se incrementan notablemente de manera que en pocos segundos se pueden alcanzar temperaturas elevadas tales que puedan alcanzar el punto de ignición de los aislamientos de los conductores o materiales cercanos que no sean a prueba de fuego, pudiendo ser esto peligroso hasta el punto de producir incendios en las instalaciones eléctricas.

La protección contra sobrecorrientes asegura que la corriente se interrumpe antes de que un valor excesivo pueda causar daño al conductor mismo o a la carga que se alimenta.

En las instalaciones residenciales hay básicamente dos tipos de dispositivos de protección contra sobrecorrientes: Los *fusibles* y los interruptores termomagnéticos.

### Fusibles

Los fusibles son dispositivos de sobrecorriente que se autodestruyen cuando interrumpen el circuito. Son de metal fusionable a temperaturas relativamente bajas y calibrados de tal manera que se fundan cuando se alcance una corriente determinada, debido a que los fusibles se encuentran en serie con la carga, éstos abren el circuito cuando se funden. Se dice que todos los fusibles tienen una *característica de tiempo inversa*, es decir, si un fusible es de 30 A debe conducir 30 A en forma continua, con 10% de sobrecarga (33 A) se debe fundir en algunos minutos, con una sobrecarga del 20% (36 A) se funde en menos de 1 minuto y si se alcanza una sobrecarga del 100% (60 A), el fusible se funde en fracciones de segundo, es decir, que a mayor sobrecarga menor tiempo de fusión, es decir de interrupción del circuito.

#### Fusibles de tipo tapón con rosca

En este tipo de fusibles en una base roscada se encuentra encerrado un listón fusible para prevenir que el metal se disperse cuando el listón fusible se funda. La condición en que se encuentra el fusible se puede determinar observando a través de una pequeña mirilla de plástico transparente localizada en la parte superior del conjunto que constituye al fusible. Este tipo de fusibles *no se deben usar* en circuitos con un voltaje superior a 127 volts y se deben instalar en el lado de la carga del circuito en que se van a localizar.

Por lo general, los fusibles del tipo tapón (figuras 2.39 y 2.40) se encuentran montados en bases o zócalos de porcelana asociados a desconectadores de navajas de dos polos y su característica es tal que cuando se funden se deben reemplazar, es decir son desechables; se encuentran en el mercado de 15 A y 30 A.

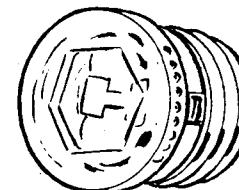


Figura 2.39 Vista de un fusible de tapón

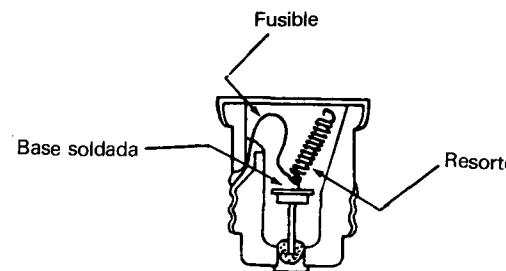


Figura 2.40 Partes del fusible de tapón

Cuando la entrada del fusible no corresponde a la de la base se usan adaptadores (figura 2.41).

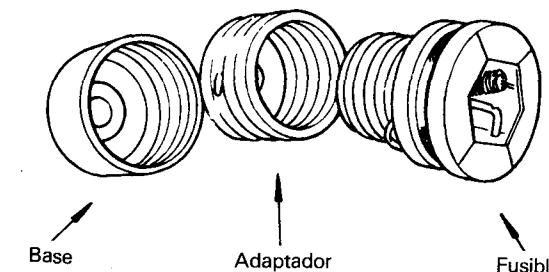


Figura 2.41

#### Fusible tipo cartucho

En instalaciones eléctricas en donde la corriente excede a 30 A es necesario usar fusibles del llamado *tipo cartucho* y su correspondiente portafusible. Este tipo de fusibles se fabrican para una gama más amplia de voltajes y corrientes y los portafusibles están diseñados de tal manera que es difícil colocar un fusible de una capacidad de corriente diferente a la que corresponde al portafusible o mejor dicho al rango que corresponde al portafusible. Se fabrican en dos tipos:

- Fusibles de cartucho con contactos de casquillo. Con capacidad de corriente de 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 y 60 amperes.
- Fusibles de cartucho con contactos de navaja. Con capacidad de corriente de 75, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500 y 600 amperes. Estos fusibles son de aplicación en instalaciones industriales o comerciales de gran capacidad.

Los elementos fusibles pueden ser renovables o no, dependiendo del tipo que se usa (figura 2.42).

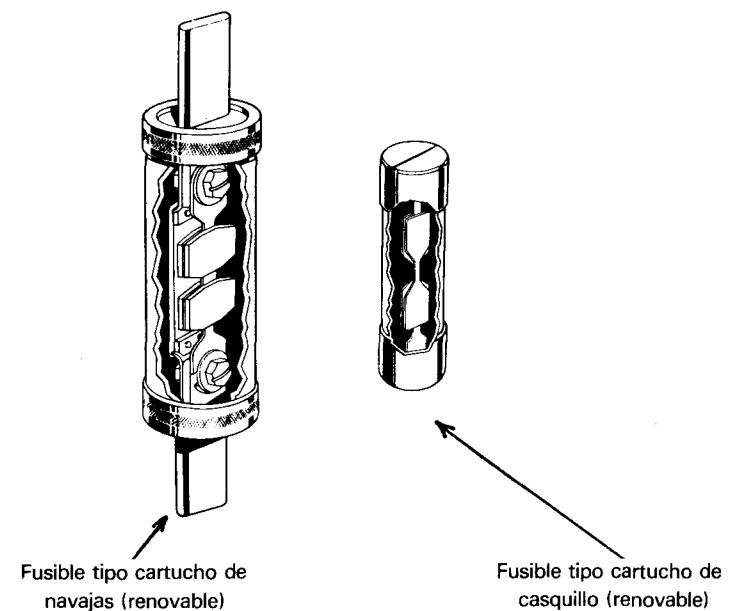


Figura 2.42

#### Localización de fallas en fusibles

Cuando se observa que la energía eléctrica "se va" en una instalación eléctrica, lo primero que se hace es verificar el estado de los fusibles antes de reemplazarlos; esto se puede hacer por medio de un probador de voltaje. En caso de que exista voltaje en la alimentación se procede a verificar el estado de los fusibles; este procedimiento indica los pasos de verificación de voltaje en la línea y el estado de los fusibles se muestra en la figura 2.43.

#### Interruptor termomagnético

El interruptor termomagnético también conocido como "Breaker" es un dispositivo diseñado para conectar y desconectar un circuito por medios no automáticos y desconectar el circuito automáticamente para un valor pre-determinado de sobrecorriente, sin que se dañe a sí mismo cuando se aplica dentro de sus valores de diseño.

La operación de cerrar y abrir un circuito eléctrico se realiza por medio de una palanca que indica posición *adentro* (ON) y fuera (OFF). La característica particular de los interruptores termomagnéticos es el elemento

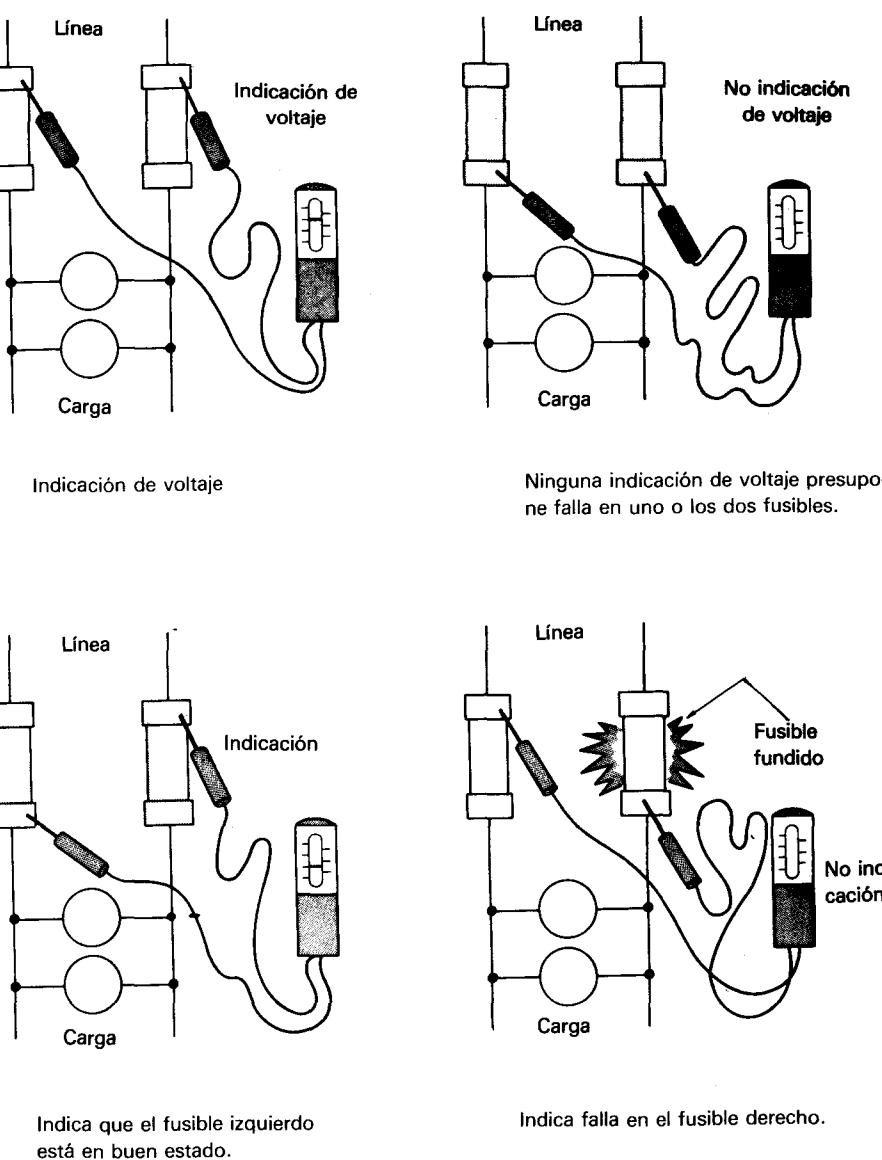


Figura 2.43 Localización de fallas en fusibles

térmico conectado en serie con los contactos y que tiene como función proteger contra condiciones de sobrecarga gradual; la corriente pasa a través del elemento térmico conectado en serie y origina su calentamiento; cuando se produce un excesivo calentamiento como resultado de un incremento en la sobrecarga, unas cintas bimetálicas operan sobre los elementos de sujeción de los contactos desconectándolos automáticamente. Las cintas bime-

tálicas están hechas de dos metales diferentes unidas en un punto una con otra.

Debido a que debe transcurrir tiempo para que el elemento bimetálico se caliente, el disparo o desconexión de los interruptores termomagnéticos no ocurre precisamente en el instante en que la corriente excede a su valor permisible. Por lo general el fabricante suministra la curva característica de operación del interruptor y, desde luego, no se recomiendan para instalaciones en donde se requiere protección instantánea contra cortocircuito (figuras 2.44-2.45).

Según se conectan a las barras colectoras de los tableros de distribución o centro de carga, pueden ser del *tipo atornillado* o del *tipo enchufado*; se fabrican en los siguientes tipos y capacidades:

Un polo: 15A, 20A, 40A, 50A

Dos polos: 15A, 20A, 30A, 40A, 50A, 70A.

Tres polos: 100A, 125A, 150A, 175A, 200A, 225A, 250A, 300A, 350A, 400A, 500A, 600A.

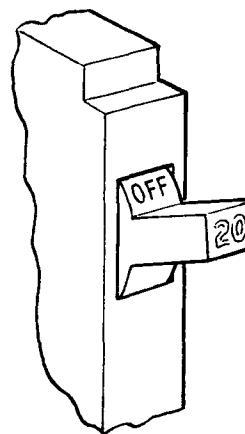


Figura 2.44 Vista de la palanca de un interruptor termomagnético

#### Ubicación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente

En general, los dispositivos de protección contra sobrecorrientes se deben colocar en el punto de alimentación de los conductores que protejan o lo más cerca que se pueda de dicho circuito de manera que sean fácilmente accesibles, que no estén expuestos a daño mecánico y no estén cerca de material fácilmente inflamable. Existen algunas excepciones a esta regla, pero para evitar confusiones, cuando se presente esta situación es conveniente con-

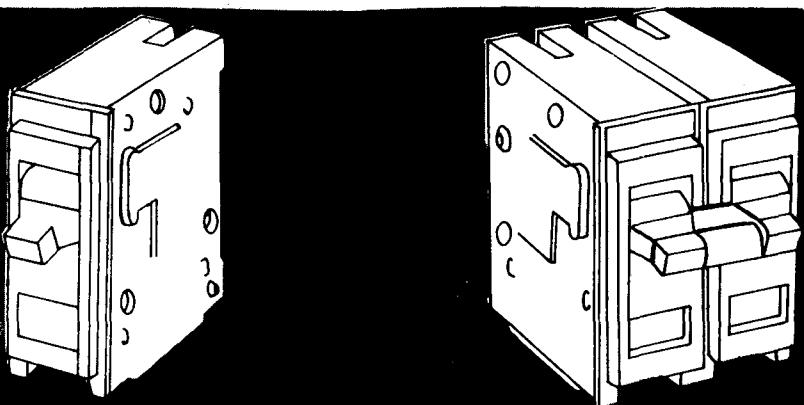


Figura 2.45 Interruptor termomagnético

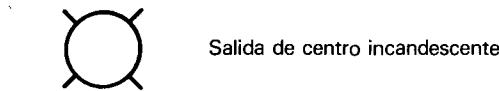
sultar las normas técnicas para instalaciones eléctricas; párrafos 205.13 y 205.14.

En el caso particular de las casas habitación es común que asociados a los fusibles de protección se encuentren los desconectadores de navaja de polos, éstos se encuentran junto de los fusibles en cajas metálicas cuyas dimensiones y características están dadas por la asociación de fabricantes de equipo en Estados Unidos (*nema*); estas clasificaciones se conocen en los casos más comunes como:

- Nema 1. *Uso general*. Aplicable a servicio interior con condiciones del medio consideradas como normales. La caja evita el contacto accidental con las partes energizadas.
- Nema 2. *A prueba de goteo*. Estas, además de evitar el contacto accidental con las partes energizadas, evitan la entrada de gotas de agua y polvo.
- Nema 3. *A prueba de agentes externos*. Cumple con la función de protección y además protege contra eventualidades del tiempo específicas.
- Nema 3r. *A prueba de lluvia*. Evita que penetre en su interior la lluvia intensa.
- Nema 4. *A prueba de agua*. Evita la entrada de agua cuando la caja está expuesta a chorro de agua con manguera.
- Nema 5. *A prueba de polvo*, Nema 6. *Sumergible*, Nema 7. *A prueba de gases explosivos*.

## 2.9 SIMBOLOS EN INSTALACIONES ELECTRICAS

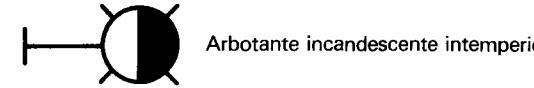
En los párrafos anteriores de este capítulo se hizo una breve descripción de los principales componentes de una instalación eléctrica del tipo residencial; más adelante se estudiará que estos elementos aparecen en planos en donde se indica su ubicación y característica de alambrado. Para una fácil interpretación de los circuitos y sus componentes, así como la elaboración e interpretación de planos, se usan los llamados símbolos convencionales; algunos de los más usuales son los que se presentan en la figura 2.46.



Salida de centro incandescente



Arbotante incandescente interior



Arbotante incandescente intemperie



Arbotante fluorescente interior



Lámpara fluorescente



Contacto sencillo en muro



Contacto sencillo en piso



Contacto sencillo controlado por apagador



Contacto múltiple en muro

Figura 2.46



Contacto sencillo intermitente



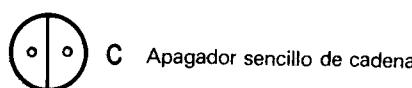
Salida especial



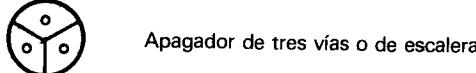
Apagador sencillo



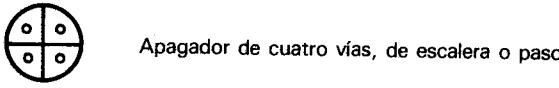
P Apagador sencillo de puerta



C Apagador sencillo de cadena



Apagador de tres vías o de escalera



Apagador de cuatro vías, de escalera o paso.



Tablero general



Tablero de fuerza



Campana



Zumbador



Interruptor flotador

Figura 2.46 (Continuación)

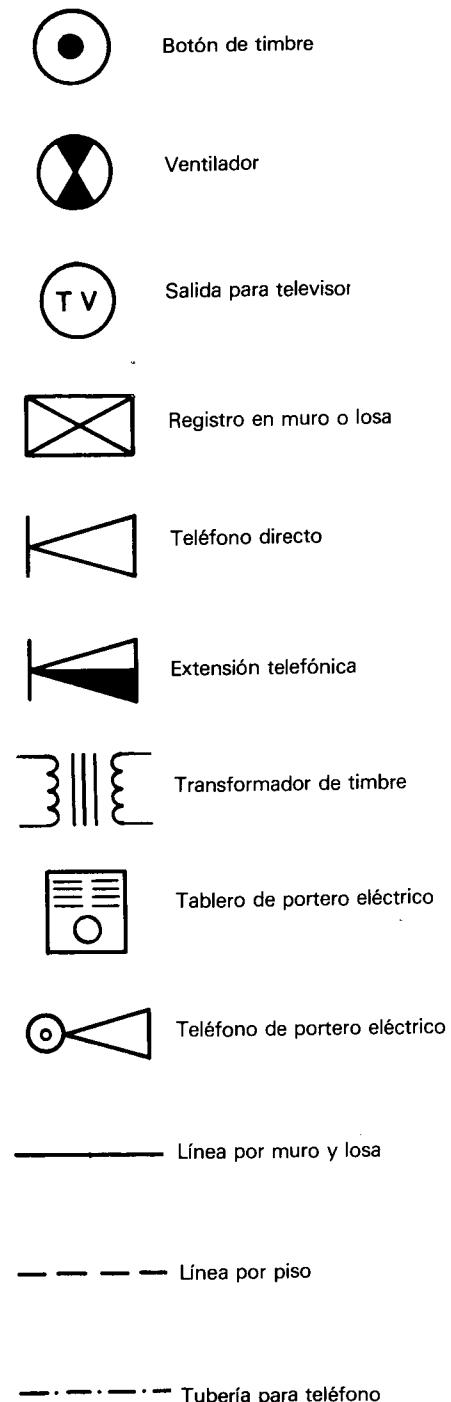


Figura 2.46 (Continuación)

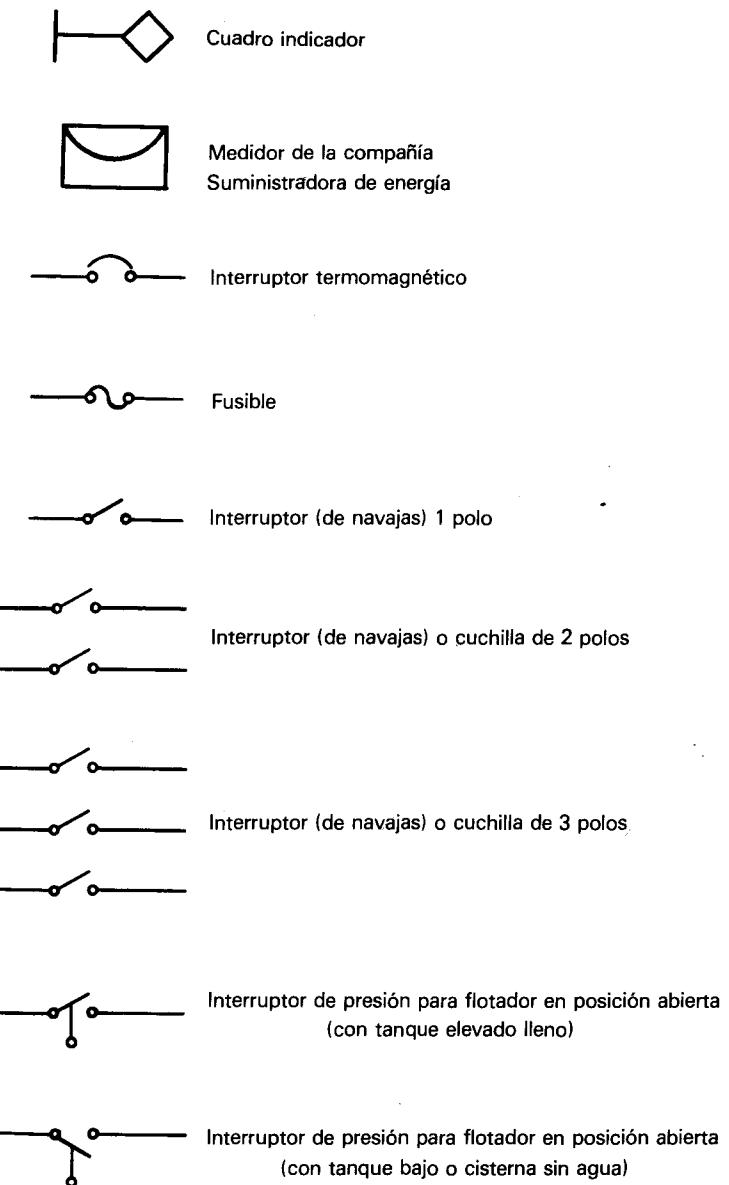


Figura 2.46 (Continuación)

La representación que se da a algunos de los símbolos anteriores y que permite hacer una relación entre la simbología convencional usada y el elemento físico que representan, es la que se indica en la figura 2.47 en elevación y perspectiva.

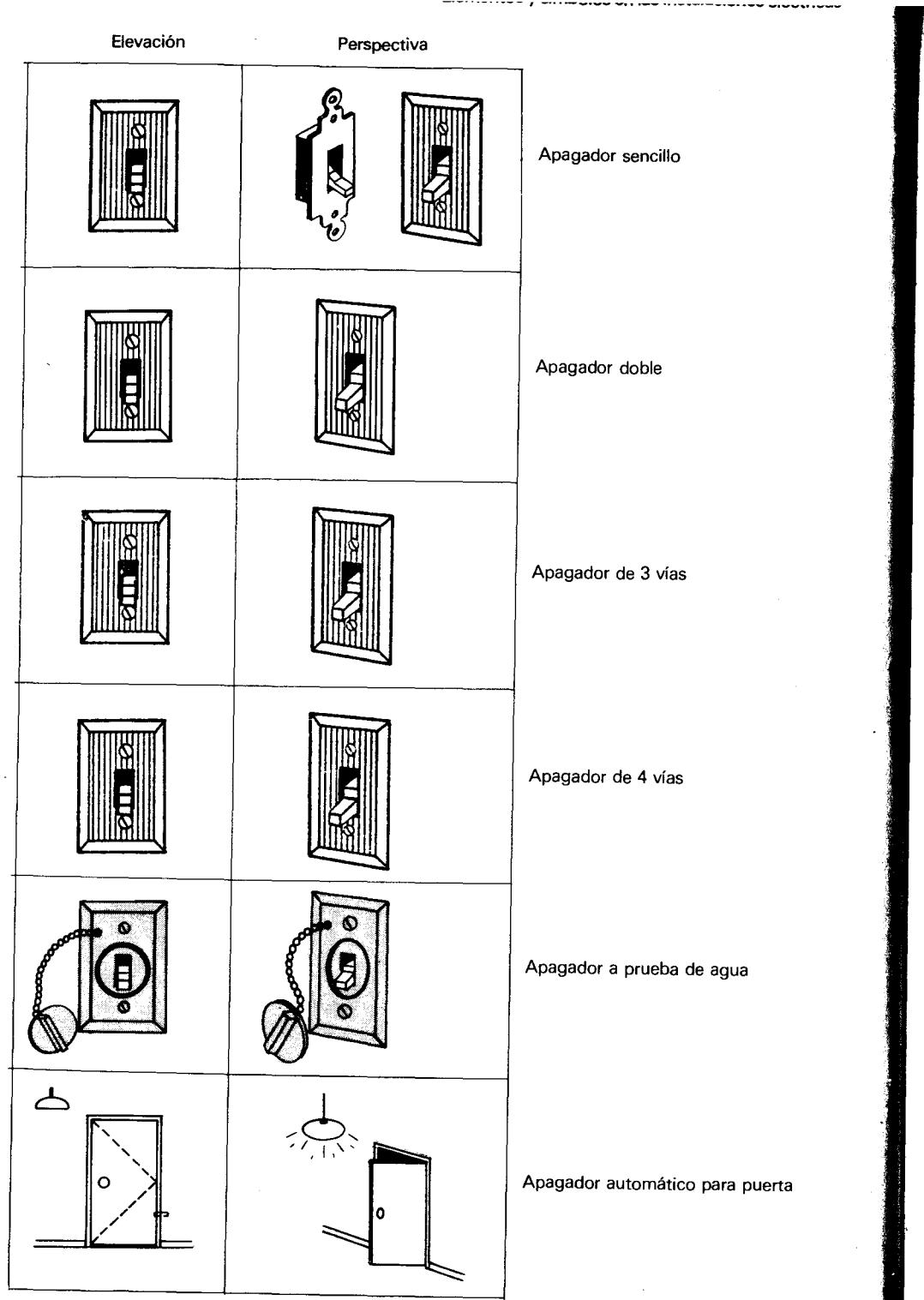


Figura 2.47 Representación física de los elementos de las instalaciones eléctricas.

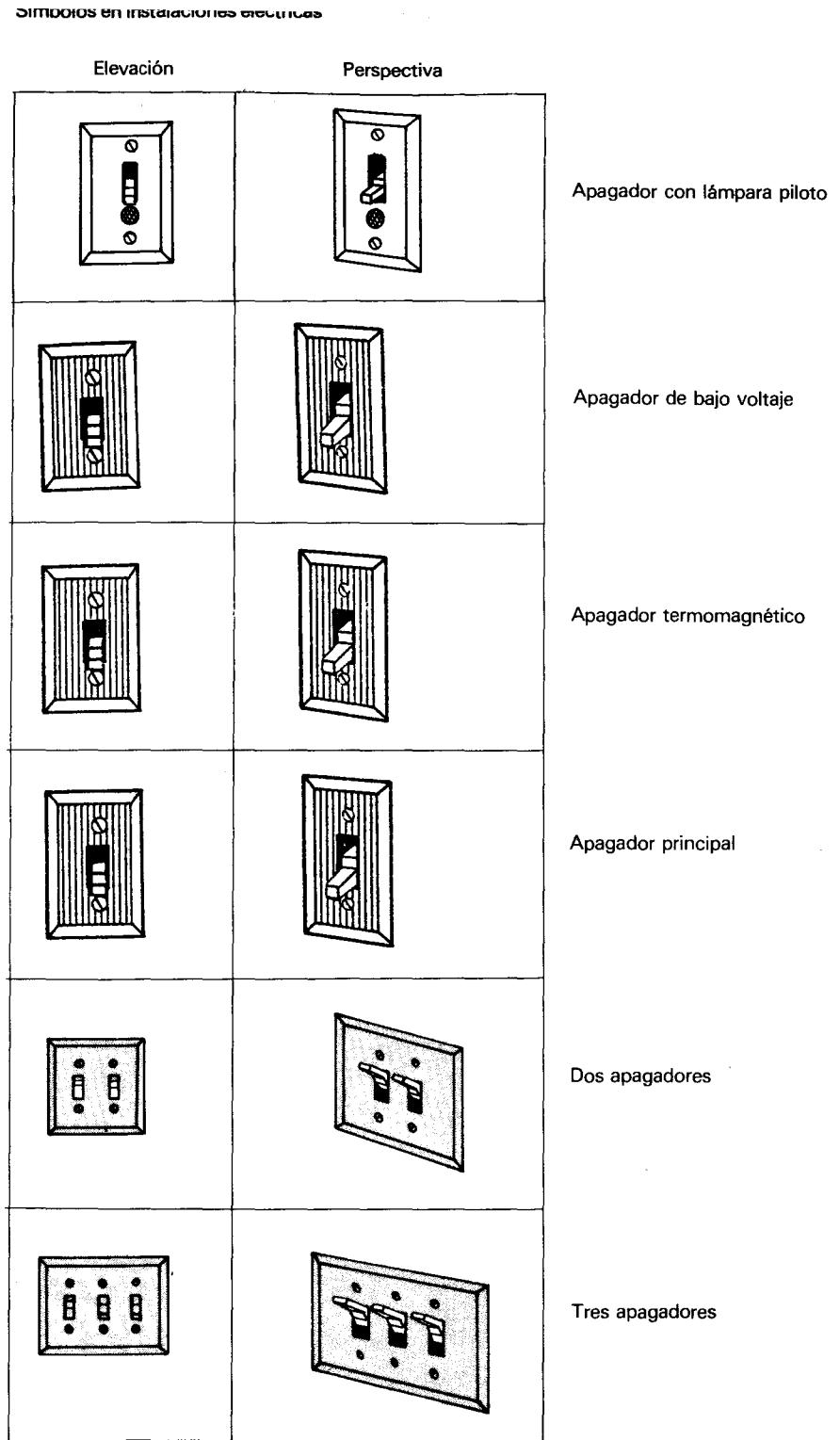


Figura 2.47 (Continuación)

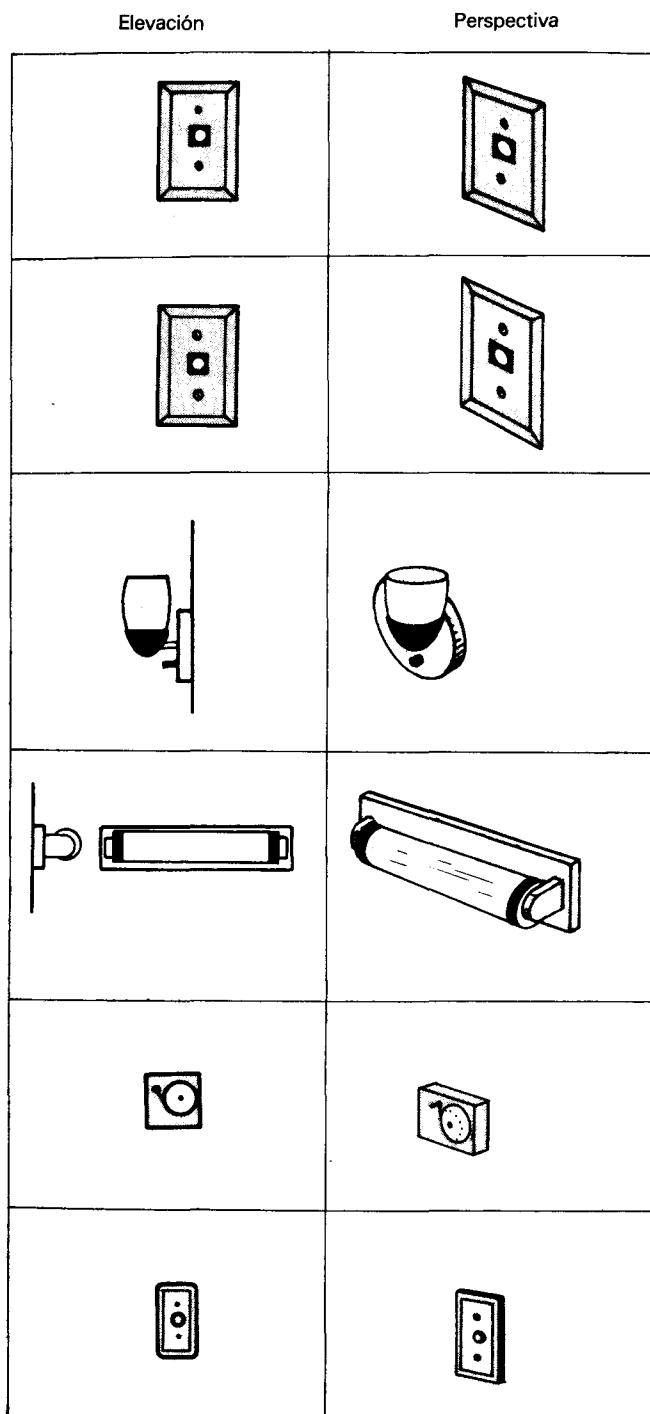


Figura 2.47 (Continuación)

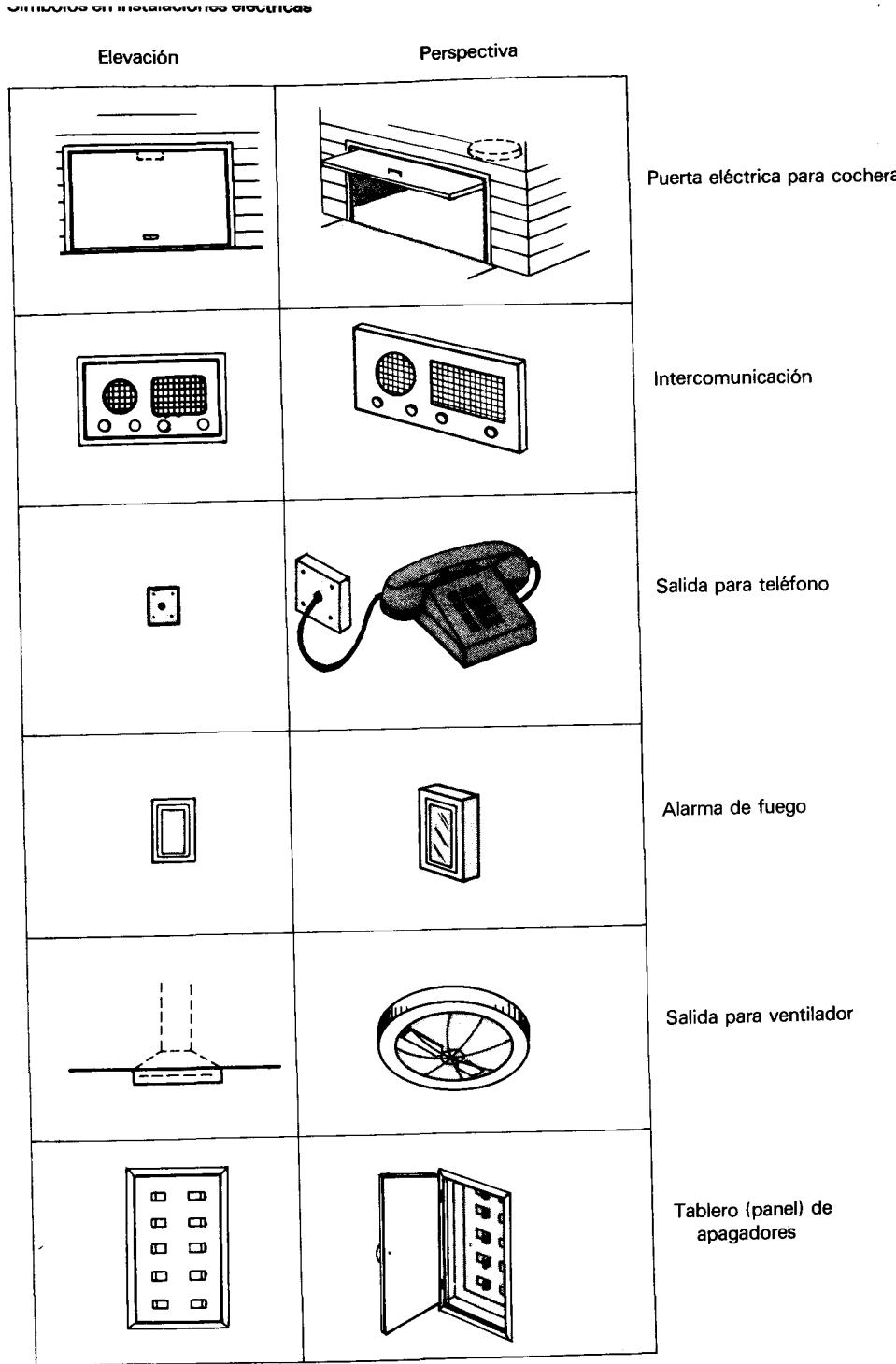


Figura 2.47 (Continuación)

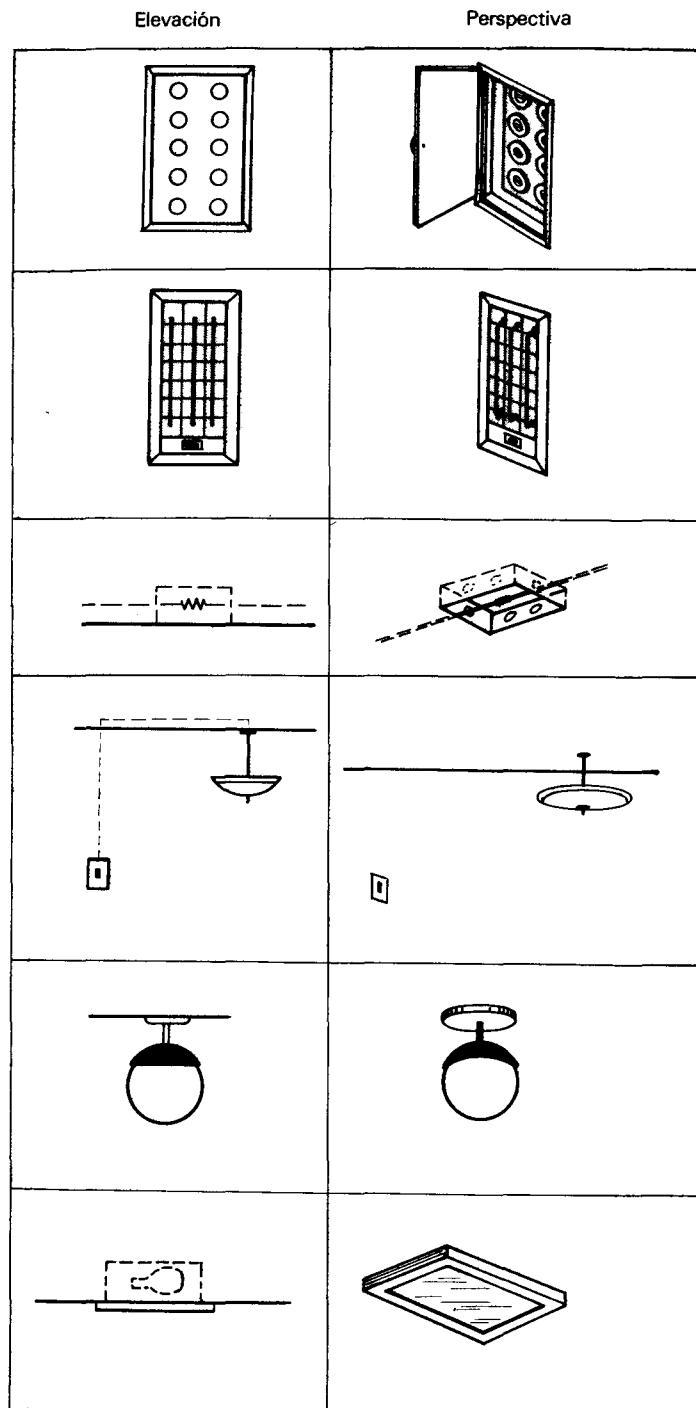


Figura 2.47 (Continuación)

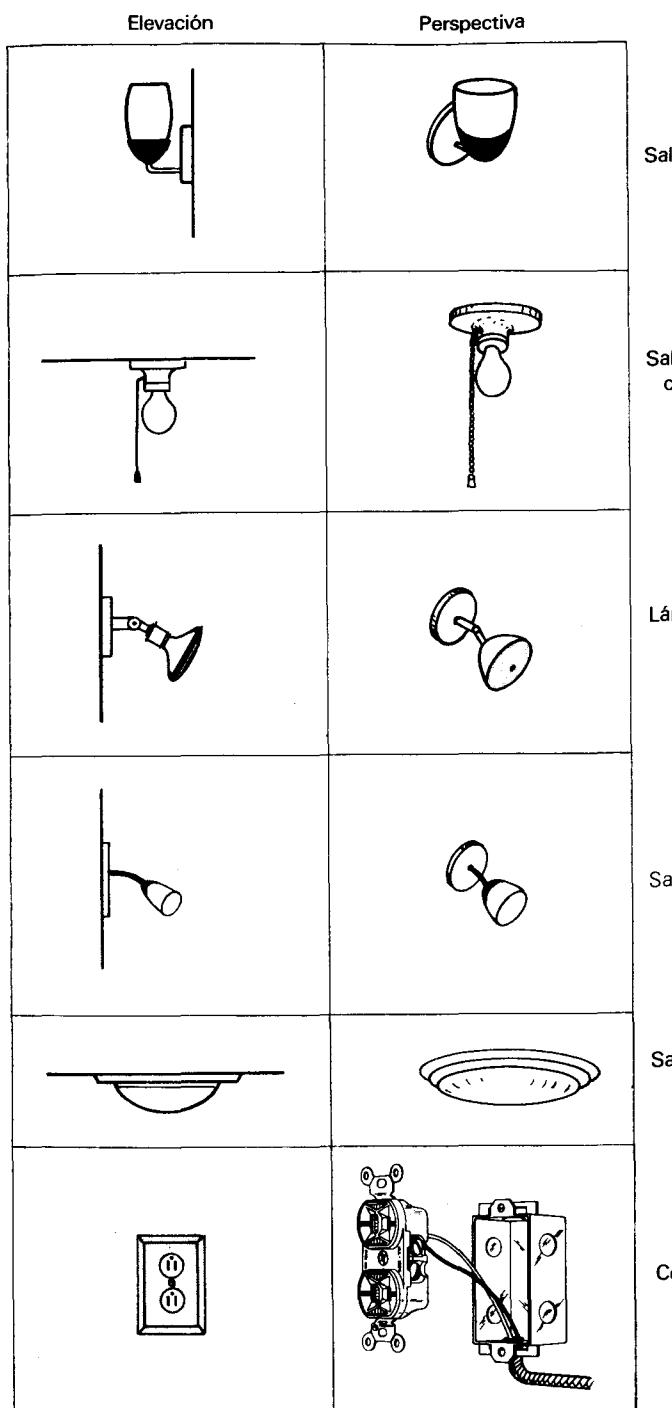


Figura 2.47 (Continuación)

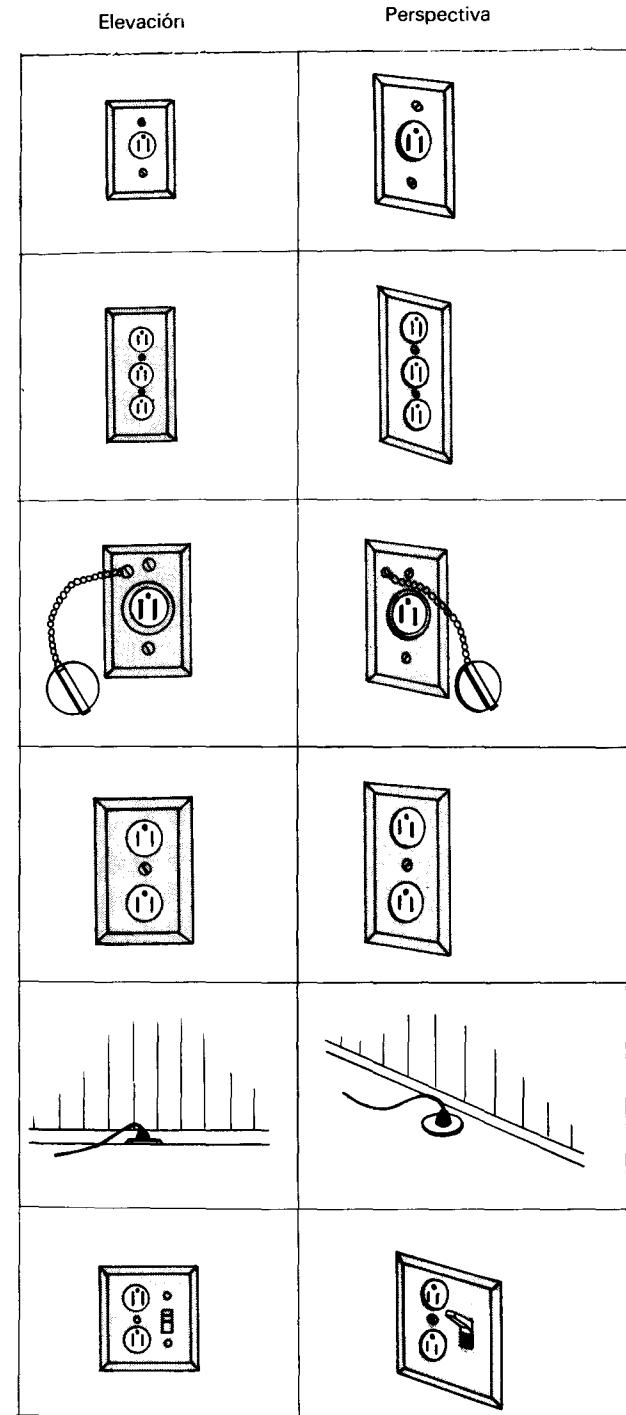


Figura 2.47 (Continuación)

## CAPITULO 3 *Alambrado y diagramas de conexiones*

### 3.1 INTRODUCCIÓN 3.2 EL PRINCIPIO DEL ALAMBRADO Y LOS DIAGRAMAS DE CONEXIONES

- a) Dibujos o planos para una instalación eléctrica.
  - b) Elaboración de los diagramas de alambrado.
  - c) Detalles del alambrado y diagramas de conexiones.
- 3.3 DIAGRAMAS DE CONEXIONES Y SU ALAMBRADO**
- Instalación de lámparas fluorescentes.
  - Instalación de elementos en baja tensión.
  - Diagrama de conexiones de sistemas de bombeo.
  - Herramientas para el alambrado de las instalaciones eléctricas.

El primer paso en la realización de una instalación eléctrica para un trabajo específico es obtener un diagrama de alambrado y conexiones eléctricas o su elaboración. En casas habitación individuales y en los departamentos de edificios multifamiliares se debe disponer de un conjunto de planos arquitectónicos de construcción, entre los cuales se encuentra el correspondiente a la instalación eléctrica en donde se muestran los elementos de la instalación como son salidas, trayectorias de tubos conduit tableros, elementos particulares, etc, así como las características principales de estos elementos.

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

Para efectuar la instalación eléctrica en sí es necesario que estos planos tengan cierta presenta-

ción e información, para obtener la aprobación correspondiente de la dependencia oficial correspondiente.

### 3.2 EL PRINCIPIO DEL ALAMBRADO Y LOS DIAGRAMAS DE CONEXIONES

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

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

El conocimiento general de estas tres etapas en el inicio del cálculo o proyecto de una instalación eléctrica, permitirá disponer de la información necesaria para el cálculo propiamente dicho de la instalación eléctrica, aspecto que se estudiará en el siguiente capítulo, y también para su realización.

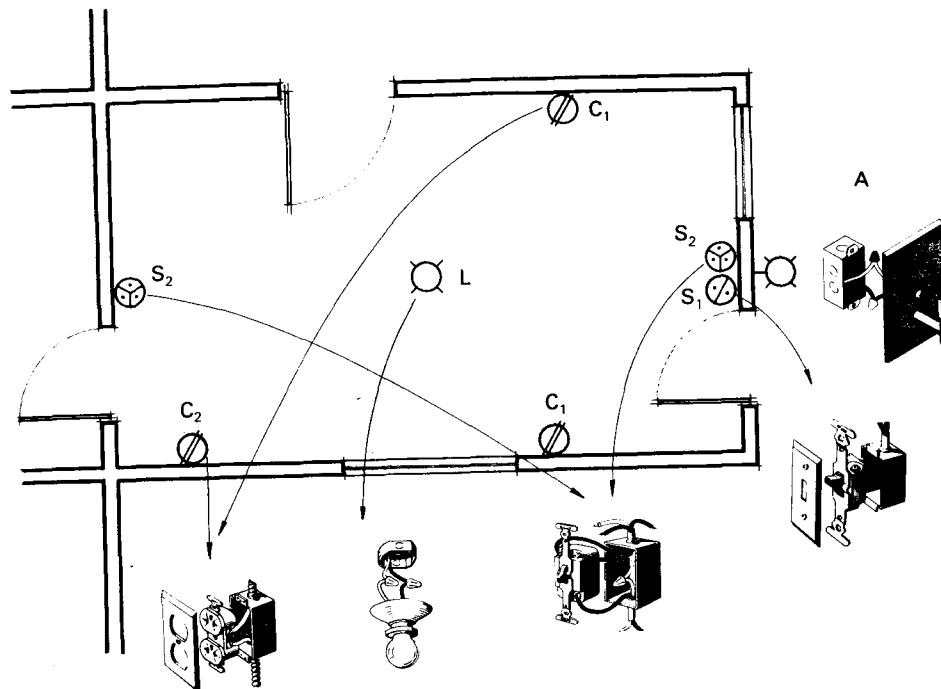
#### a) Los dibujos o planos para una instalación eléctrica

Cuando se preparan dibujos o planos arquitectónicos para construir una casa habitación, se debe procurar que éstos contengan toda la información y dimensiones necesarias para poder llenar el proyecto hasta su última etapa; de estos planos se hacen reproducciones; por lo general son copias azules, llamadas heliográficas.

La correcta lectura e interpretación de estos planos se adquiere a través del tiempo, pero un buen inicio se puede adquirir con la ayuda de una guía sistemática que permite tener una mejor idea práctica del problema, y esto es lo que se pretende en este capítulo.

En la elaboración de dibujos o planos para una instalación eléctrica se deben usar los símbolos convencionales para representar cada uno de los elementos que se estudiaron en el capítulo anterior y que en la mayoría de los casos han sido normalizados para facilitar que todos aquellos dedicados a las instalaciones eléctricas los entiendan.

En la figura 3.1-3.3 se muestra el principio básico de estos diagramas.



L = Salida de centro para lámpara  
A = Salida de arbotante  
C<sub>1</sub> = Contactos dobles  
S<sub>1</sub> = Sencillo  
S<sub>2</sub> = Apagador de tres vías

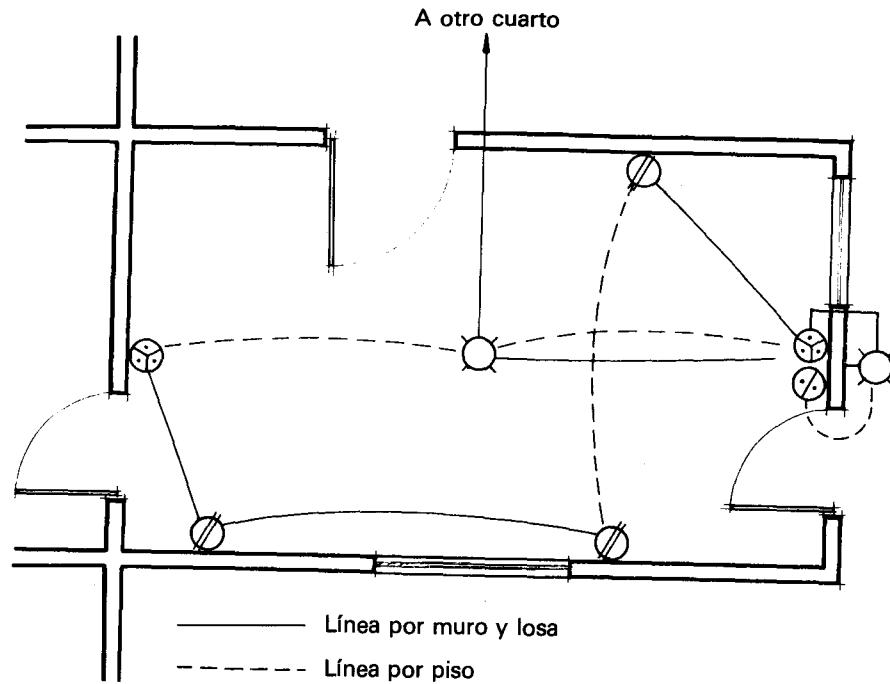
Figura 3.1 Planta simplificada de un cuarto de casa habitación.

#### b) Elaboración de los diagramas de alambrado

En el inciso anterior se dio una idea de los elementos que deben aparecer en un plano para la instalación eléctrica de una casa habitación; lo siguiente para el proyectista y/o para el instalador, es como crear el sistema eléctrico de la instalación a partir de los planos eléctricos.

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

El objetivo es aprender a interpretar los planos en una casa habitación, ya que a partir de esto es fácilmente comprensible la instalación eléctrica de otro tipo de locales. Para esto, resulta conveniente tratar por separado cada una de las componentes de la casa habitación, es decir cada una de las áreas



**Figura 3.2** Planta simplificada de un cuarto de casa habitación mostrando las posibles trayectorias de tubo conduit para alambrado a las salidas.

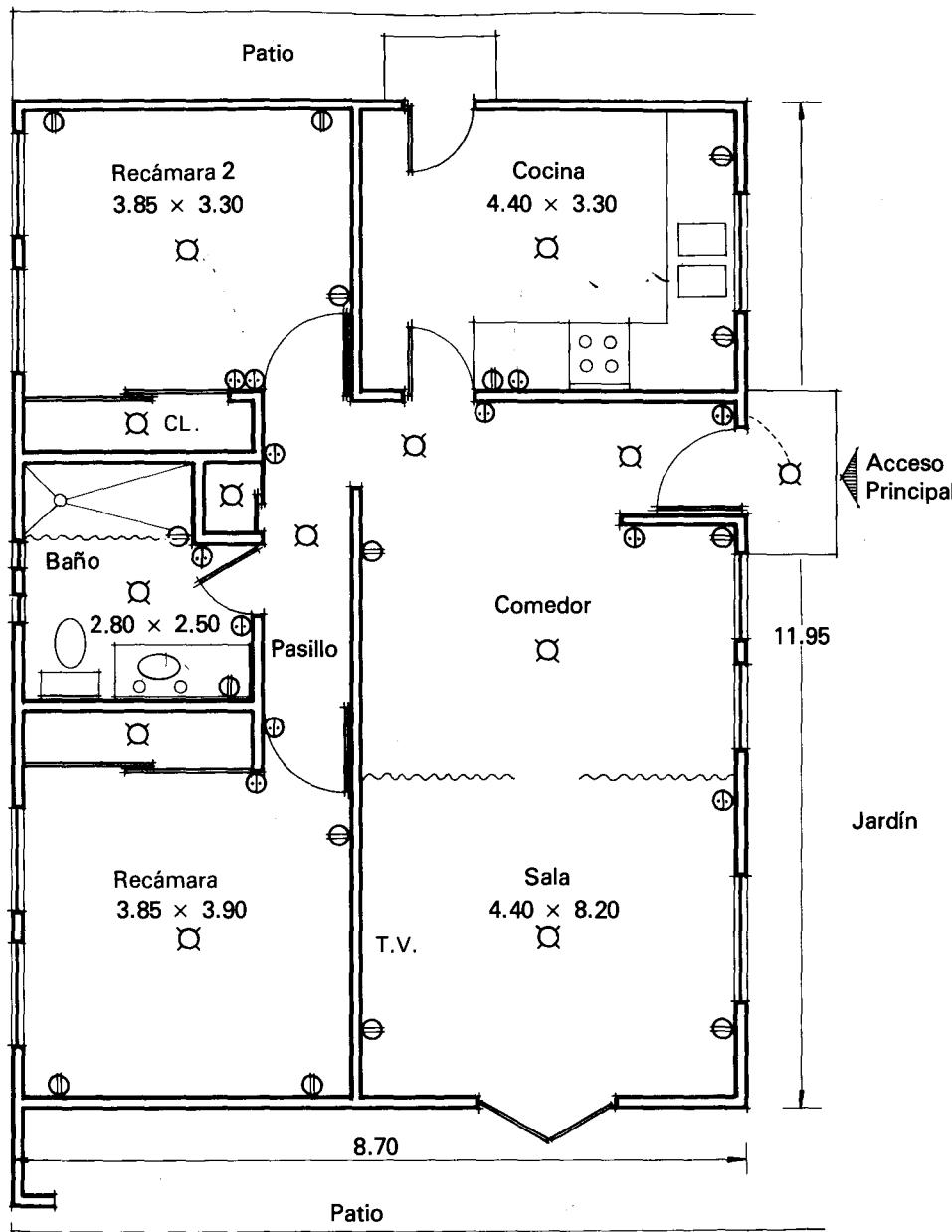
o sea las recámaras, sala, comedor, cocina, etc., tratando siempre de generalizar el procedimiento. Con base en esto es posible tener una idea más clara de cómo hacerlo para cualquier caso particular. Recuérdese que el objetivo final es tener una instalación eléctrica funcionando.

#### Alambrado de una recámara

En las figuras 3.4-3.10 se muestra el caso elemental de una recámara aislada, su planta e isométrico de alambrado.

#### c) Detalles del alambrado y diagramas de conexiones

En las figuras siguientes se trata de mostrar cuáles son las posibles trayectorias del alambrado en las distintas partes de una casa habitación. Desde luego que existen variantes, algunas más simples y otras más complejas, pero, en general, el procedimiento es el mismo. Además, las trayectorias mismas se pueden simplificar dependiendo del tipo de tubo conduit usado en la práctica, ya que, por ejemplo, si se usa PVC se pueden ahorrar conductos en curvas y cambios de dirección.



**Figura 3.3** Plano elemental de una casa habitación pequeña, de un nivel, mostrando algunas salidas eléctricas necesarias.

En estos diagramas se trata de mostrar principalmente la relación entre la planta de un plano eléctrico para una casa habitación y su realización física por medio de los dibujos isométricos que dan una idea de localización de las salidas para cada elemento (alumbrado, contactos, apagadores, TV, etc.).

Figura 3.5. Alambreado de una recámara con closet.

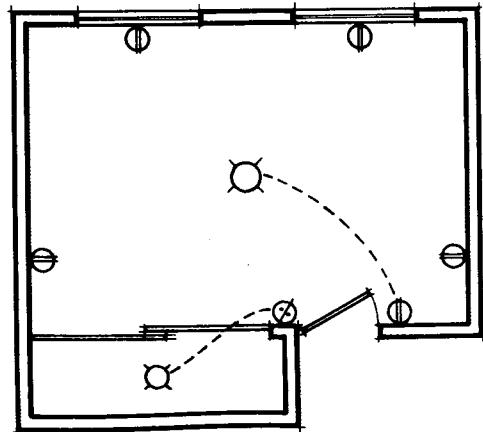
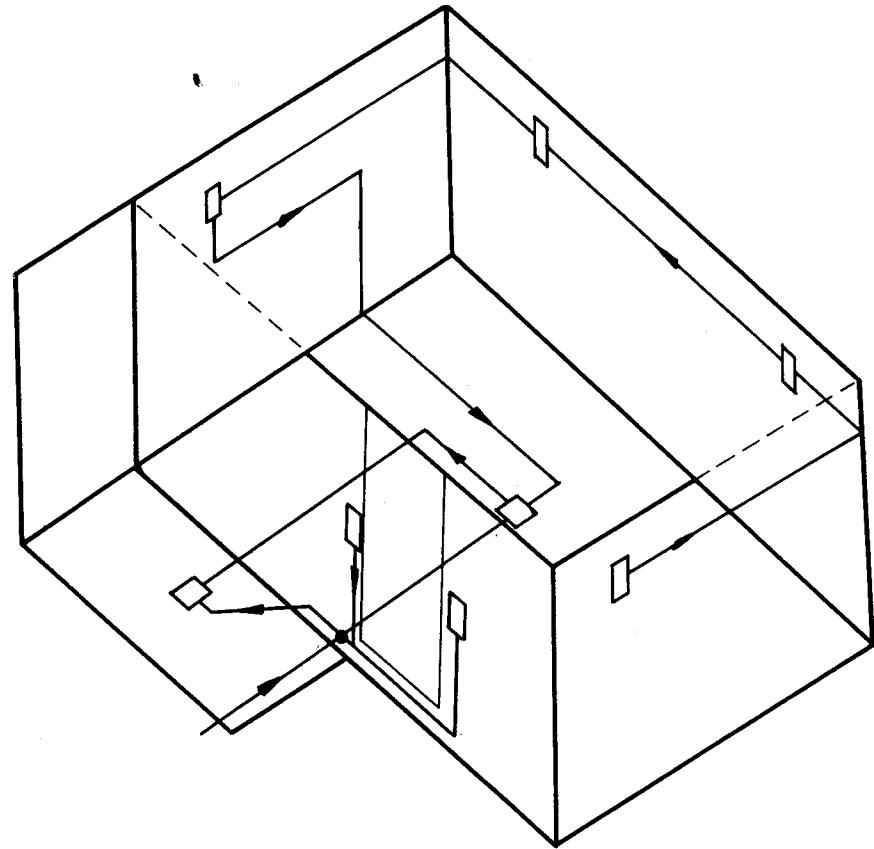
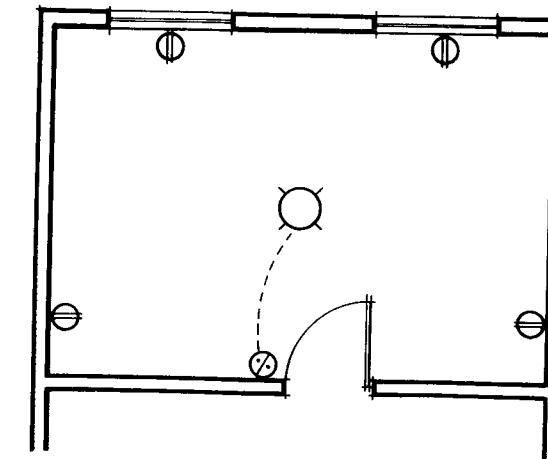
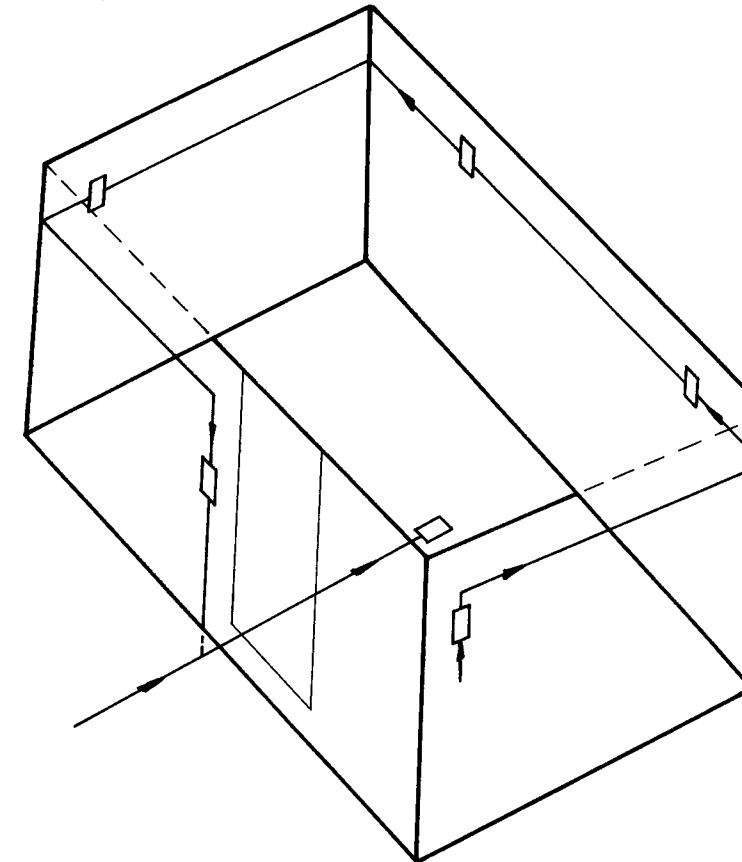
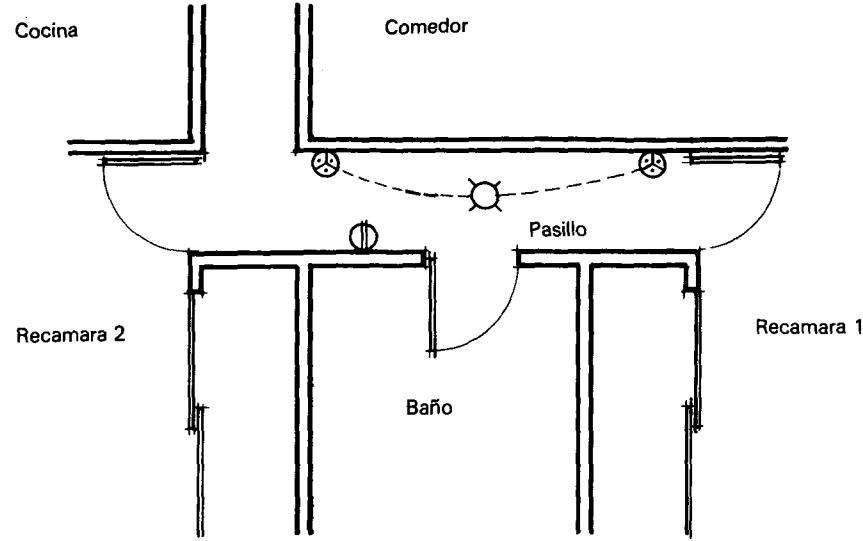


Figura 3.4. Alambreado de una recámara.



## Alambrado y diagramas de conexiones



## Principios de alambrado y diagramas de conexiones

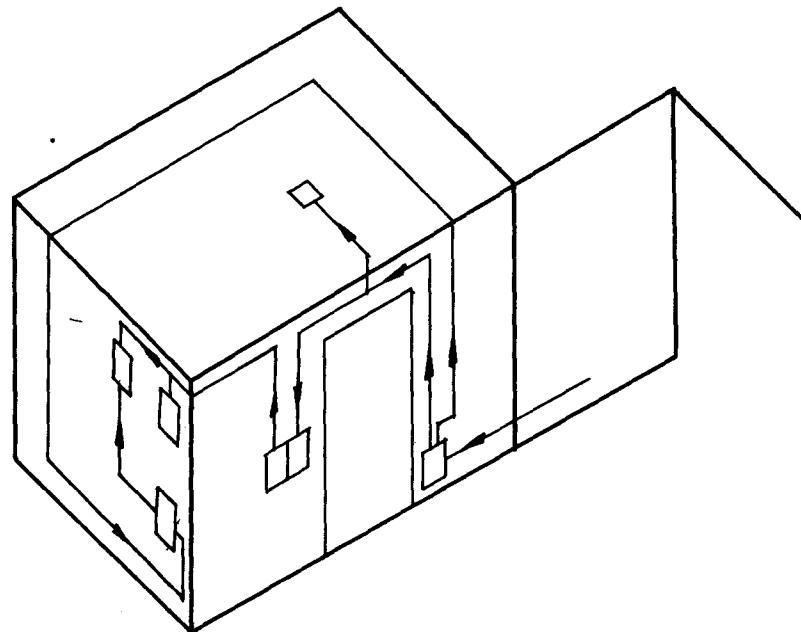
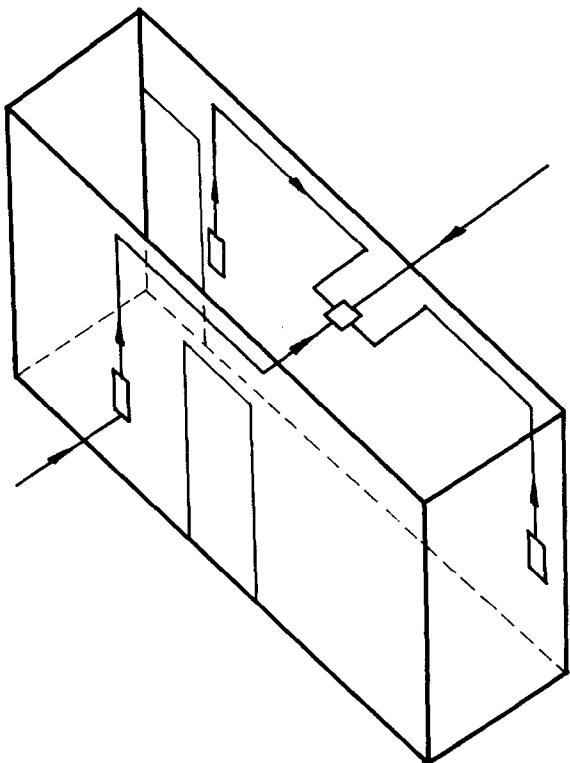
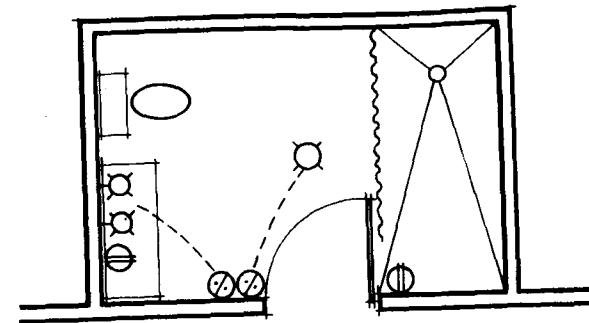


Figura 3.6. Alambrado de un pasillo con lámpara controlada desde dos posiciones.

Figura 3.7. Alambrado de un baño.

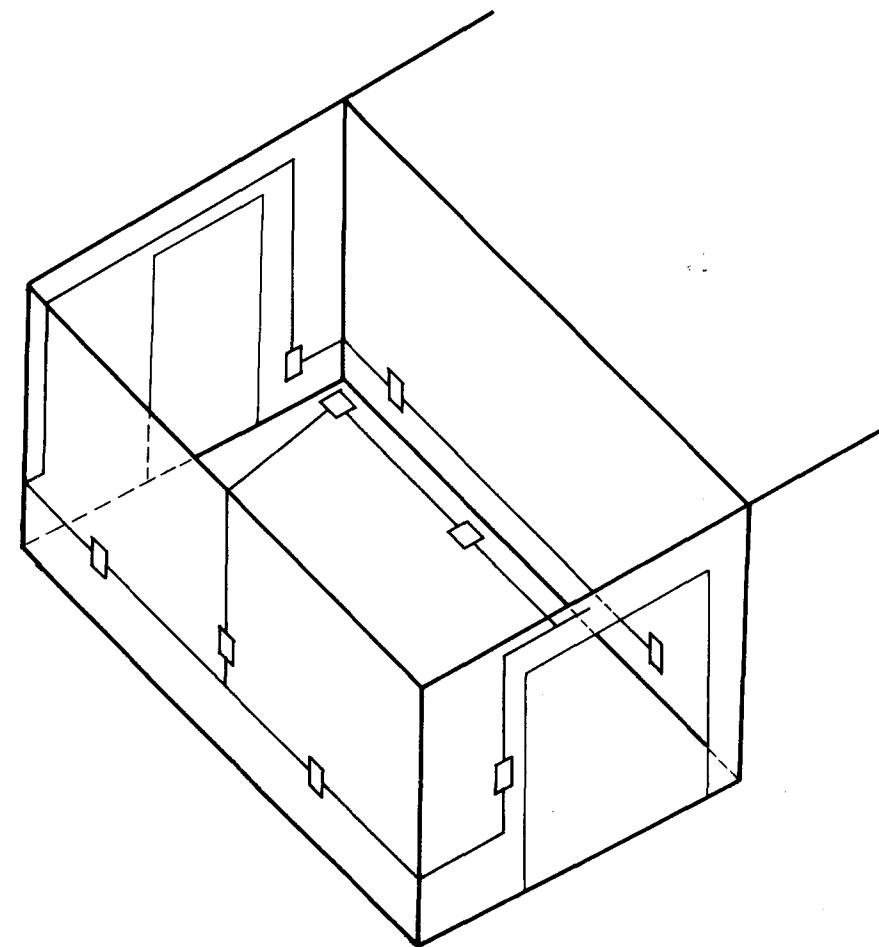
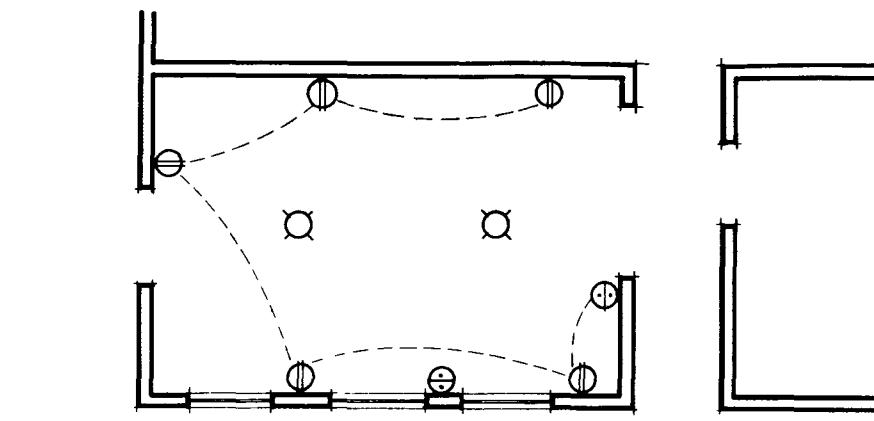


Figura 3.8. Alambrado de una sala-comedor con contactos alimentados desde un punto.

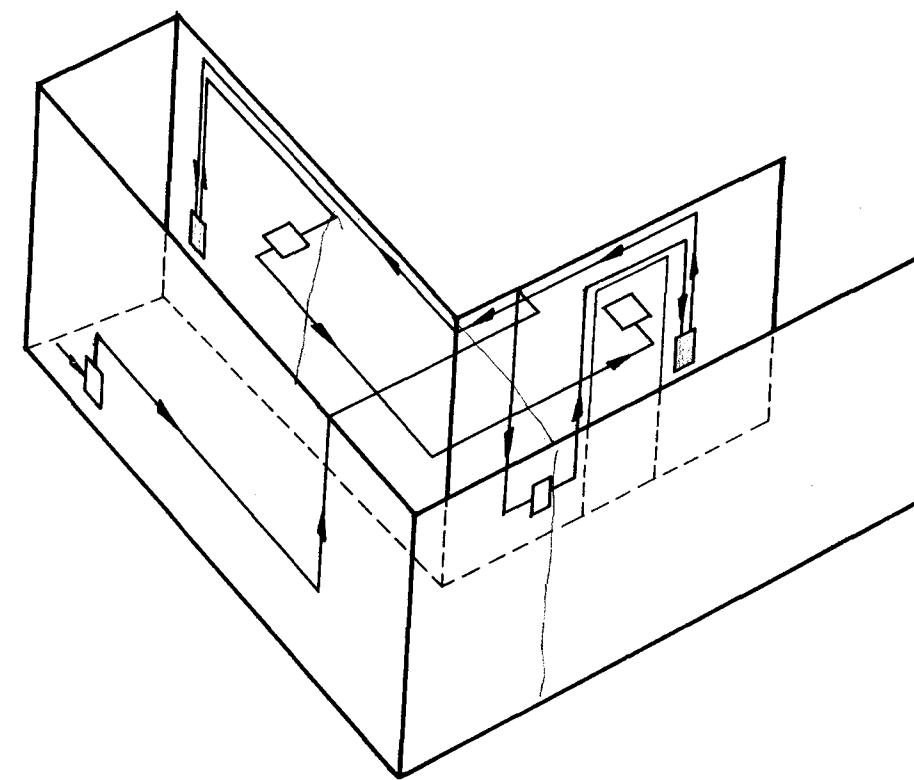
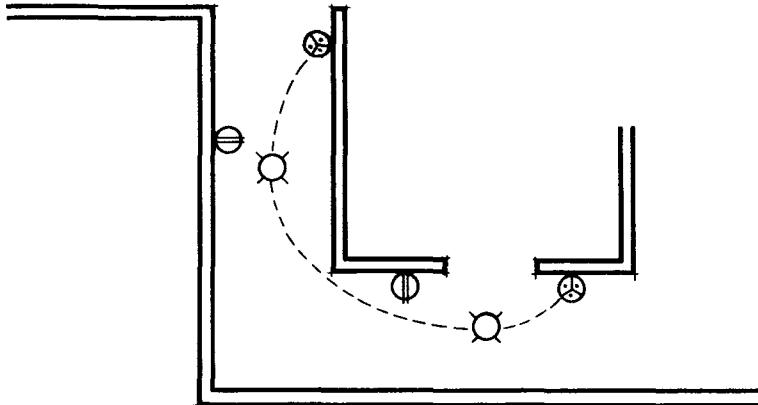


Figura 3.9. Pasillo con dos lámparas controladas desde dos puntos.

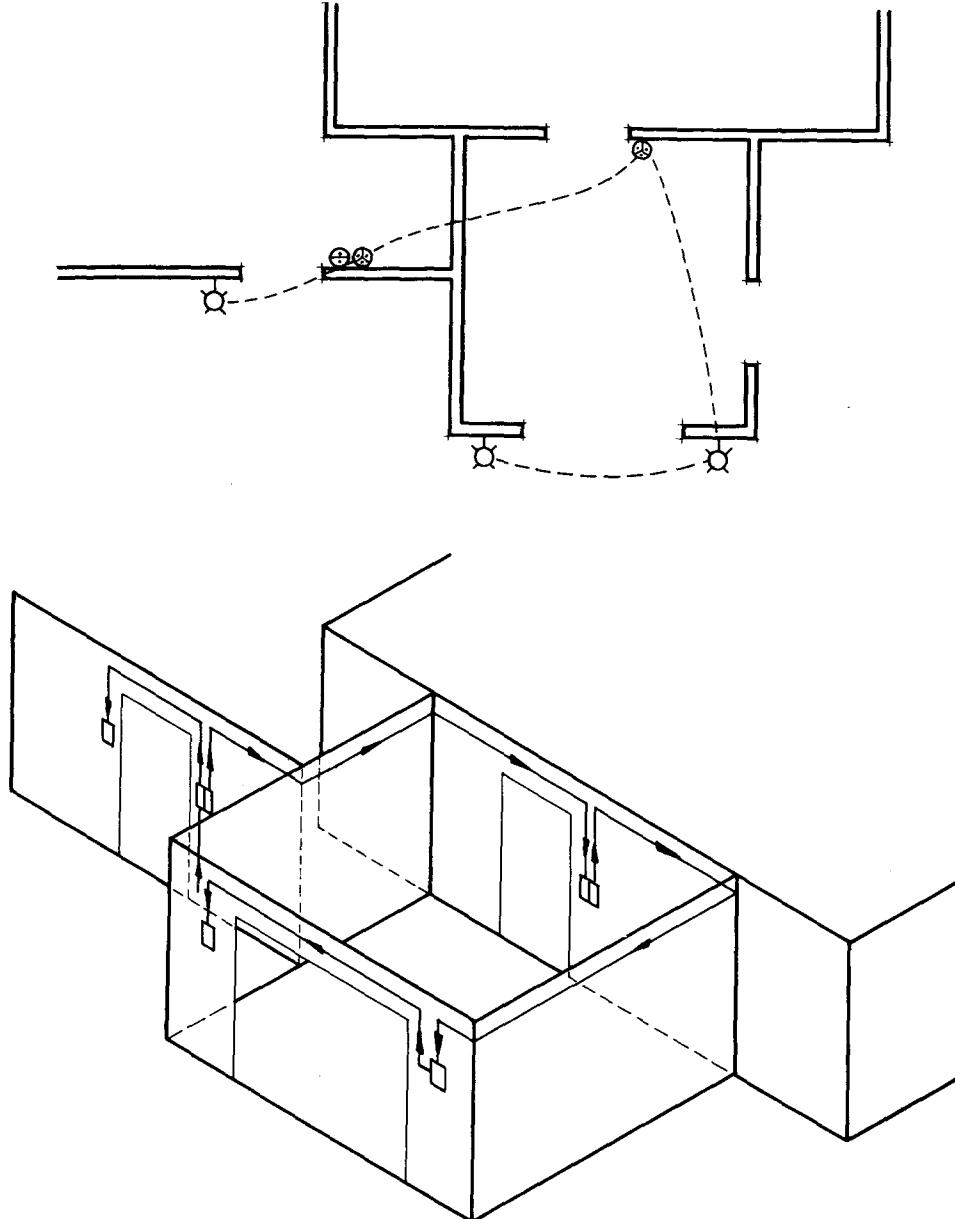


Figura 3.10. Alumbrado exterior controlado desde el interior.

se podrá observar que sólo se muestran las cajas de salida a cada uno de los elementos; ahora en esta parte se ilustrarán algunos detalles de las conexiones y el alambrado entre los distintos elementos, para esto se muestran algunos de los casos más comunes, quedando la relación entre los diagramas de alambrado y sus elementos.

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

L — conductor de línea a fase.

N — conductor neutro.

R — conductor de retorno.

En las normas técnicas para instalación eléctrica se recomienda para la ejecución práctica de las instalaciones eléctricas y con propósitos de facilidad de identificación en el alambrado, los siguientes colores en los forros de los conductores:

- *Conductores a tierra (neutro)* con color *blanco o gris claro*.
- *Conductor para puesta a tierra de equipo* color *verde* de preferencia.

Conductores activos (de línea a fase) con colores diferentes cada conductor que no sean blanco, gris claro o verde. Cuando se tienen varios circuitos en un mismo tubo conduit o canalización se debe usar la forma adecuada de identificación a cada circuito.

A continuación se muestran algunos de los diagramas de conexiones más comunes asociados a la mayoría de las instalaciones eléctricas de casas habitación.

### 3.3 DIAGRAMAS DE CONEXIONES Y SU ALAMBRADO

#### 3.3.1 Alimentación a lámpara incandescente accionada con apagador de cadena

Este tipo de instalación se usa en alumbrado sencillo de casas habitación, en closets y áticos o portales. No todas las lámparas con apagador de cadena se fabrican igual, especialmente en cuanto al portalámparas se refiere, pero el alambrado es el mismo (figuras 3.11 y 3.12).

#### 3.3.2 Lámpara incandescente controlada por un apagador sencillo

En las figuras 3.13a, b y c se muestra una salida para la lámpara incandescente o portalámparas, en a) la alimentación es por la caja y en c) la lámpara está alimentada por la caja que tiene salidas para otros elementos de la instalación eléctrica. Estas variantes son muy comunes en las instalaciones eléctricas.

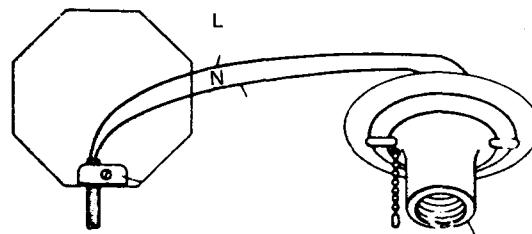


Figura 3.11. Lámpara con apagador de cadena.

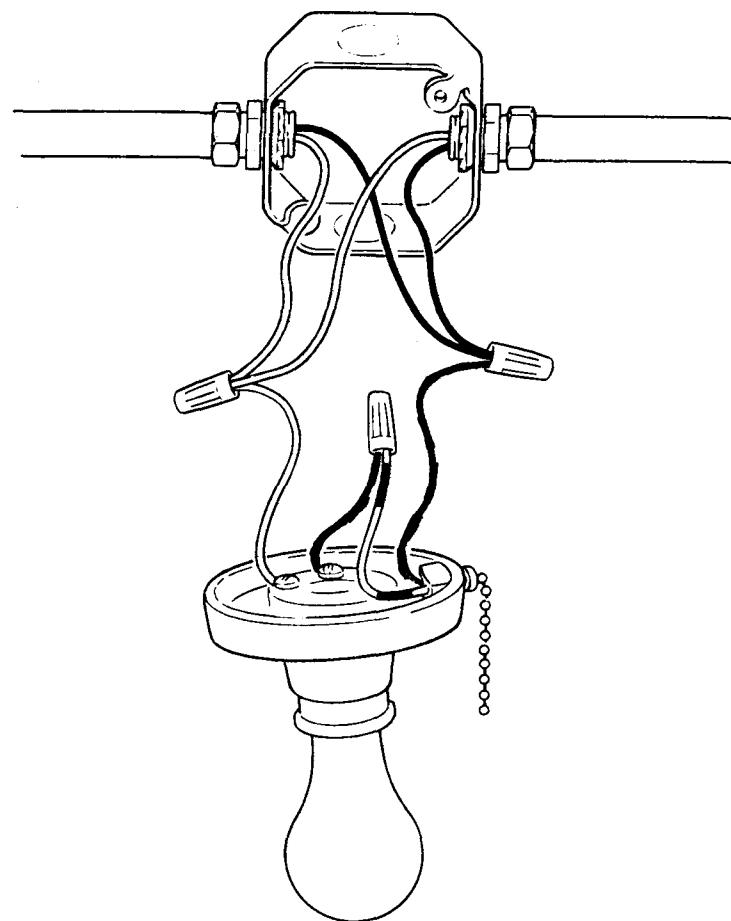
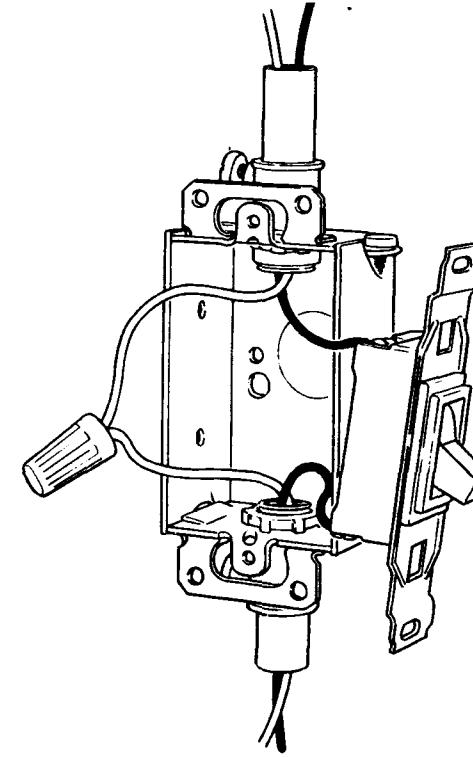
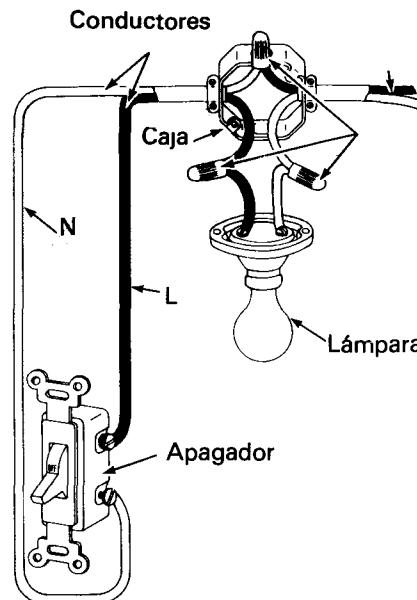


Figura 3.12. Lámpara con apagador de cadena v conductores a otras salidas.



Detalle del alambrado del apagador.

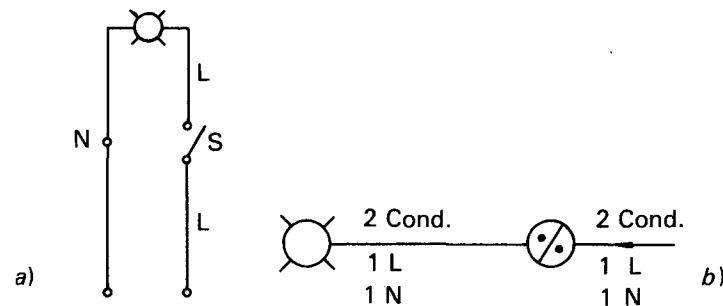


Diagrama representativo: a) Alimentación por apagador, b) Diagrama representativo.

Figura 3.13 a) Lámpara controlada por 1 apagador y alimentada por la caja.

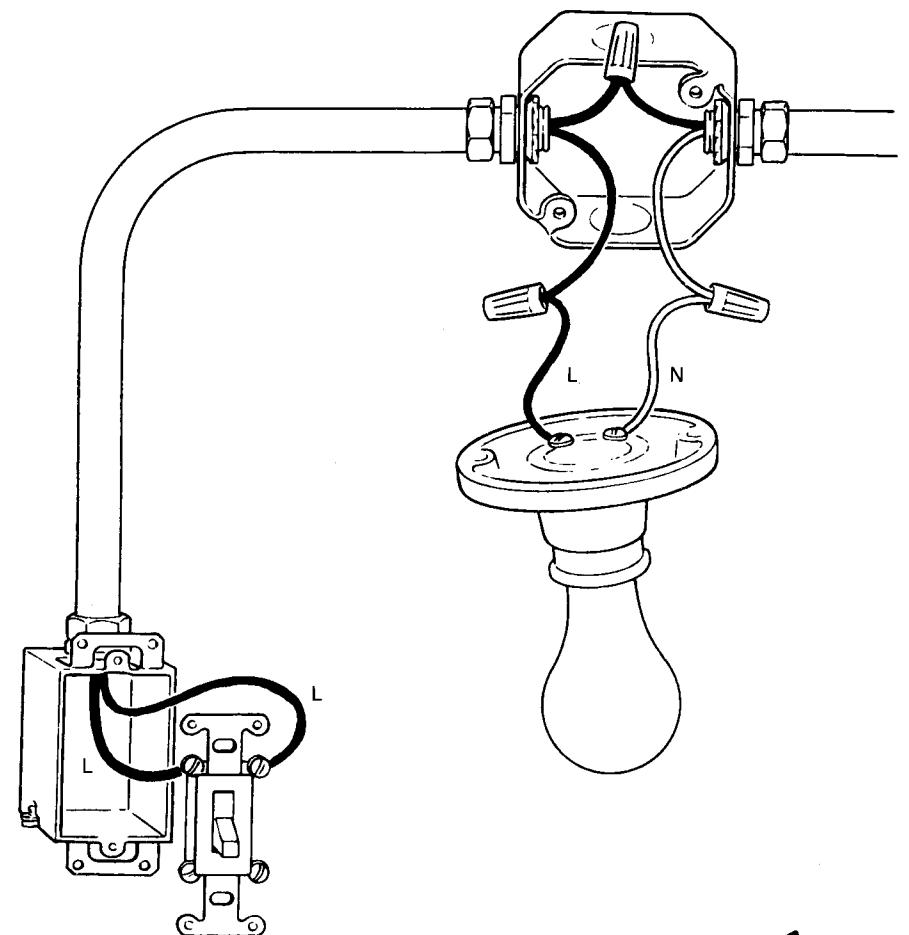


Figura 3.13. b) Lámpara alimentada por la caja y controlada por el apagador.

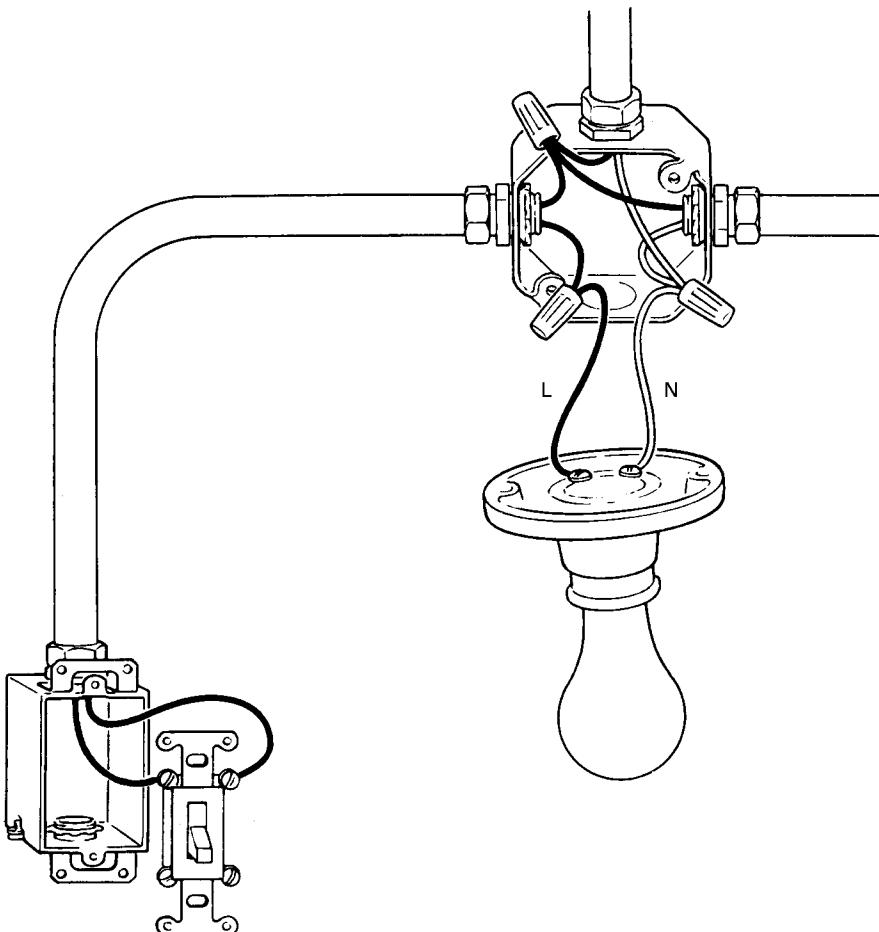


Figura 3.13. c) Lámpara controlada por el apagador y alimentada por la caja, con salida para otros elementos.

### 3.3.3 Alimentación a dos lámparas incandescentes controladas por una apagador sencillo

Frecuentemente en áreas más o menos grandes dentro de las casas habitación, como es el caso de la sala o el comedor, es necesario alimentar a dos o más lámparas que estén controladas por un mismo apagador sencillo (figuras 3.14 a, b y c). El apagador se usa y conecta como en el inciso anterior, correspondiendo en este caso al inciso b) en que la lámpara está alimentada por la caja de conexiones.

Se puede observar en este caso que la lámpara 1 está alimentada de la caja por medio de los conductores "puente", uno de fase y otro neutro.

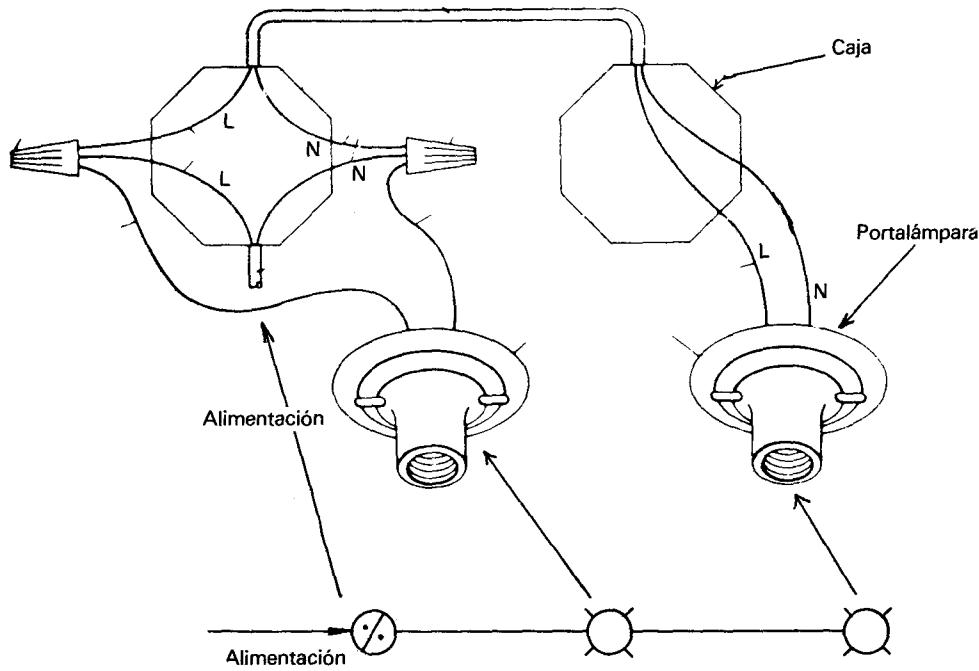


Figura 3.14 a)). Diagrama Esquemático.

### 3.3.4 Alimentación a una lámpara incandescente controlada por un apagador sencillo con lámpara piloto

La conexión y alambrado de una lámpara con apagador con lámpara piloto es semejante al alambrado y conexión de dos lámparas controladas por un apagador que se estudió en el inciso anterior; la diferencia fundamental es que una lámpara está montada en el apagador en lugar de que ambas lámparas estén a distancia con respecto al interruptor. En la figura 3.15 se muestra el caso de una lámpara alimentada por el apagador.

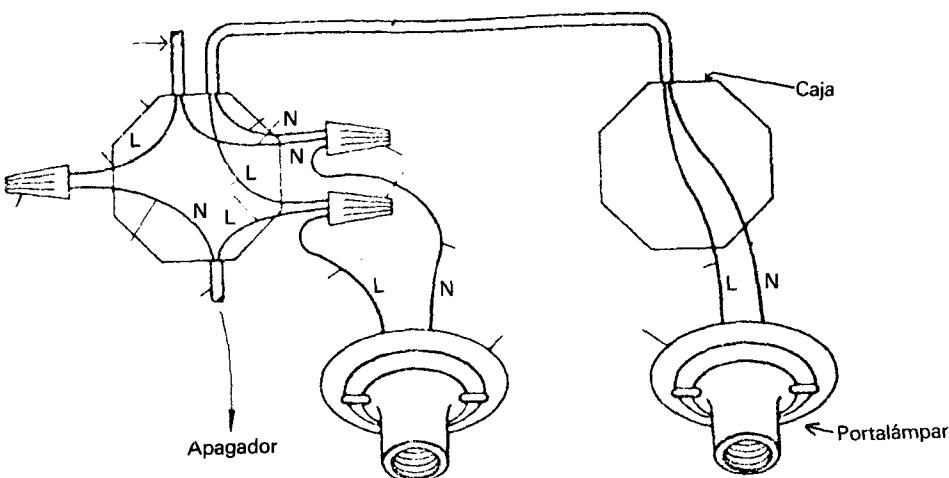


Figura 3.14 b) Dos lámparas controladas por un apagador sencillo alimentadas por una de las lámparas.

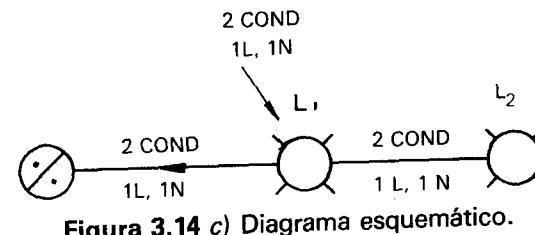


Figura 3.14 c) Diagrama esquemático.

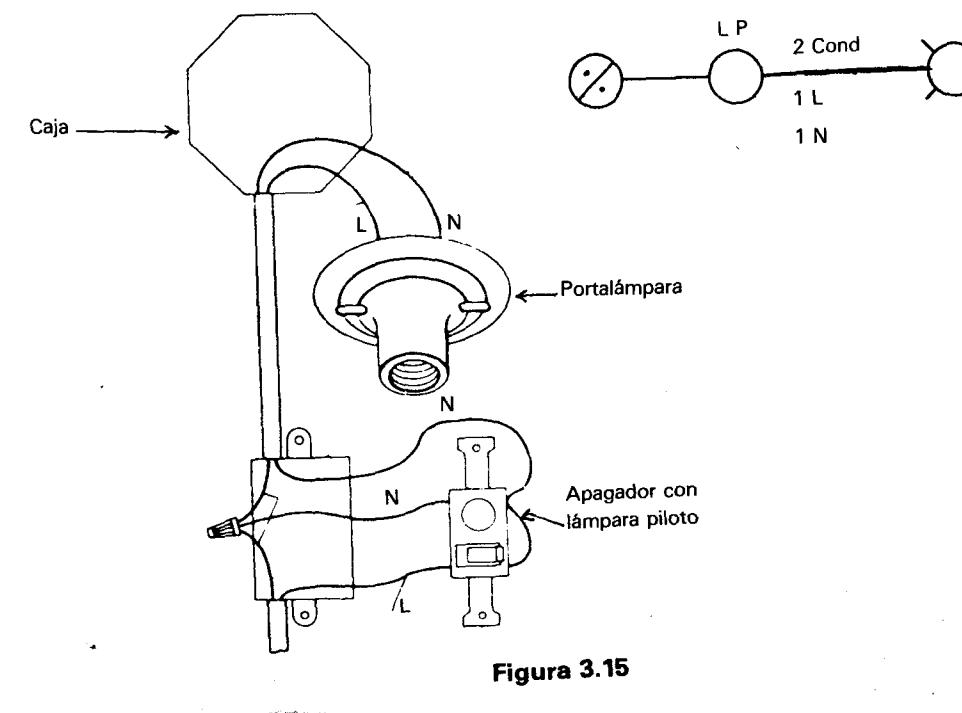
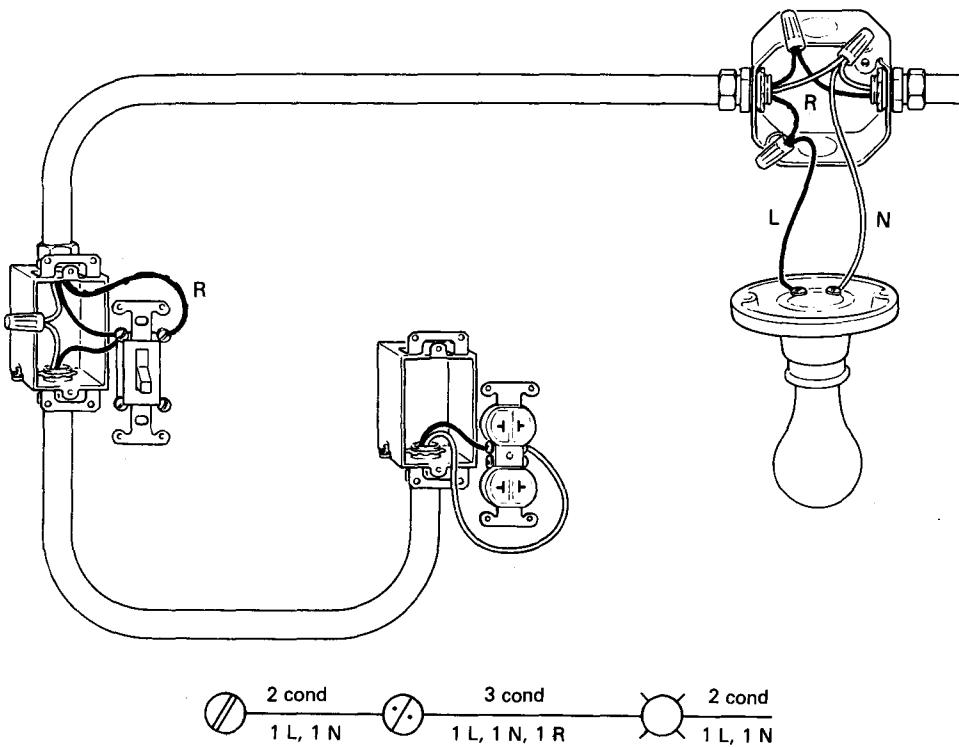


Figura 3.15

### 3.3.5 Alimentación de una lámpara controlada por un apagador sencillo y con alimentación a un contacto doble o a más contactos

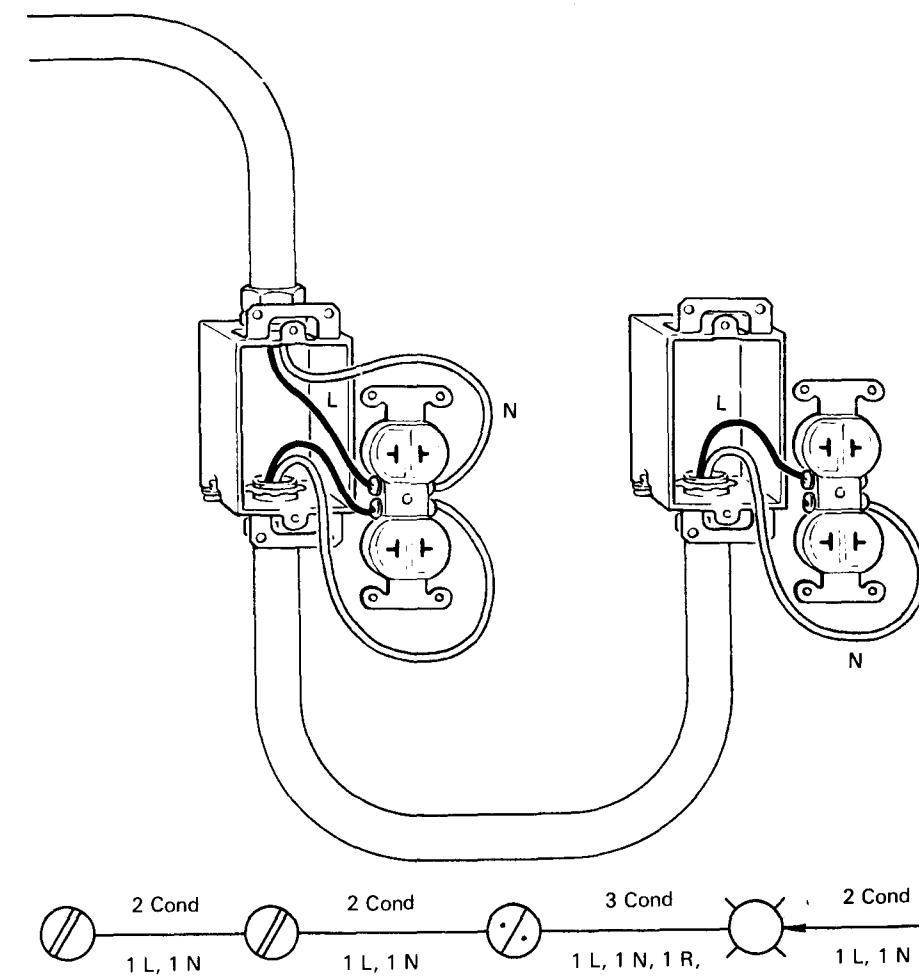
En las instalaciones eléctricas de casas habitación es bastante común el alambrado en un mismo circuito de la lámpara, el apagador y los contactos, estando los contactos permanentemente energizados. En las figuras 3.16 a, b y c, se muestra el diagrama correspondiente con alimentación por el lado de la lámpara.



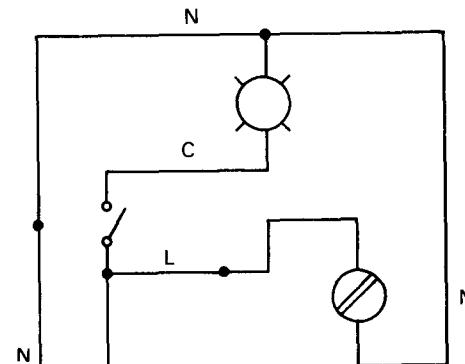
**Figura 3.16 a)** Alimentación de una lámpara controlada por un apagador sencillo con alimentación a contacto.

### 3.3.6 Lámpara incandescente controlada por apagadores de tres vías y alimentación por la lámpara

Como se ilustró esta conexión en el capítulo anterior, es común en pasillos, salas, comedor o bien escaleras con apagadores en la parte inferior y en la parte superior. En las figuras 3.17 a, b y c se muestra esta conexión y su variante cuando la alimentación es por uno de los apagadores de 3 vías.



**Figura 3.16 b)** Alimentación a una lámpara controlada por un apagador y alimentación a contactos dobles.



**Figura 3.16 c)** Variante de conexión para 1 contacto doble.

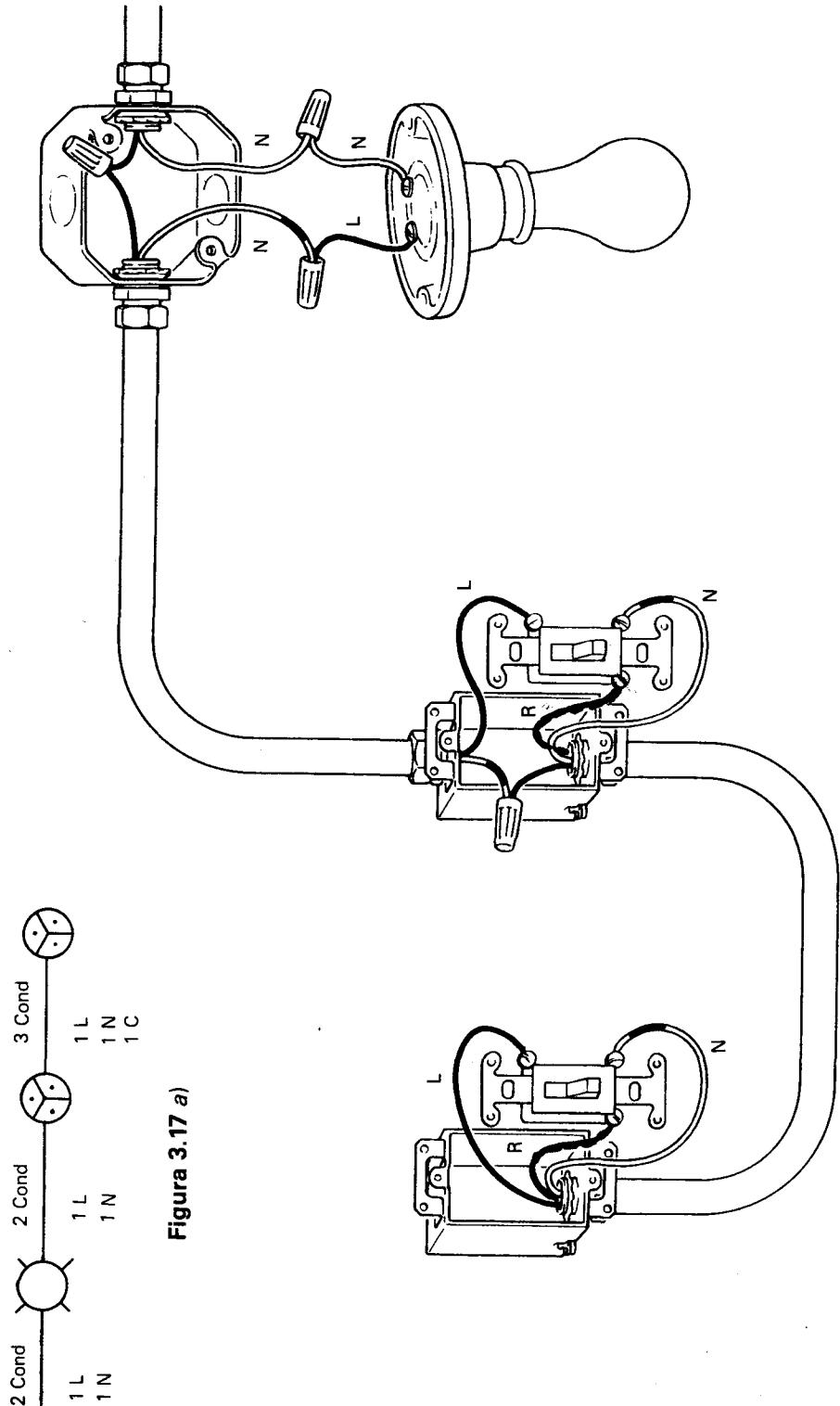


Figura 3.17 b) Instalación de lámpara controlada por apagadores de 3 vías desde dos puntos.

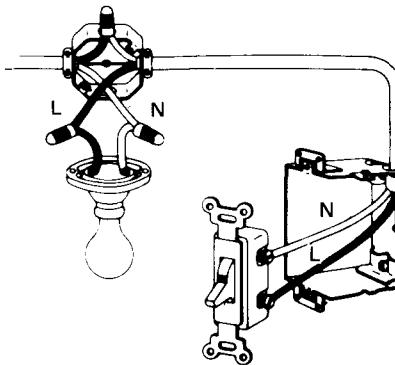


Figura 3.17 c) Lámpara controlada por apagador sencillo y continuación a otros elementos.

### 3.3.7 Instalación de un apagador de 4 vías con dos apagadores de 3 vías para controlar una lámpara desde tres puntos

El apagador de 4 vías se fabrica de tal manera que sus contactos pueden alternar sus posiciones y tiene de hecho dos posiciones pero ninguna de ellas es "encendido" o "apagado" y se puede identificar por sus cuatro terminales y porque no tiene indicadas las posiciones de "encendido" "apagado" (ON-OFF).

Estos apagadores se usan cuando una o más lámparas (o grupos de cargas) se deben controlar desde más de dos puntos; para cumplir con esta función se instalan apagadores de 3 vías, una del lado de la fuente y otra del lado de la carga. En la figura 3.18 a se muestra el diagrama de conexiones en donde  $S_3$  representa el apagador de 3 vías y  $S_4$  el apagador de 4 vías.

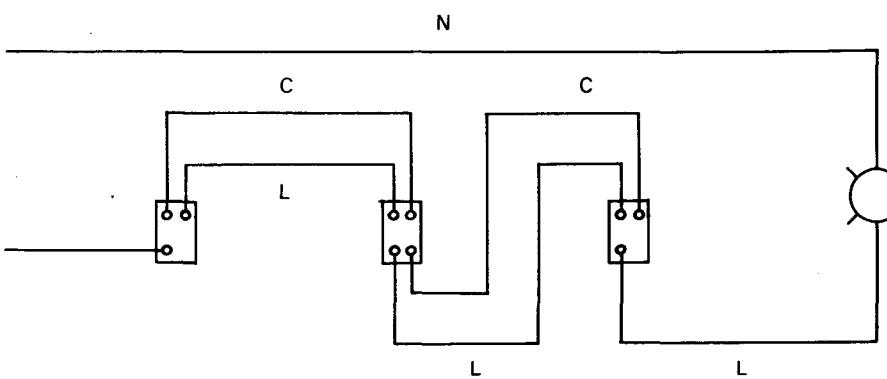
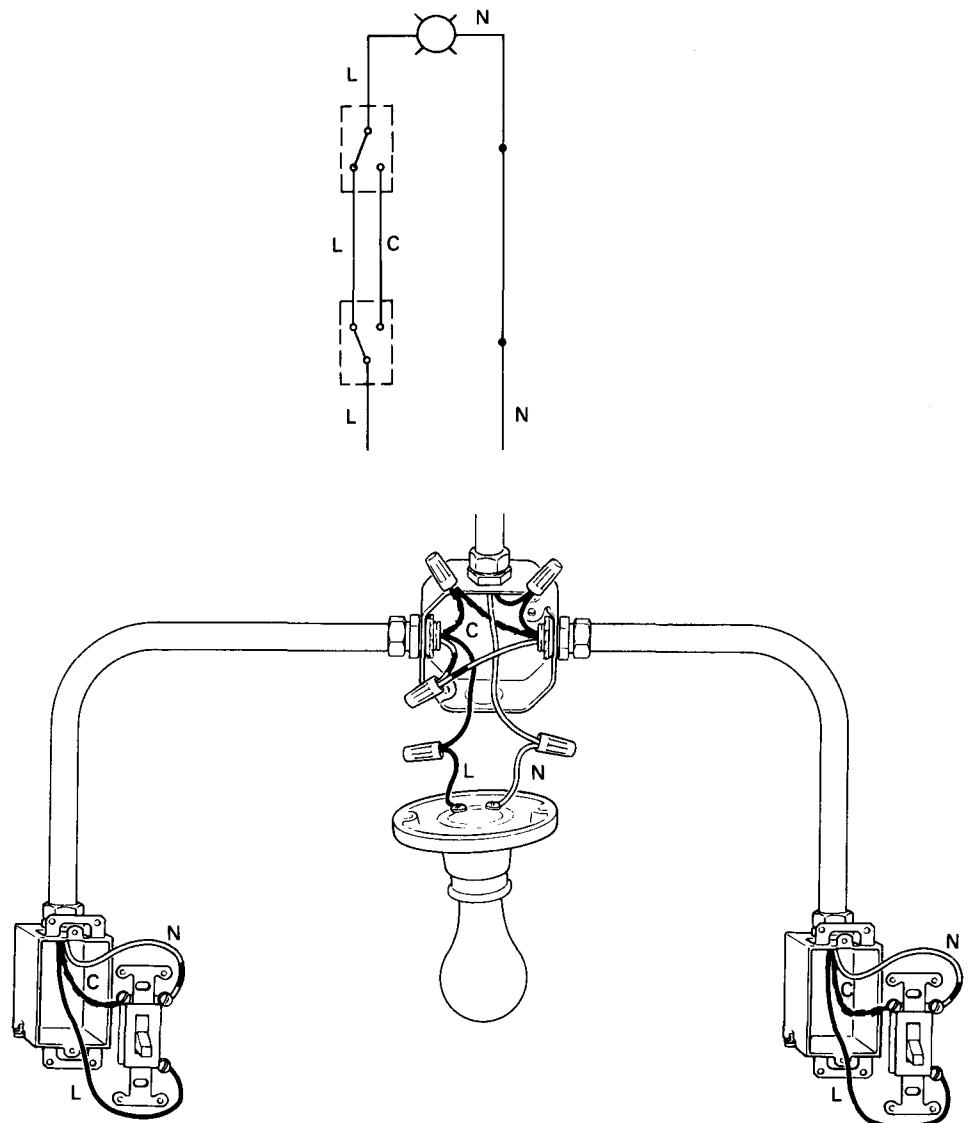
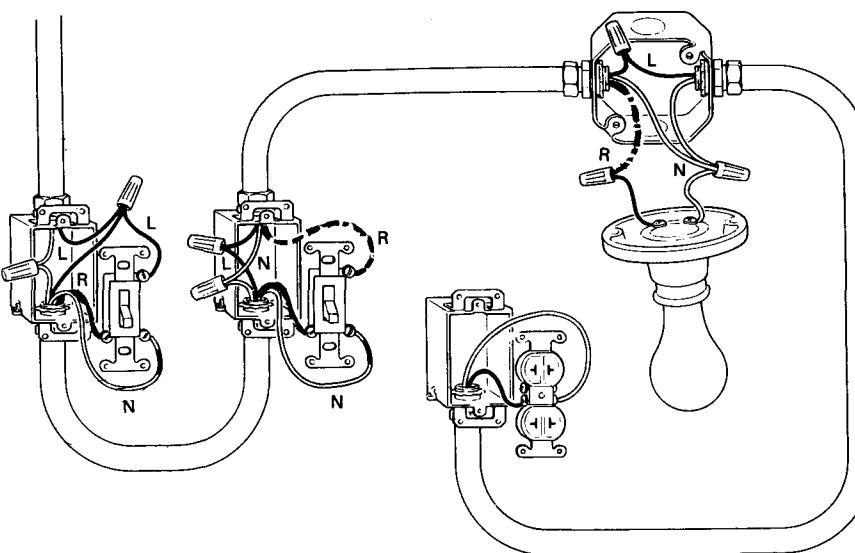


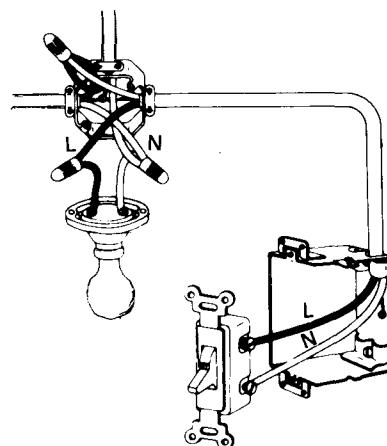
Figura 3.18 a) C representa el conductor viajero o de control.



**Figura 3.18 b)** Lámpara controlada por dos apagadores de 3 vías localizada al centro.



**Figura 3.18 c)** Instalación de lámpara controlada por dos apagadores de 3 vías y alimentación a contacto.



**Figura 3.18 d)** Lámpara controlada por apagador sencillo al final de la instalación.

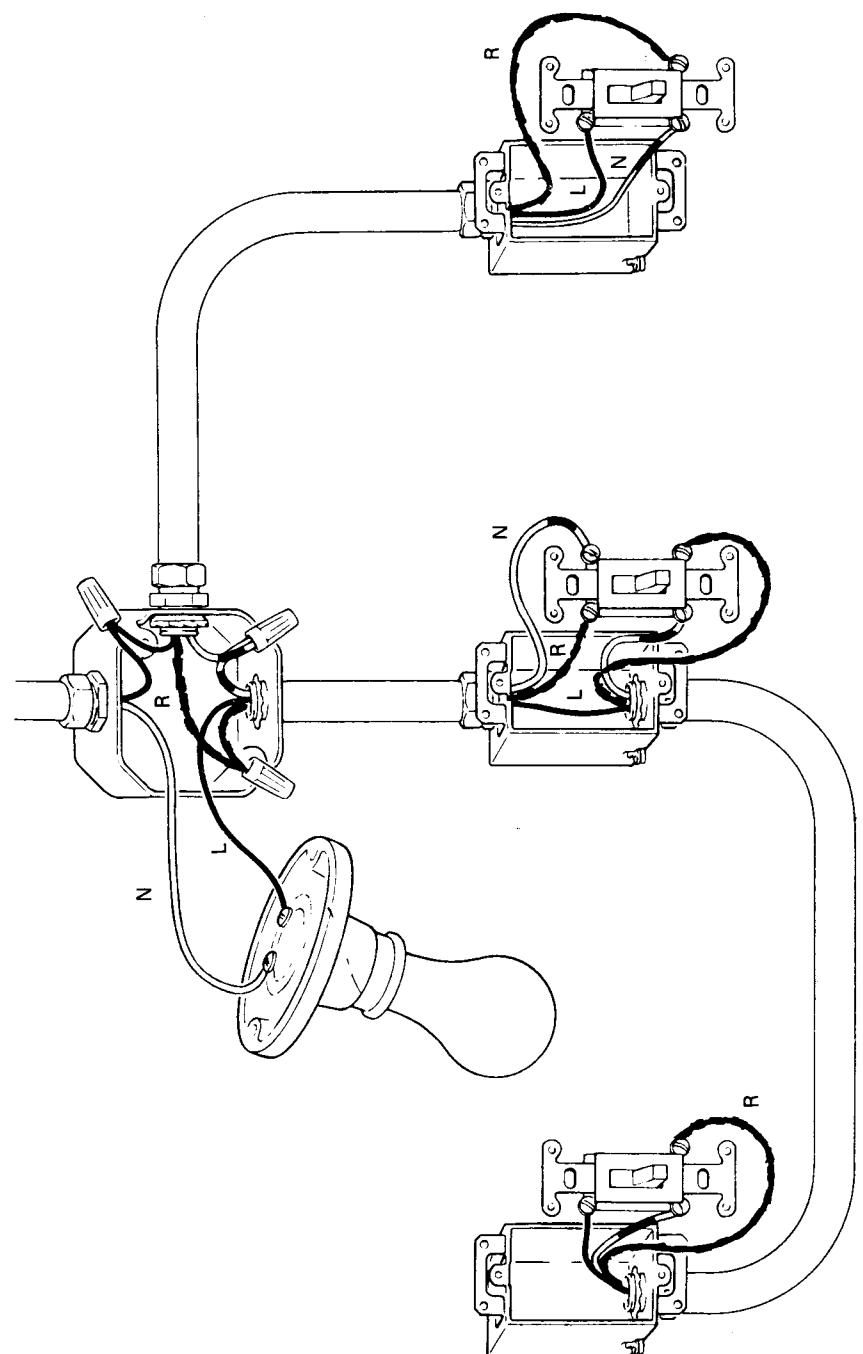


Figura 3.18 e) Instalación de apagadores de 4 vías y 3 vías para controlar una lámpara desde 3 puntos.

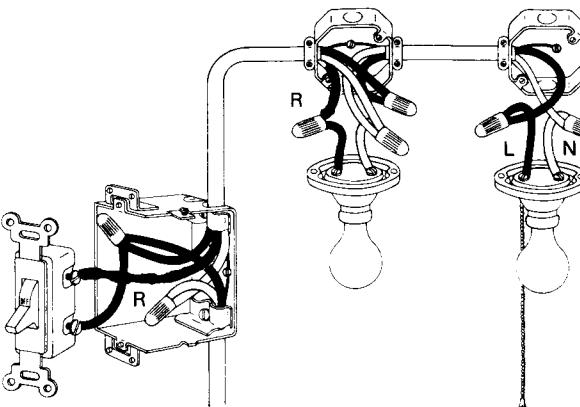


Figura 3.18 f) Instalación de 2 lámparas, una controlada por apagador sencillo y otra por apagador de cadena.

### 3.3.8 Instalación de lámparas fluorescentes

El uso de lámparas fluorescentes ofrece ventajas con relación a las incandescentes. Entre otras ventajas se pueden mencionar como más importantes las siguientes: alta eficiencia con 2 ó 3 veces más lumens por watt (el lumen es una unidad de intensidad luminosa), menor calor producido, luz con menos sombras iluminando una mayor área, en condiciones normales de operación ofrecen un tiempo de vida esperada mayor.

Las desventajas de las lámparas fluorescentes con respecto a las incandescentes son principalmente las siguientes: mayor sensibilidad a la temperatura, en ambientes de alta humedad se puede requerir de medios de protección especiales, tienen alto costo inicial, su tiempo de vida esperado se puede afectar severamente por el número de operaciones de apagado y encendido que se realicen, su factor de potencia es menor que la unidad en comparación con las lámparas incandescentes.

Para los propósitos de las instalaciones eléctricas no es necesario entrar en los detalles del principio de operación de estas lámparas y sólo se mencionará el diagrama elemental de operación de las lámparas fluorescentes que se indica en la figura 3.19.

El dispositivo denominado balastra se conecta en serie con la lámpara y el arrancador; la balastra o reactor consiste de muchas vueltas o espiras de alambre delgado arrolladas en un núcleo de hierro; debido a la autoinducción, se genera un alto valor de fuerza contra electromotriz en la balastra en el instante que los contactos del arrancador se separan e interrumpen el circuito. El arrancador tiene un capacitor entre los puntos de contacto que reduce el arqueo entre estos puntos.

Para los fines de su aplicación, las lámparas fluorescentes tienen distinta luminosidad y color, se les conoce como: *color luz de día* que es el más

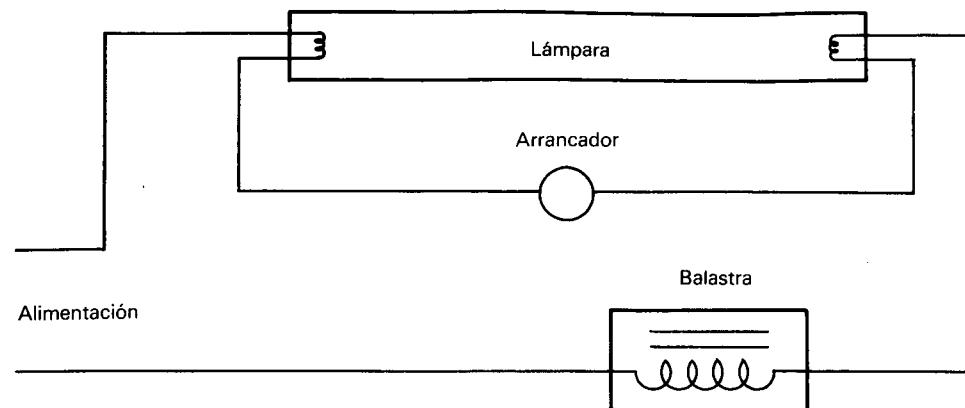


Figura 3.19 Lámpara con alto factor.

claro de todos los colores en lámparas fluorescentes y por lo general se usa para ornatos y aparadores o aplicaciones similares a éstas; tiene la desventaja de que altera los colores, por lo que no se usa en áreas en donde se deba seleccionar colores.

- **Color blanco frío.** Este color es funcional en aplicaciones como iluminación de oficinas, escuelas, áreas de selección de colores, salas de dibujo, eventualmente en casas habitación en baños y recámaras, en combinación de alumbrado con lámparas incandescentes.
- **Color blanco cálido.** Tiene prácticamente las mismas aplicaciones que el color blanco frío, pero tiene la desventaja de que altera ligeramente los colores por su tono amarillento.

En aplicaciones industriales es común encontrar el uso de lámparas fluorescentes en talleres, en donde se recomienda que para evitar el parpadeo de estas lámparas que es característico; a este efecto se le conoce como efecto estroboscópico y es conveniente usar lámparas por parejas, es decir, colocando dos tubos en lugar de uno en la luminaria. En la figura 3.20 se muestra el aspecto de una luminaria.

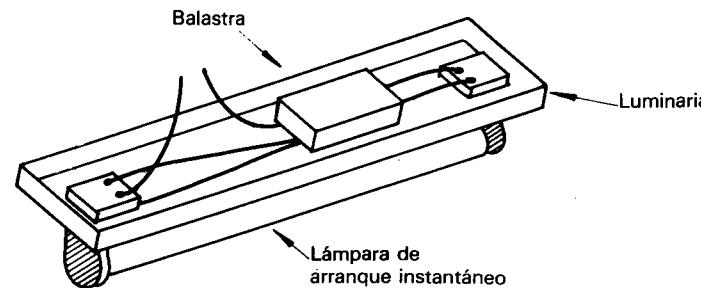


Figura 3.20

Existen tubos de lámparas fluorescentes que no requieren arrancador ni precalentamiento de los filamentos y también los hay de arranque rápido con precalentamiento que se pueden usar en las lámparas estándar del tipo arrancador.

Es conveniente mencionar que los tubos de lámparas que no requieren arrancador llevan un portalámpara especial; también es bueno saber que los tubos llevan un recubrimiento de fósforo que es el que determina el color de la luz, por lo que hay gran variedad de colores en tubos.

Las lámparas fluorescentes son más caras que las incandescentes y además presentan más problemas en su operación en el orden siguiente: tubos, arrancador y la balastra. Cambiar tubos y arrancadores es relativamente simple; de hecho los tubos se deben reemplazar cuando se empiezan a obscurecer sus extremos. Cambiar la balastra es un poco más laborioso y desde luego, su costo es elevado con respecto a los otros dos componentes de la luminaria (arrancador y tubo).

Las figuras 3.21-3.23 muestran el diagrama esquemático de un arreglo de dos lámparas fluorescentes como aparecen conectadas en una luminaria.

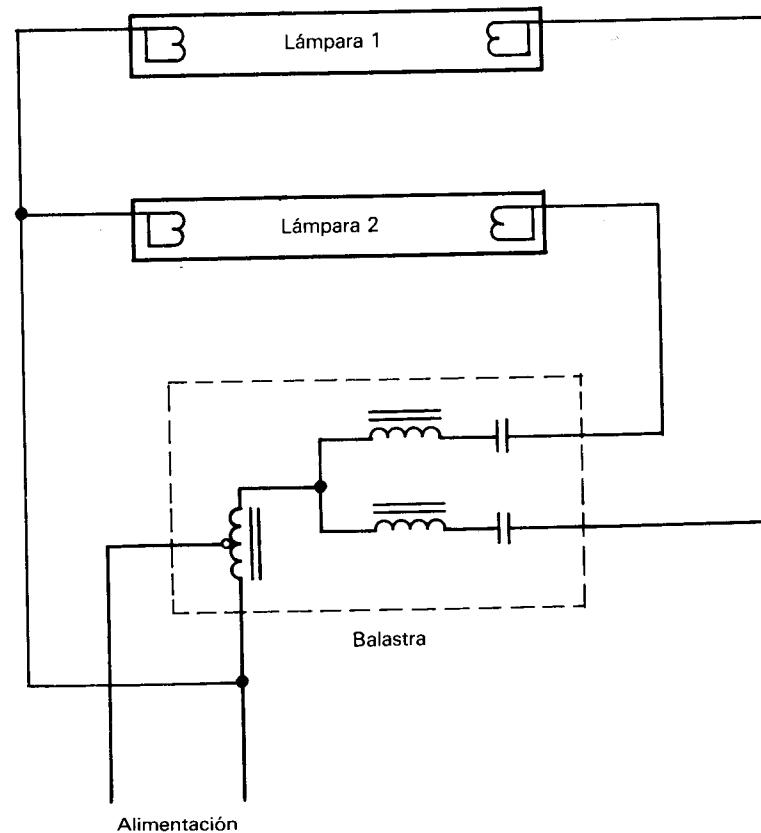


Figura 3.21 Arreglo de lámparas con arranque instantáneo

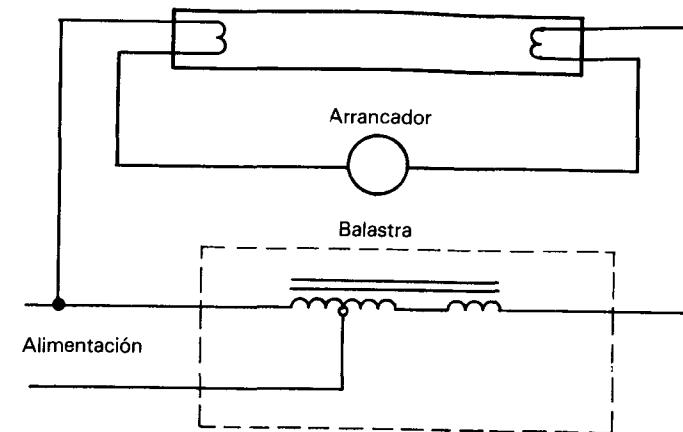


Figura 3.22 Conexión para lámpara sin parpadeo

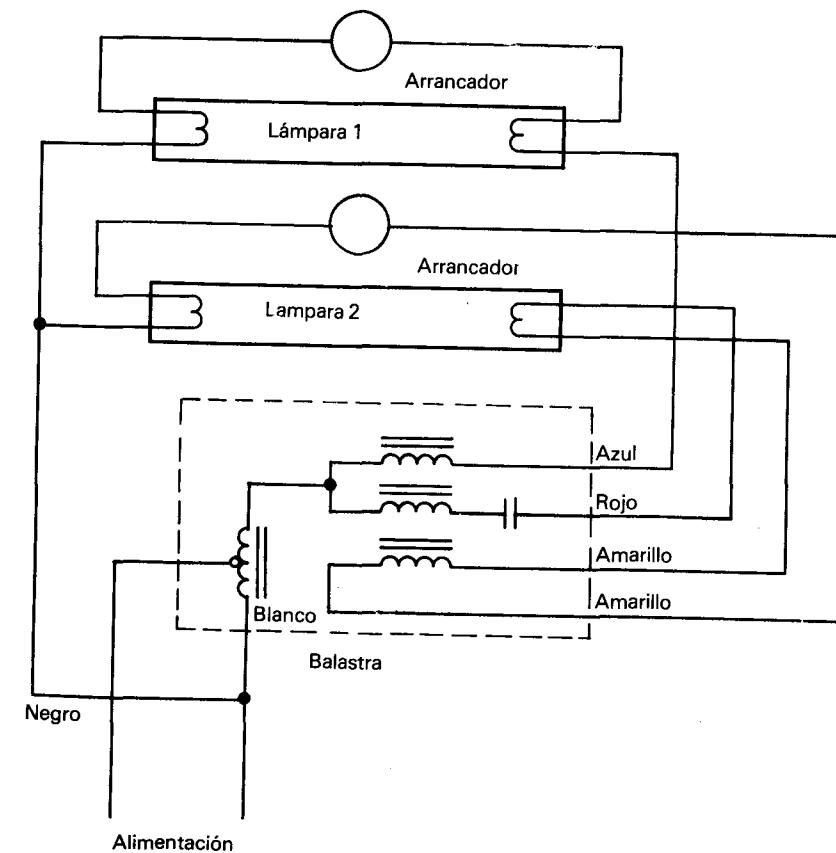


Figura 3.23 Arreglo típico de dos lámparas

En este caso un pequeño autotransformador eleva el voltaje de alimentación hasta el nivel requerido para el encendido de la lámpara. Se muestran también distintas conexiones de lámparas fluorescentes.

### 3.3.9 Instalación de elementos en baja tensión

En realidad las instalaciones eléctricas residenciales son todas en baja tensión, de manera que cuando se menciona a la instalación de elementos en baja tensión, se hace referencia a los que operan a tensiones inferiores a la nominal de la instalación (en México 127 volts en corriente alterna a 60 Hertz). Estas instalaciones se usan para señales a control remoto, como por ejemplo instalación de timbres o alarmas con tensiones de 24 volts, 12 volts ó 6 volts, por lo cual se usan transformadores reductores de la tensión nominal de la instalación al valor requerido por la necesidad planteada por el o los medios a instalar en baja tensión. Este tipo de instalación se usa no sólo en casas habitación, sino también en hospitales, comercios e industrias.

En algunos casos, cuando no se usan transformadores reductores, es necesario usar baterías. En la figura 3.24 se muestra el circuito básico para la instalación de un timbre.

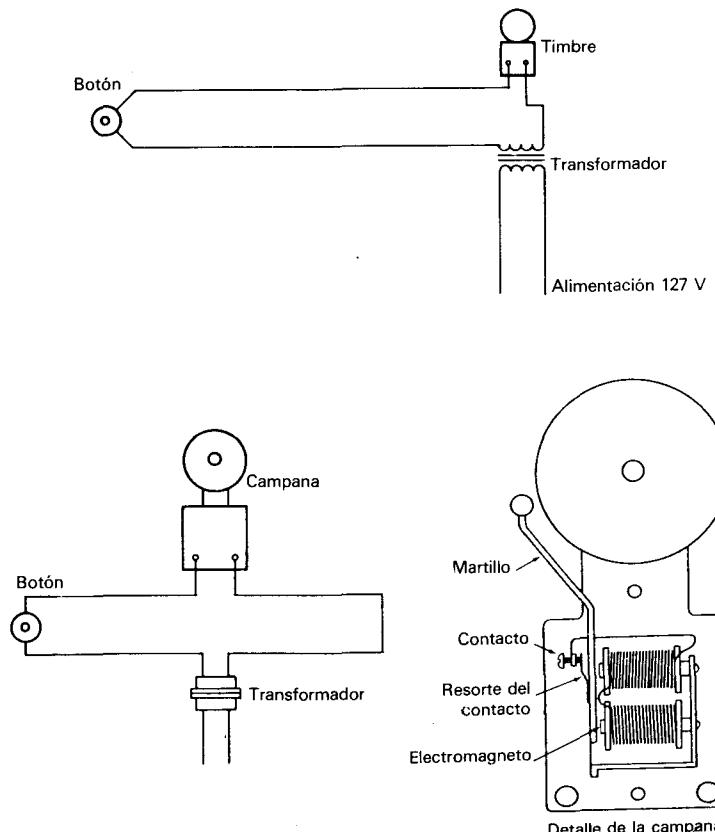
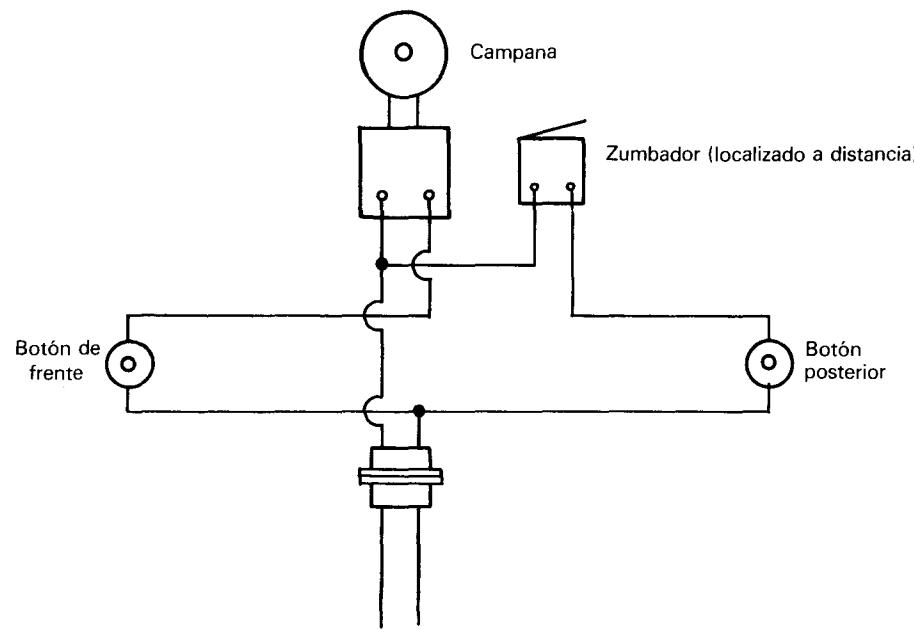
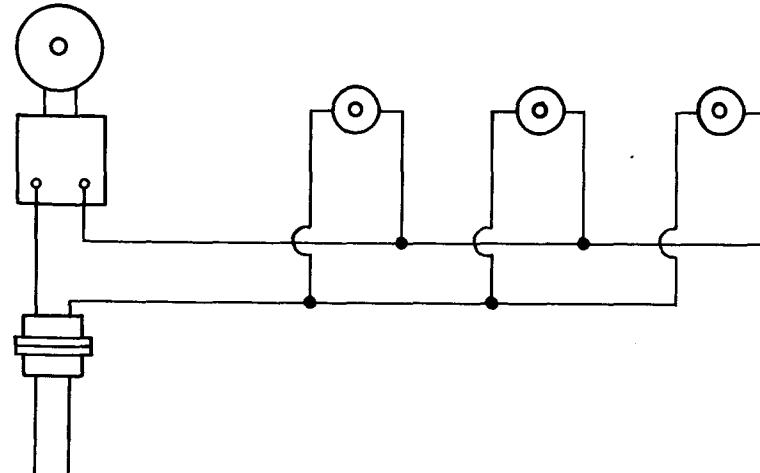


Figura 3.24

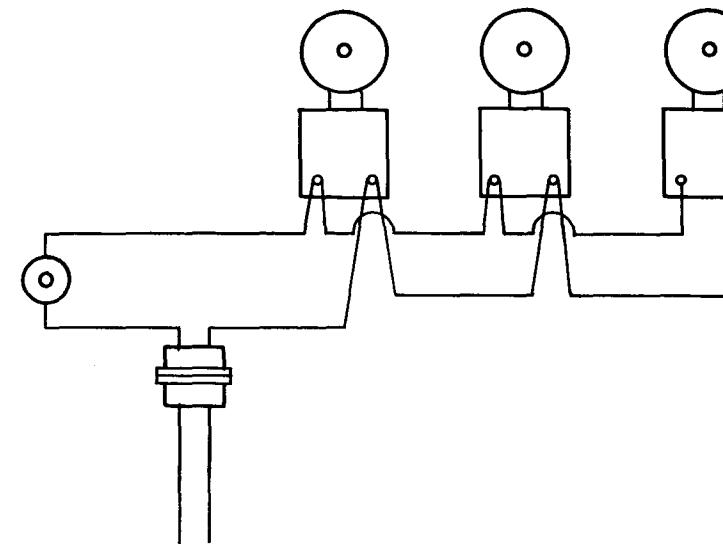
La instalación de timbres, alarmas y sistemas de intercomunicación es típica de edificios de departamentos (multifamiliares), pero también de casas habitación en donde la localización o distancia entre cuartos y áreas es tal que el uso de estos dispositivos facilita la comunicación, algunas de las conexiones más comunes son las que se muestran en las figuras 3.25 a 3.31



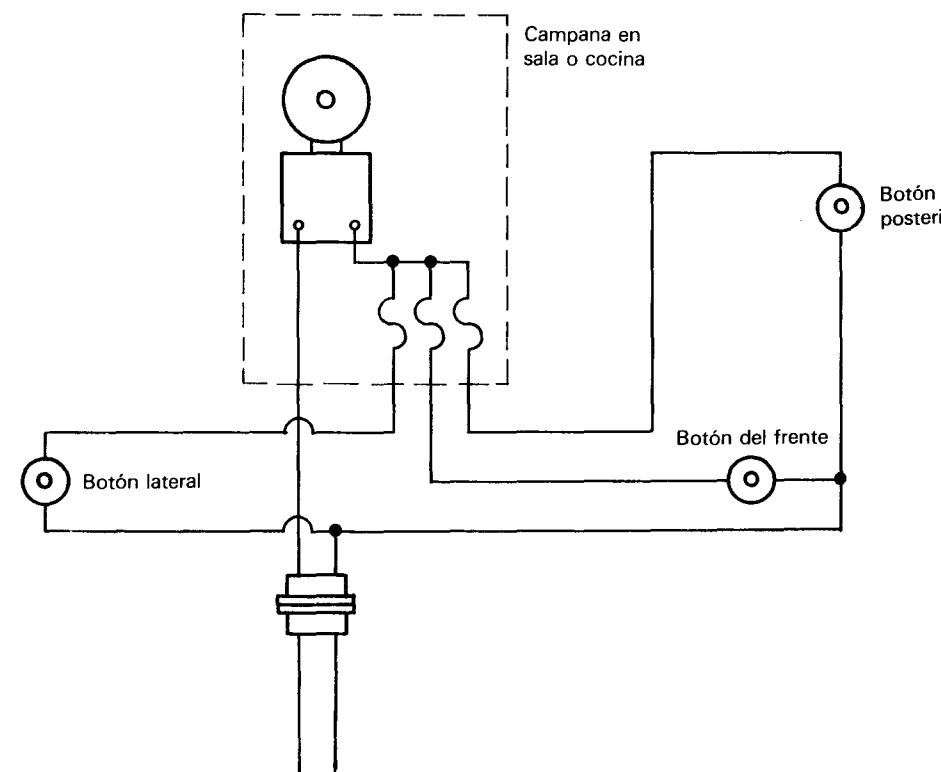
**Figura 3.25** Arreglo para señal de frente y parte posterior con campana y zumbador.



**Figura 3.26** Diagrama de una campana controlada por tres botones.



**Figura 3.27** Tres campanas controladas por un botón



**Figura 3.28** Sistema de portero con 3 botones

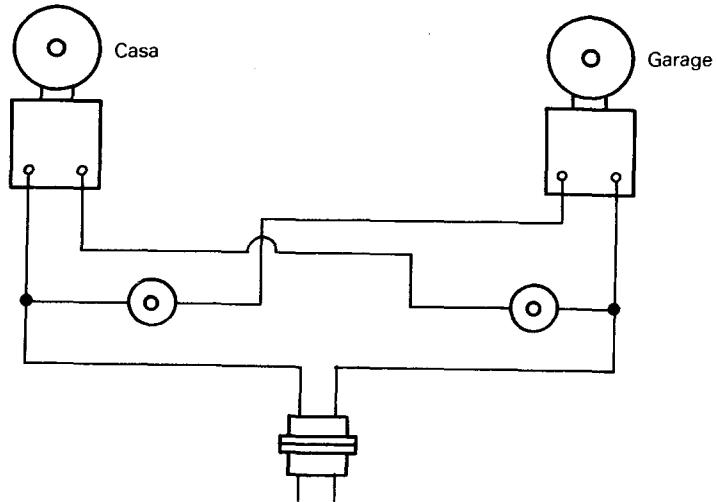


Figura 3.29 Alambrado con 3 conductores con señal de ida y respuesta

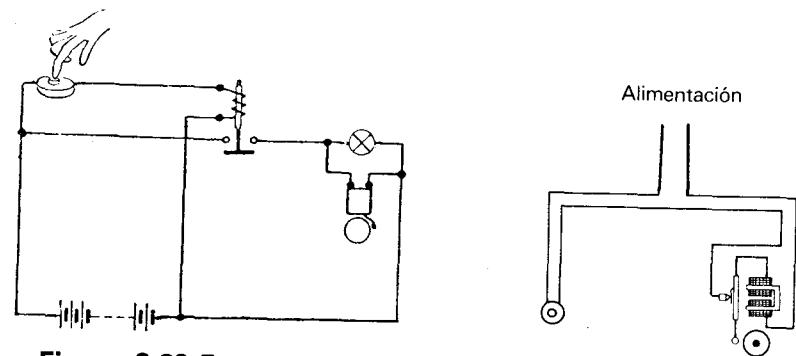


Figura 3.30 Esquema básico de un sistema de alarma

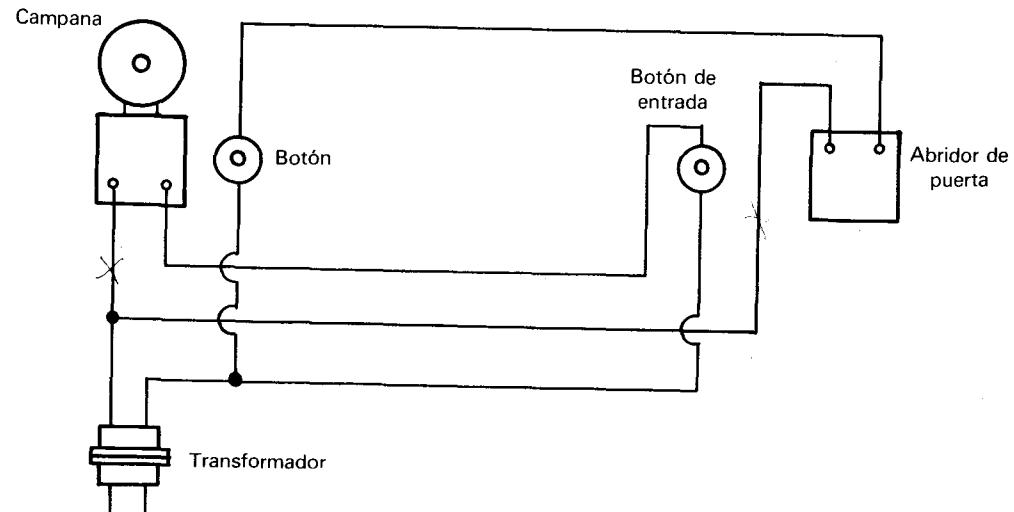


Figura 3.31 Campana y circuito abridor de puerta

Como se puede observar, los diagramas de conexión anteriores son aplicables a distintos casos, en casas habitación para intercomunicación entre la entrada, la cocina, la sala, la cochera (garaje), cuarto de servicio, etc. En el caso de talleres u oficinas también son de utilidad algunos esquemas, ya que, por ejemplo, es posible llamar a tres o más lugares diferentes desde un punto o bien llamar a un punto y obtener respuesta de enterado del mismo. Por supuesto que los sistemas de comunicación auditivos o telefónicos a nivel local pueden resultar mejores, pero también son más costosos, algunas veces innecesarios y por lo mismo pueden ser inversiones supérfluyas.

Por lo general el alambrado de las instalaciones en baja tensión como las descritas antes, se hace con alambre No. 18 AWG.

El diagrama eléctrico del llamado portero eléctrico empleado en edificios de departamentos y que consiste de un teléfono de comunicación instalado en el departamento (en la sala o cocina) con botón para accionar la chapa eléctrica y así abrir (o no según sea el caso) desde el propio departamento sin tener que ir hasta la puerta de entrada del edificio.

Los porteros eléctricos operan con corriente pulsante a voltajes de 6 ó 12 volts obteniéndose la conversión de la corriente alterna a corriente pulsante por medio de un rectificador que puede ser de Selenio; la alimentación al rectificador se hace por medio de un transformador de 6 ó 12 volts de salida y cuyo primario es la fuente de alimentación a 127 volts y 60 Hz en el caso de México. Al conjunto del transformador y al rectificador se le conoce frecuentemente como la fuente de poder y normalmente están integrados en un solo elemento o "caja".

Tratándose de varios teléfonos localizados uno por departamento, la conexión de los teléfonos es en serie usándose tres conductores para el alambrado, uno denominado *común*, otro de *voz* o para hablar y otro de *audio* o para escuchar. Para el alambrado de los botones para el timbre se conecta uno al *común*, otro al timbre y el tercero se usa para la conexión a la chapa de la puerta de acero al edificio.

Como regla se debe recordar que el alambrado para esta instalación se debe hacer en tubería distinta de la usada para la instalación eléctrica; los conductores para cada piso o departamento se derivan de la tubería principal de la instalación telefónica y los teléfonos se montan sobre cajas de conexión empotradas en el muro o pared. El frente puede tener dos botones, uno para tocar y otro para hablar. El diagrama se muestra en las figuras 3.32 a 3.34.

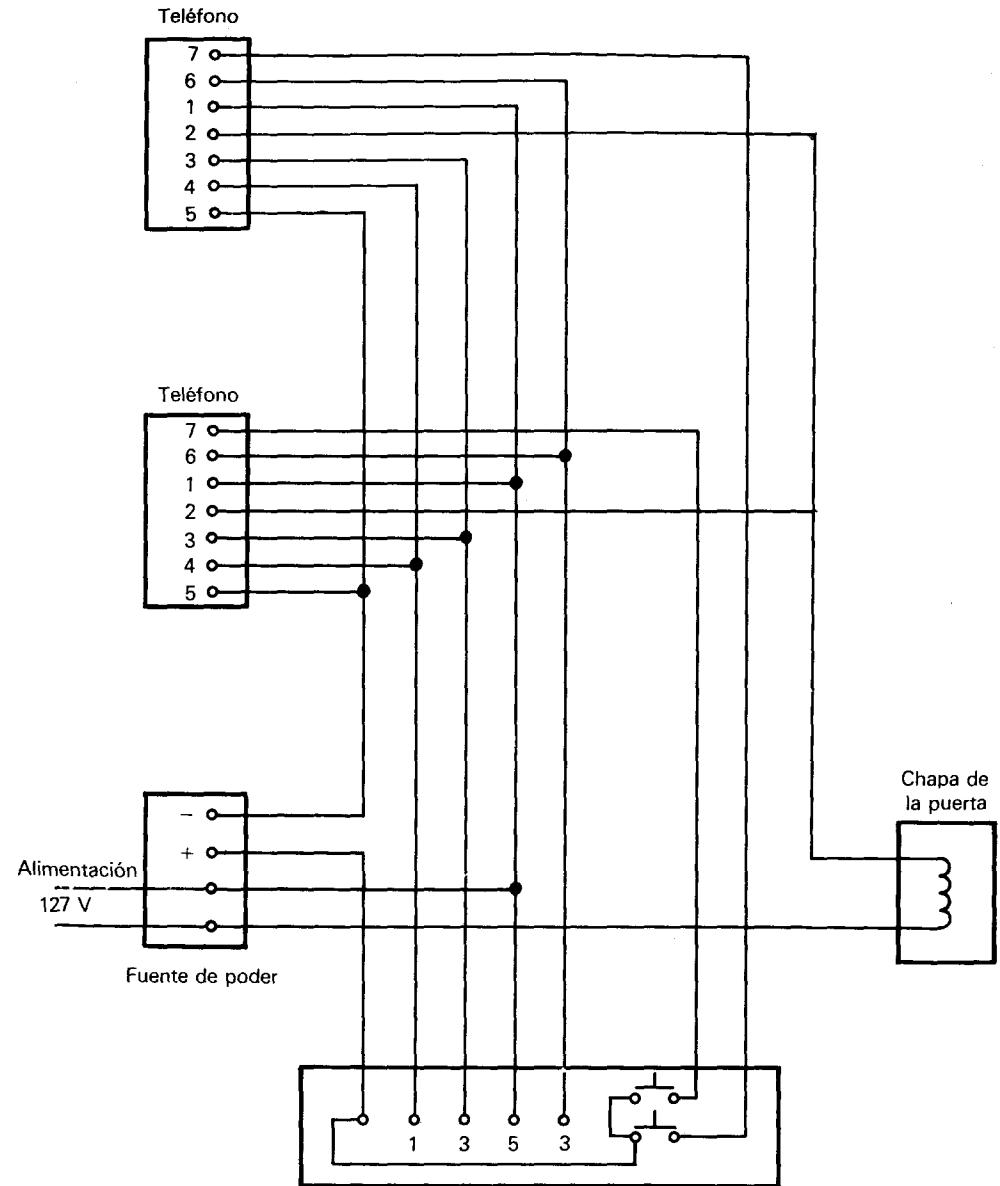


Figura 3.32

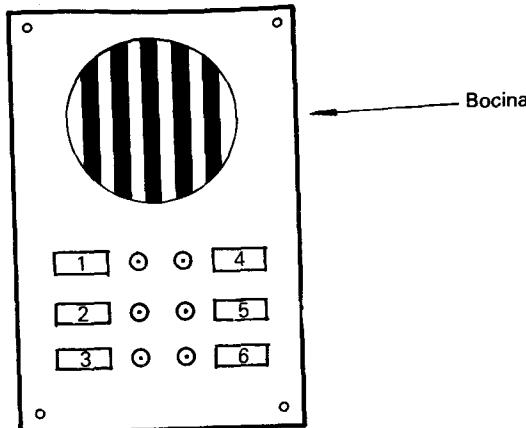
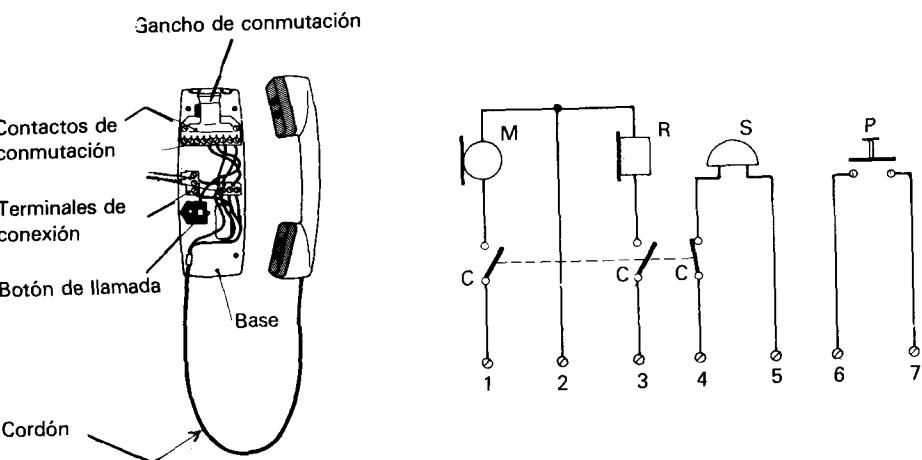


Figura 3.33 Aspecto del tablero para portero eléctrico con 6 números



M = Micrófono

P = Botón

R = Receptor

C = Contactos de conmutación

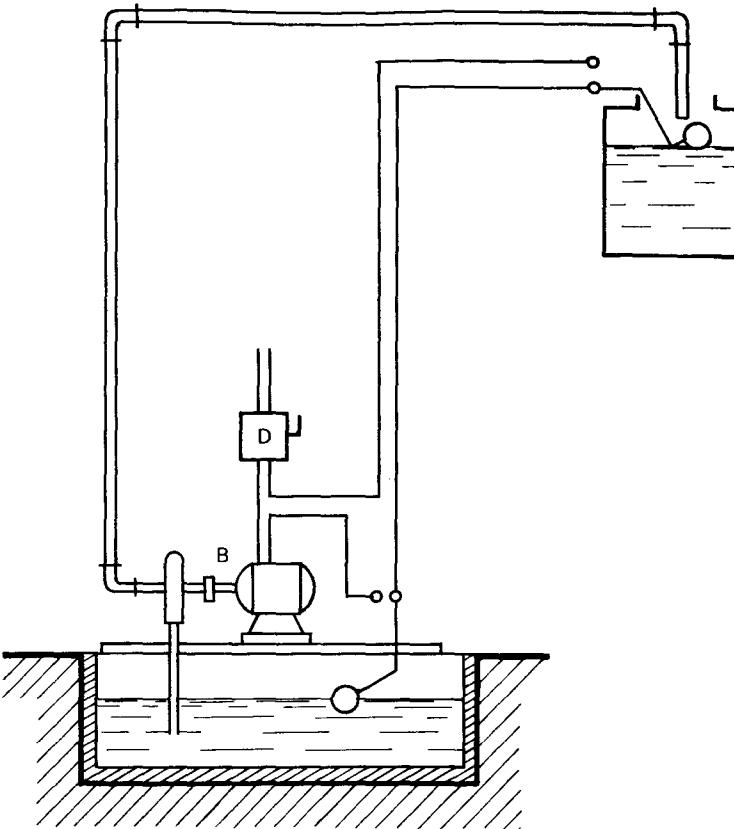
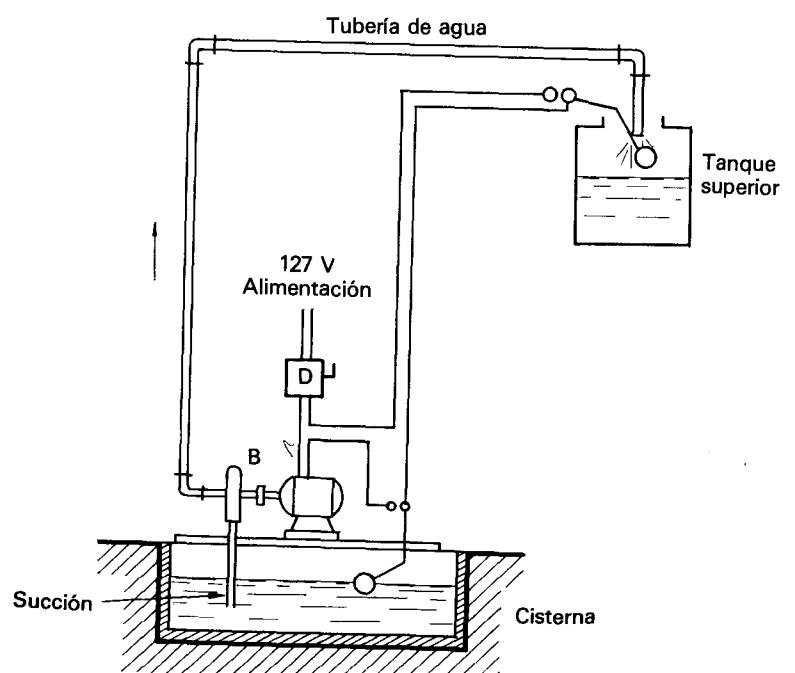
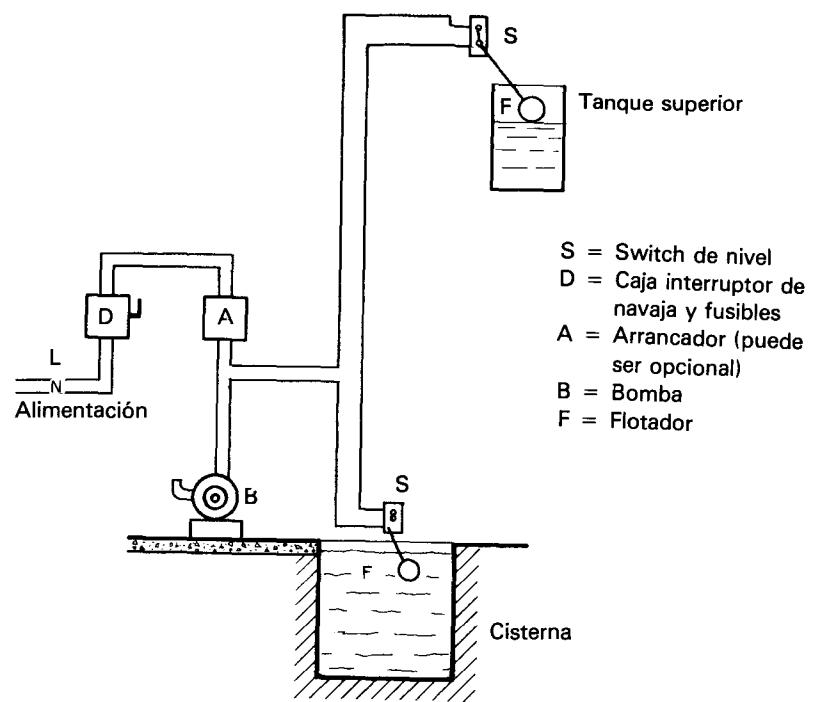
S = Chicharra o Zumbador

1-7 = Terminales de conexión a la instalación

Figura 3.34

### 3.3.10 Diagrama de conexiones de sistemas de bombeo

En edificios de departamentos o bien de oficinas es necesario que se bombee el agua de la cisterna a los tanques superiores para su distribución a cada una de las áreas en las que se requiere el servicio del agua; la capacidad del motor de la bomba se determina con cálculos que incluyen altura de bombeo, diámetro de la tubería, número de codos (vueltas), etc., esto es parte de los cálculos necesarios para sistemas de bombeo. En esta parte sólo se hace referencia a lo correspondiente al diagrama, la instalación eléctrica necesaria para estos sistemas y cuyo esquema básico se muestra en las figuras



**Figura 3.37** Bomba parada (Tanque superior lleno)

3.35-3.37. El motor de la bomba para casas habitación puede ser de 1/2 Hp ó 1/4 de Hp a 127 volts.

#### Ejemplo

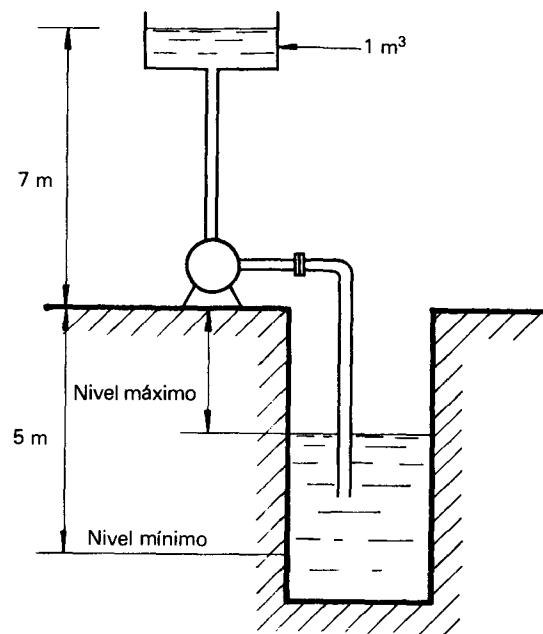
Calcular la potencia que debe tener el motor de una bomba de agua para que en media hora llene un depósito de  $1 \text{ m}^3$ , deben considerarse las diferencias de nivel entre cisterna y tanque superior que se muestran en la figura 3.38.

#### Solución

La capacidad del depósito es de  $1 \text{ m}^3$  que es 1 000 litros  $1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ litros}$  y cuyo peso es aproximadamente 1 000 Kg. o sea:

$$1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ litros} = 100 \text{ Kg} = W$$

El desnivel total que debe vencer la bomba es la suma del nivel mínimo y la altura máxima, es decir:  $h = 7 + 5 = 12 \text{ m}$ .

**Figura 3.38**

El trabajo total que desarrolla la bomba es:

$$\text{Trabajo} = W \times h = 1000 \times 12 = 12000 \text{ Kg-m}$$

El tiempo requerido en segundos para llenar el tanque superior es:  
 $t = \text{min} \times 60 \text{ seg.}$

$$T = 1800 \text{ seg.}$$

la potencia es:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{trabajo}}{\text{tiempo}} = \frac{1200}{1800} = 6.67 \text{ Kgm/Seg.}$$

como

$$1 \text{ Kgm/seg} = 9.8 \times 10^{-3} \text{ Kw}$$

la potencia en Kw es:

$$P = 6.67 \times 9.81 \times 10^{-3} = 0.065 \text{ Kw}$$

Por otra parte, se sabe que:

$$1 \text{ Hp} = 746 \text{ watts}$$

$$1 \text{ Hp} = 0.746 \text{ Kw}$$

o bien

$$1 \text{ Kw} = 1.34 \text{ Hp}$$

es decir:

$$P = 0.065 \times 1.34 = 0.09 \text{ Hp}$$

Tomando en consideración el rendimiento de la bomba, las pérdidas en la tubería (que son hasta 20% del nivel), la energía cinética con que circula el agua al depósito, se toma un valor real de 4 veces el valor calculado anteriormente, es decir la potencia requerida para el motor es de:

$$P = 4 \times 0.065 = 0.240 \text{ Kw}$$

o también

$$P = 1.34 \times 0.24 = 0.32 \text{ Hp}$$

un valor comercial podría ser un motor de 1/3 de Hp o 1/2 Hp para tener cierto margen de seguridad.

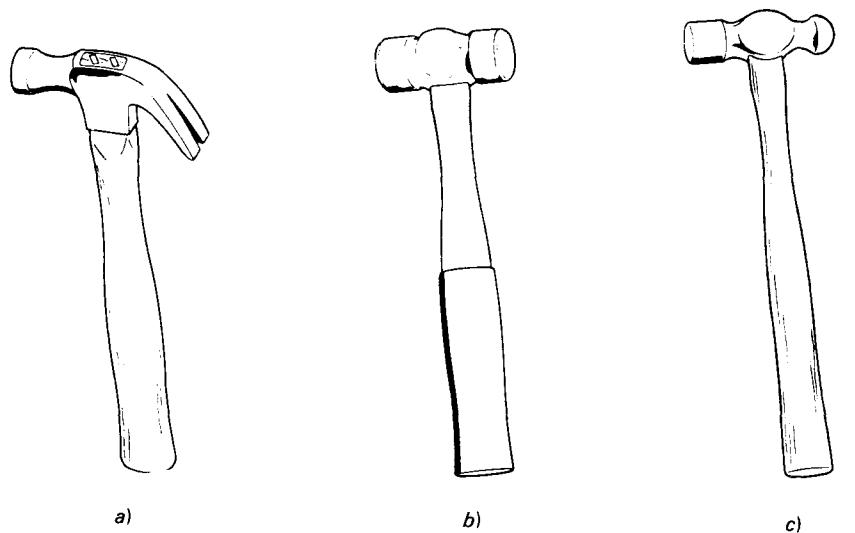
Como se puede observar, este método de cálculo es bastante simple, pero da una idea más clara del procedimiento para determinar la potencia de la bomba accionada por motor monofásico alimentado, en el caso de la República Mexicana, a 127 volts corriente alterna y operando a una frecuencia de 60 Hz con un control de nivel como los mostrados anteriormente.

### 3.3.11 Herramientas para el alambrado de instalaciones eléctricas

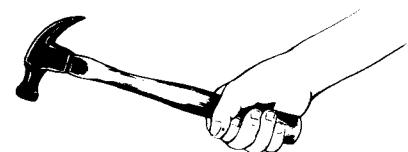
El electricista, además de los conocimientos teóricos básicos para el alambrado de las instalaciones eléctricas, debe conocer también cuáles son las herramientas más comunes para la realización de estas instalaciones ya sea para que las haga él mismo o bien para que disponga su ejecución. En la figura 3.39 se ilustran algunas de estas herramientas; su descripción no es necesaria ya que su uso es conocido y aquí, se requiere de su utilización práctica y conocimiento físico para un mejor uso.

Entre otras se pueden mencionar como herramientas de uso común las siguientes pinzas de mecánico, pinzas de electricista, pinzas de punta y pinzas de corte; éstas como elementos de sujeción, de corte y para amarres. Un juego de desarmadores: normal plano, de punta triangular o en cruz y uno corto son necesarios para la conexión de conductores que van atornillados en apagadores, contactos, botones de las cajas; un doblador de tubo conduit es importante cuando el alambre se hace en tubo conduit metálico. También un banco de trabajo para el manejo de tubo metálico facilita la labor de trabajo, un juego de martillos, llave stillson, cautines para soldar conexiones, etc.

## Alambrado y diagramas de conexiones



- a) Martillo de oreja  
b) Martillo de goma  
c) Martillo de bola



Forma correcta de tomar el martillo

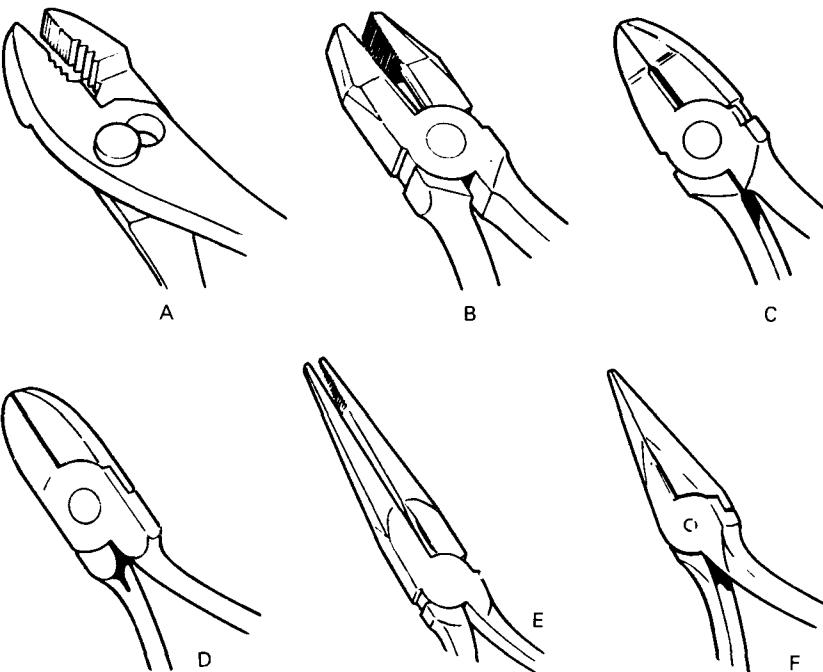


Llave stillson

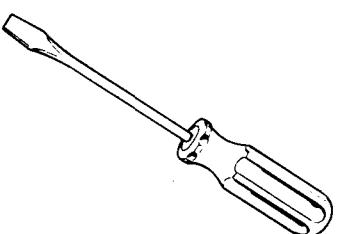


Llave "perico"

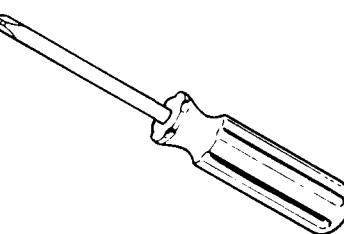
## Diagrama de conexiones y su alambrado



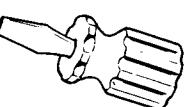
- a) Pinza de mecánico  
b) Pinza de electricista  
c) Pinza de corte lateral  
d) Pinza de corte diagonal  
e) Pinza de punta larga  
f) Pinza de punta corta



Desarmador de punta plana



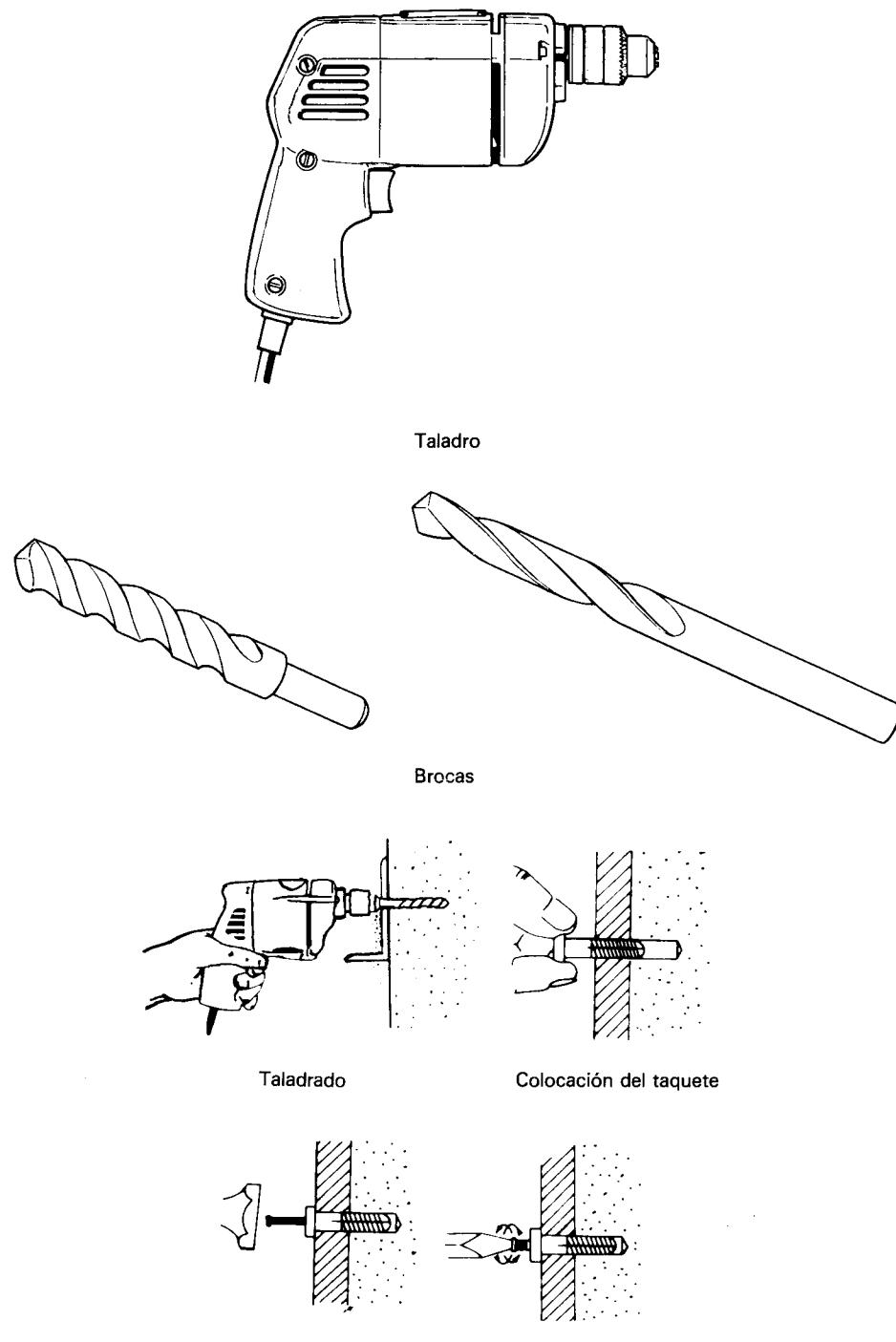
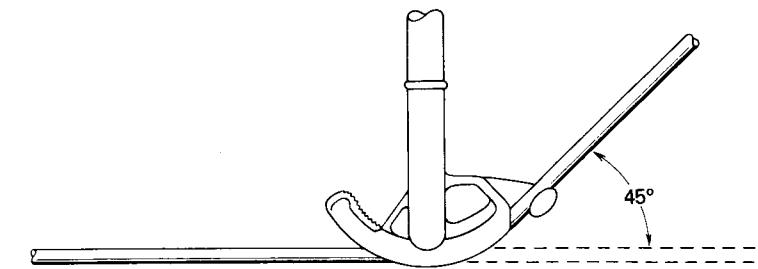
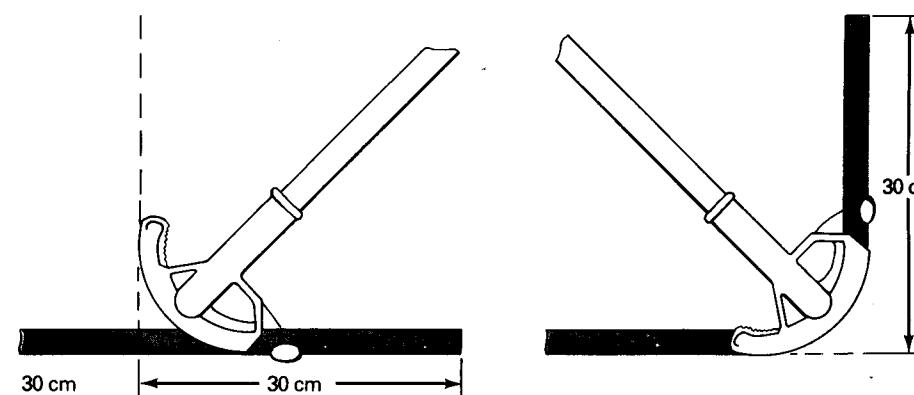
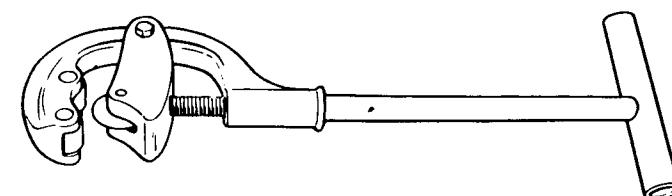
Desarmador de punta de cruz

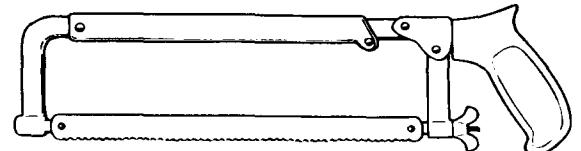


Desarmador corto

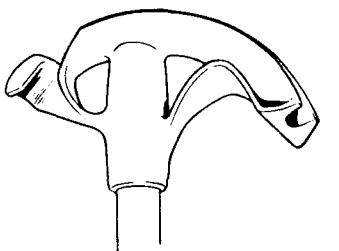
Figura 3.39 Herramientas de trabajo

Figura 3.39 Herramientas de trabajo (continuación).

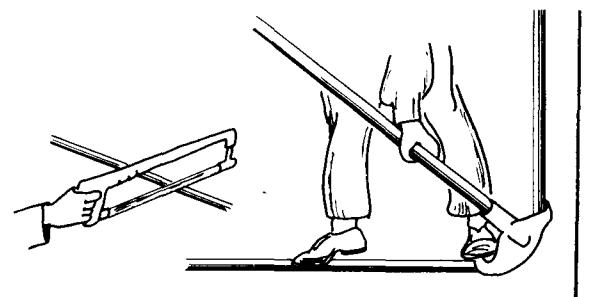
**Figura 3.39 Herramientas de trabajo (continuación).****Doblado de tubo conduit a 45°****Doblado de tubo conduit a 90°****Cortador de tubo conduit****Figura 3.39 Herramientas de trabajo (continuación).**



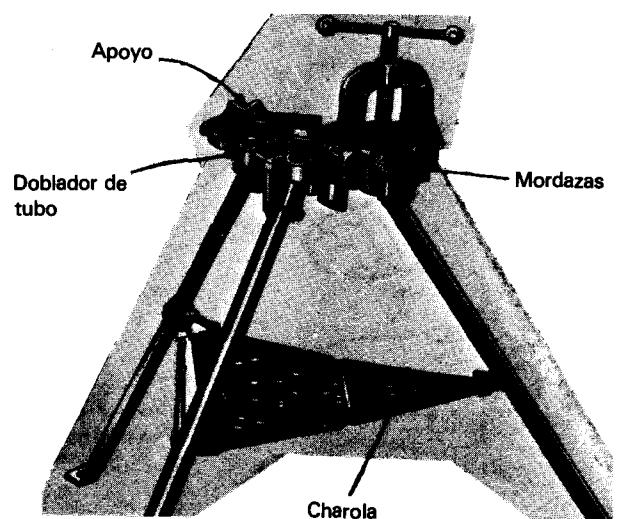
Arco y segueta



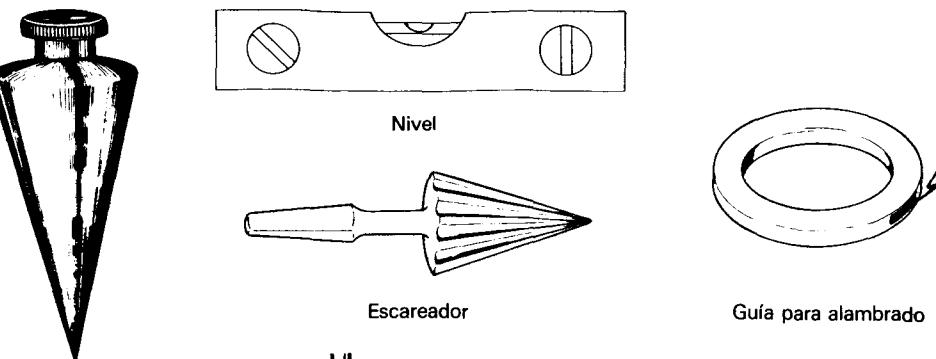
Doblador de tubo (manual)



Corte y doblado de tubo conduit



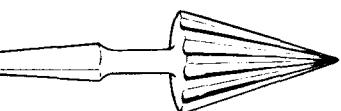
Banco de trabajo



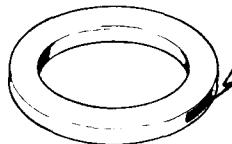
Plomada



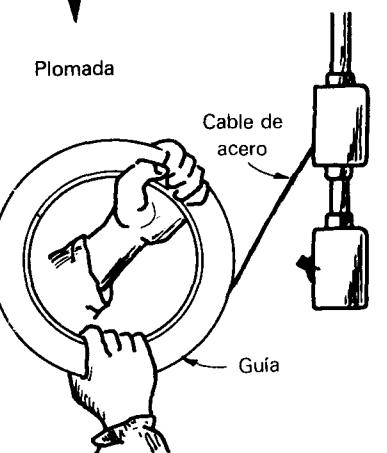
Nivel



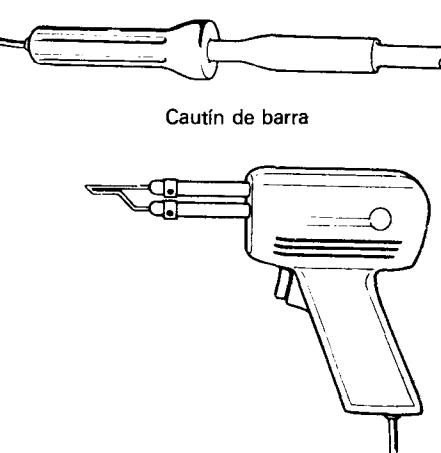
Escareador



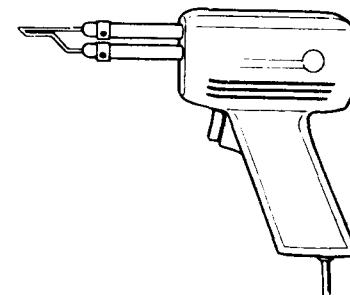
Guía para alambrado



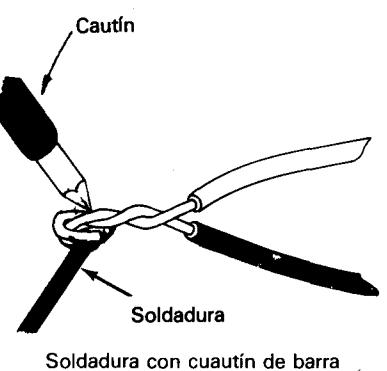
Alambrado con guía



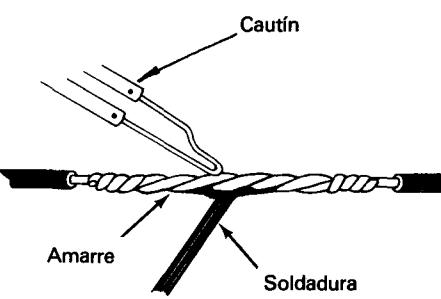
Cautín de barra



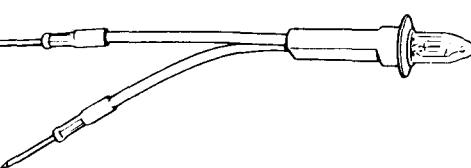
Cautín de pistola



Soldadura con cautín de barra



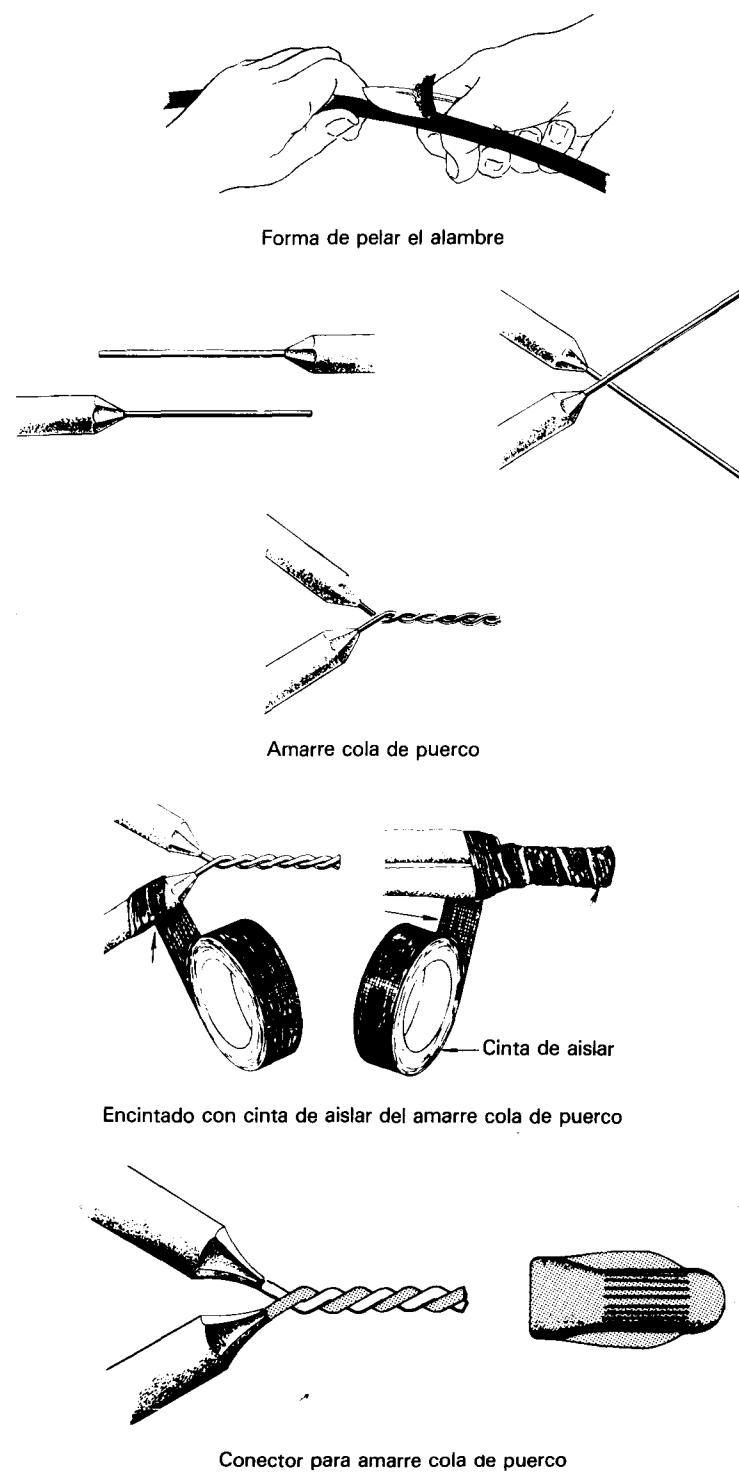
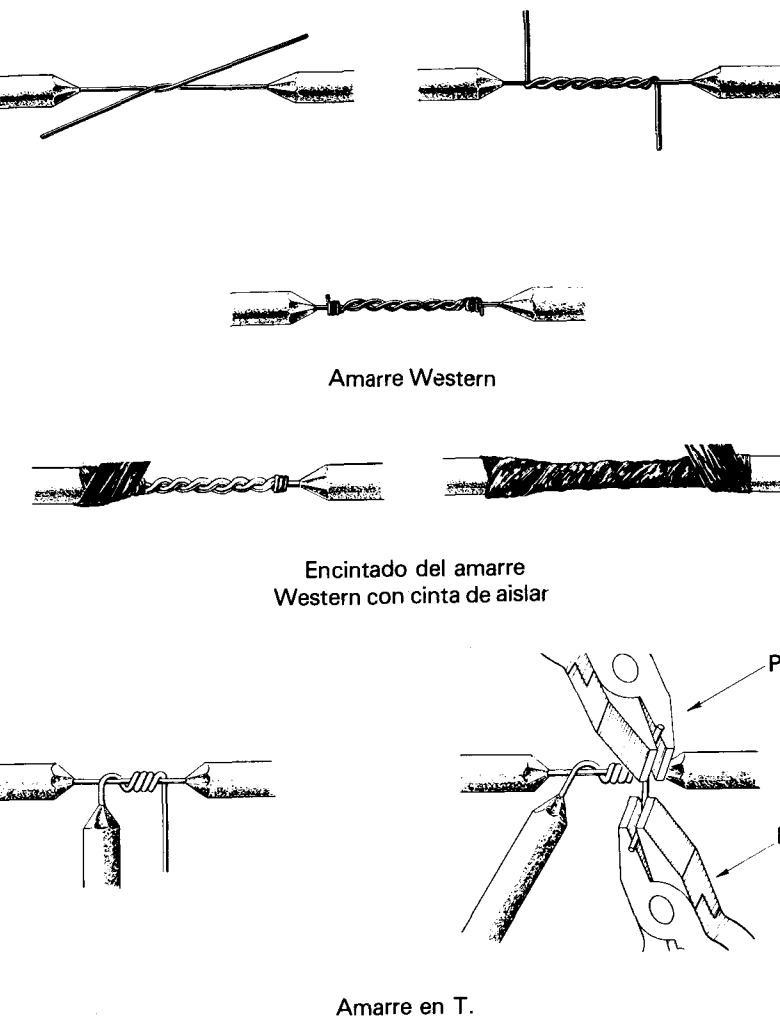
Soldadura con cautín de pistola



Lámpara de prueba

Figura 3.39 Herramientas de trabajo (*continuación*)

Figura 3.39 Herramientas de trabajo (*continuación*).

**Figura 3.40** Amarres.**Figura 3.40** Amarres (*Continuación*).

## CAPITULO 4

# *Cálculo de instalaciones eléctricas residenciales*

- 4.1 INTRODUCCIÓN
- 4.2 DETERMINACIÓN DE LOS REQUISITOS PARA UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA
- 4.3 CÁLCULO DE LA CARGA
- 4.4 CIRCUITOS DERIVADOS Y ALIMENTADORES
- 4.5 SALIDAS
- 4.6 CÁLCULO DE LA CARGA EN LOS CIRCUITOS DERIVADOS
- 4.7 RELACIÓN ENTRE LOS PLANOS ELÉCTRICOS Y LOS CONDUCTORES QUE ALIMENTAN LAS SALIDAS
- 4.8 CONDUCTORES ALIMENTADORES
- 4.9 ESTIMACIÓN DEL MATERIAL NECESARIO PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y TRÁMITES PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

### **4.1. INTRODUCCION**

La determinación de las características de cada uno de los componentes de las instalaciones eléctricas residenciales forma parte del proyecto de las mismas. A partir de estos cálculos se obtienen tales características, pero también se tiene información necesaria para evaluar la cantidad de material necesario por emplear, la elaboración de presupuestos y las disposiciones reglamentarias más importantes.

El cálculo de las instalaciones eléctricas se efectúa por métodos relativamente simples, pero siempre respetando las disposiciones reglamentarias de las normas técnicas para instalaciones eléctricas. En este caso la elaboración de planos eléctricos es un punto de partida para el proyecto de detalle, en donde lo estudiado en los capítulos anteriores tiene aplicación directa en cuanto a simbología, técnicas de alambrado y detalles se refiere.

## 4.2 DETERMINACION DE LOS REQUISITOS PARA UNA INSTALACION ELECTRICA

Como ya se mencionó, el punto de partida para el calcular una instalación eléctrica residencial es el plano arquitectónico de planta en donde se muestren todas las áreas de que consta la casa-habitación a escala o acotadas, es decir, se debe indicar el número de recámaras y su disposición, sala, comedor, pasillos, cocina, baños, cochera, patio, áreas de jardines, piscina, etc. Todo esto varía dependiendo del tipo de casa habitación ya que, por ejemplo, en un departamento de un edificio multifamiliar no se tienen las mismas necesidades que en una casa unifamiliar independiente.

La determinación de las necesidades de cada una de las áreas que constituyen una casa habitación se puede hacer sobre la base de las necesidades típicas de tipo eléctrico que se deben satisfacer y tomando en consideración los requerimientos específicos del diseño de la casa habitación o la dependencia encargada de financiar la construcción en el caso de los multifamiliares. Como una idea general de los requerimientos básicos se puede mencionar lo siguiente:

- **Cocina.** Por lo general, alumbrado incandescente y se deben proveer salidas para contactos en donde se conectarán aparatos eléctricos como: refrigerador, licuadora, tostador de pan, cafetera eléctrica y otros aparatos eléctricos. En cierto tipo de casas habitación se pueden instalar algunos aparatos eléctricos no muy comunes como son lavadora de platos, procesadora de desperdicios, etc., para los cuales se instalan contactos especiales.
- **Recámaras.** Los servicios eléctricos normalmente requeridos en las recámaras son alumbrado incandescente y contactos para conectar aparatos como planchas, lámparas eléctricas de buró, televisores, calefatores eléctricos y aparatos similares así como salida telefónica.
- **Baño.** Los baños tienen salidas para alumbrado general y de espejo, también puede tener un sistema de extracción de aire y existen contactos (dobles) para conexión de aparatos como secadoras de pelo, rasuradoras eléctricas, tenazas de peinado, calentador de agua, etc. El alumbrado puede ser una combinación de fluorescente e incandescente.
- **Sala y comedor.** En la sala y comedor se deben tener salidas para alumbrado; esto puede ser por medio de luminarias o candelabros en algunos casos o ciertos tipos especiales de portalámparas. Además, se requiere de salidas para televisor y teléfono en algunos casos y desde luego de contactos para conectar aparatos eléctricos como televisores, calentadores, radios, aspiradoras, pulidoras de piso, también típicos de recámaras como requerimiento de servicios.

- **Pasillos.** Se requiere de salidas para alumbrado, contactos para conexión de algunos aparatos como pulidoras, aspiradoras, etc., aun cuando en todos los lugares en donde existe alumbrado se menciona implícitamente a los apagadores en el caso de pasillos y escaleras, es común instalar apagadores de tres vías.
- **Cuarto de servicio.** En casas donde existe el llamado cuarto de servicio, se debe disponer en éstos de salida para alumbrado (y sus apagadores) así como contactos para cargas como radio, televisor, planchas, etc.
- **Patios y jardines.** Cuando las casas habitación disponen de patio y/o jardín, en éstos se instala alumbrado tipo exterior con control interno y externo, así como contactos intemperie (con frecuencia a prueba de agua) para la conexión de elementos como cortadoras de césped eléctricas, taladros, cepillos, etc. Se deben disponer también de salidas especiales para conectar bombas de agua y alumbrado a base de spots.

De los requerimientos generales como los indicados anteriormente se puede hacer una estimación general de la carga. Debe tomarse en cuenta que estos requerimientos pueden representar un mínimo, ya que siempre hay que recordar que una buena instalación eléctrica debe prevenir la posibilidad de carga adicional para requerimientos usuales como los mencionados, o bien, para cargas especiales como sistemas de aire acondicionado, planchadora eléctrica, procesadora de desperdicios, etc., o simplemente algunas ampliaciones convencionales.

En resumen, se debe elaborar un plano de trabajo en donde se deben indicar las necesidades que se tendrán en las distintas áreas sobre:

- Alumbrado.
- Contactos.
- Contactos en piso.
- Apagadores de 3 y 4 vías.
- Contactos controlados por apagadores.
- Contactos polarizados.
- Arbotantes de pasillo.
- Salidas para TV y teléfono.
- Alumbrado de jardín.
- Salidas para intercomunicación.
- Salidas especiales.

En el plano de la casa habitación se debe indicar el lugar de cada uno de los elementos que formarán la instalación eléctrica residencial y a partir de esto se hace el llamado *proyecto o cálculo de la instalación*.

Para tener una idea de la capacidad que deben tener los conductores que van a alimentar distintos tipos de cargas, se dan a continuación algunos valores de consumo a 127 volts, alimentación monofásica.

- Licuadora: 500 watts.
- Plancha eléctrica: 800 watts.
- Refrigerador: 1 000 watts.
- Tostador de pan: 1 200 watts.
- Secador de pelo: 500-1 000 watts.
- Radio: 100 watts.
- Televisor: 100-1 000 watts.
- Aspiradora: 200-1 000 watts.
- Pulidora de pisos: 200-500 watts.
- Rasuradora: 20 watts.
- Reloj eléctrico: 5 watts.
- Lavadora de ropa: 800 watts.
- Máquina de coser: 150 watts.
- Parrilla eléctrica: 750 watts.
- Extractor de jugos: 300 watts.
- Aspiradora: 450 watts.

En las figuras 4.1-4.5 se muestra la relación elemental entre los requerimientos eléctricos y su representación en un plano para la sección de una casa habitación.

### 4.3 CALCULO DE LA CARGA

Cuando se han determinado los requerimientos de alambrado para una casa, las recomendaciones para las normas técnicas para instalaciones eléctricas, así como el reglamento para obras e instalaciones eléctricas, sirven como guía siempre y cuando se tenga en mente que lo especificado en estos documentos representa los requerimientos mínimos. Una buena instalación eléctrica puede requerir una mayor capacidad en los circuitos. La carga que se calcule debe representar toda la carga necesaria para alumbrado, aplicaciones diversas, es decir, contactos y otras cargas como bomba de agua, aire acondicionado, secadoras de ropa, etc.

#### 4.3.1 Carga de alumbrado

De acuerdo con la tabla 204.2 a 2 de las especificaciones técnicas para instalaciones eléctricas, la carga por alumbrado se puede calcular sobre la base 20 watts  $m^2$  de área ocupada. El área del piso se calcula de las dimensiones externas de la casa, edificio o espacio que se considere y por el número de pi-

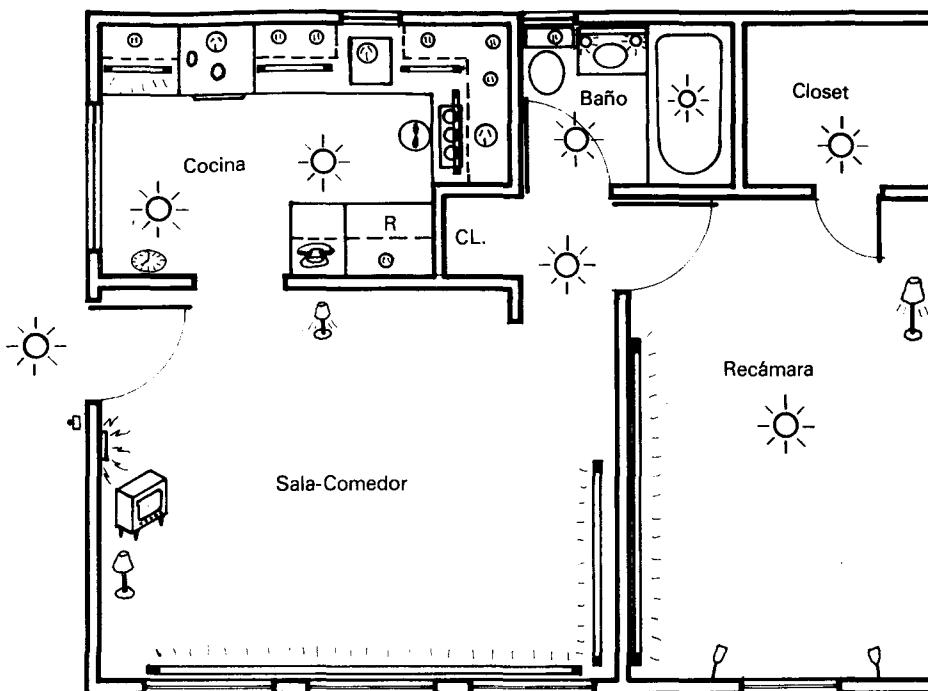
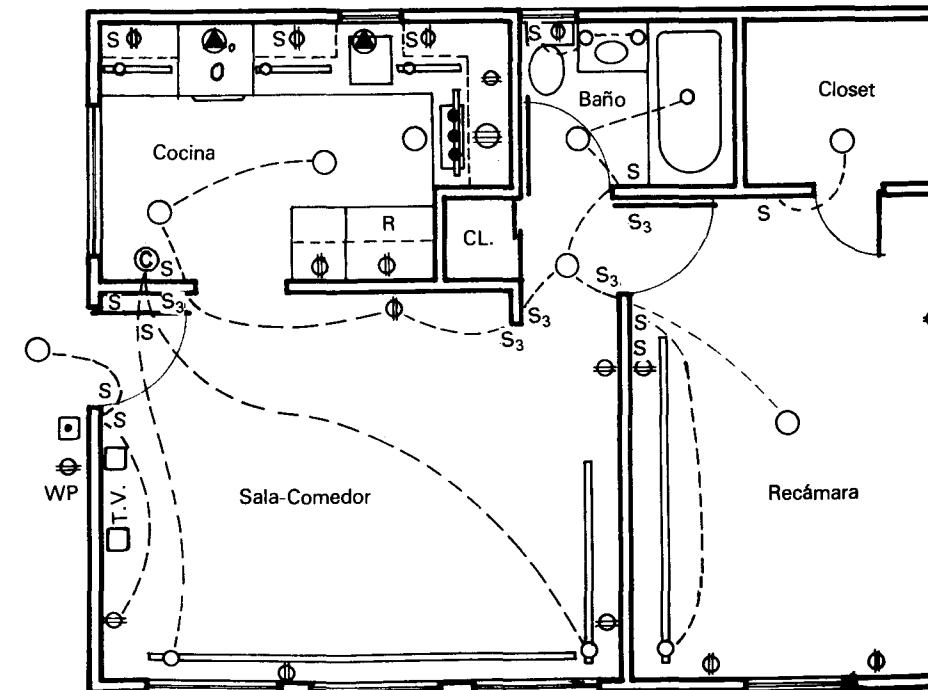


Figura 4.1 Requerimientos eléctricos en áreas de una casa habitación.



S = Apagador sencillo      S<sub>3</sub> = Apagador de 3 vías  
Figura 4.2 Representación de los requerimientos eléctricos en una casa habitación.

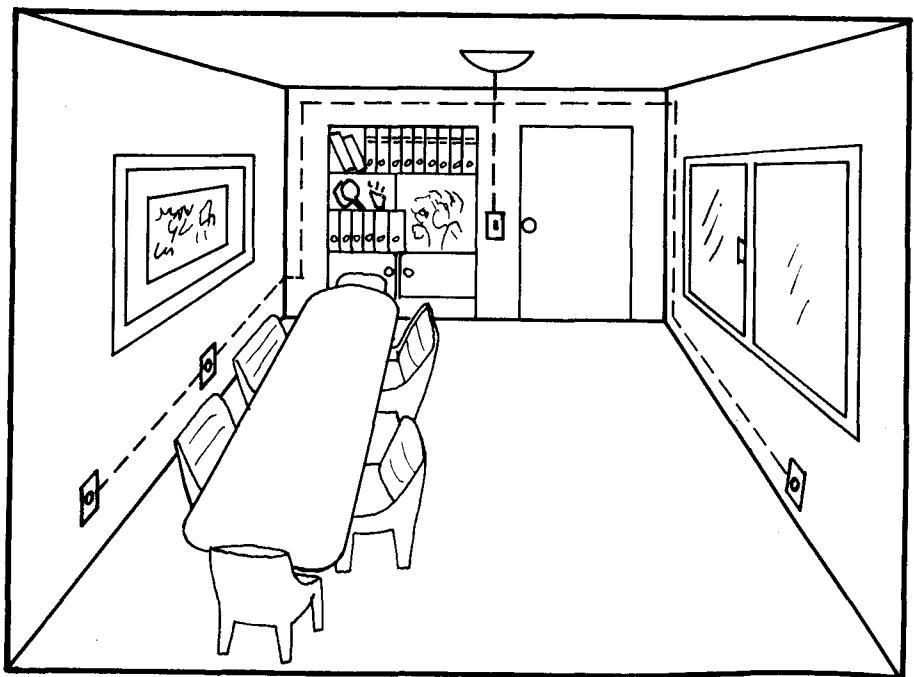
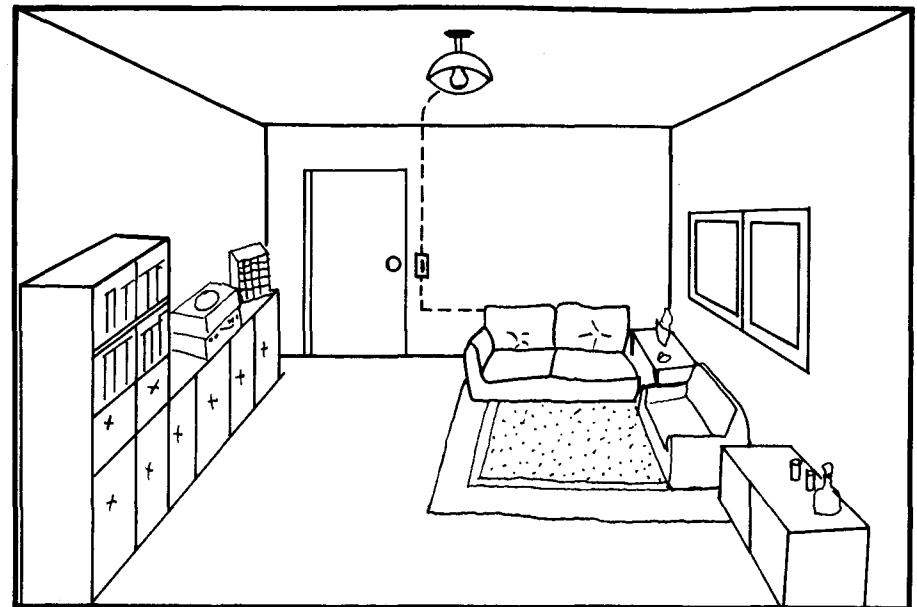


Figura 4.3 Localización de algunas salidas eléctricas en sala y comedor.

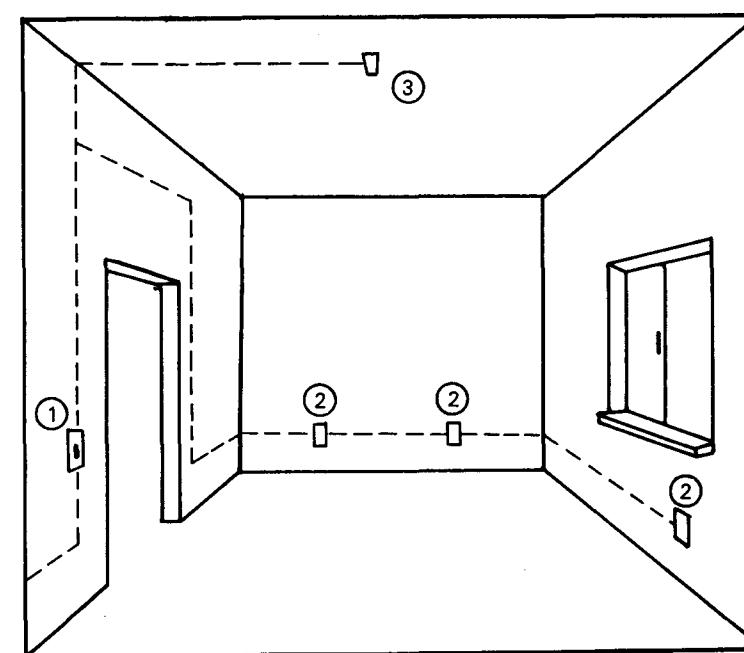
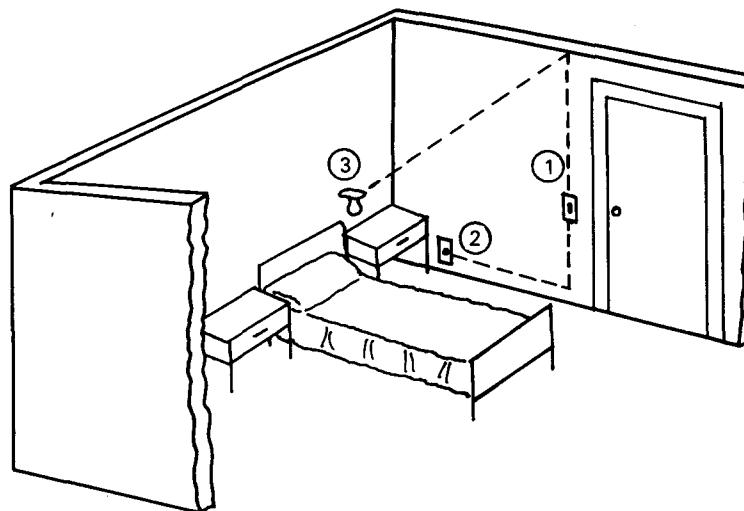
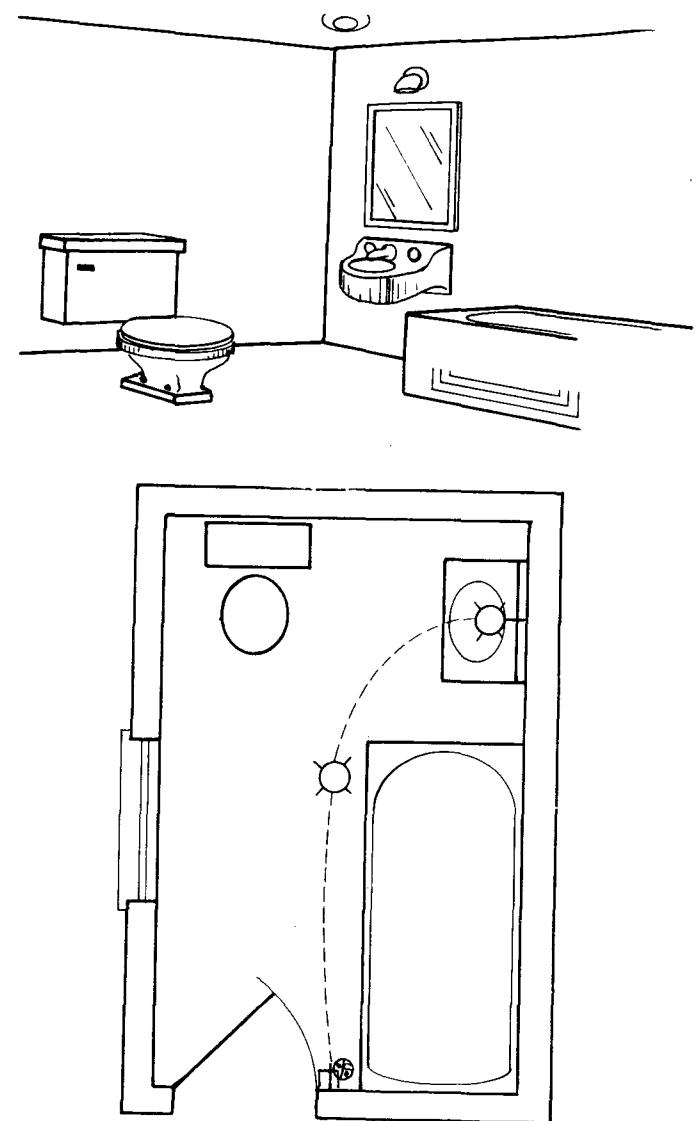


Figura 4.4 Localización de algunas salidas eléctricas y el alambrado en recámaras

① Apagador

② Contactos

③ Salida para lámpara



**Figura 4.5 Perspectiva e instalación eléctrica de alumbrado para baño**

sos tratándose de casas de más de un piso o edificios con varios pisos de departamentos, por lo general las áreas externas, cochera (garage) así como parte de esta densidad de carga.

El valor de 20 watts/m<sup>2</sup> se basa en condiciones medias de carga y para factor de protección del 100%, por lo que pueden existir casos en que este valor pueda ser excedido y en los que habrá que dimensionar la instalación para que opere en forma segura y eficiente usando conductores de mayor capacidad de conducción de corriente.

En aquellos casos en que se usen lámparas fluorescentes para alumbrado, es necesario que éstas se compren del llamado alto factor de potencia a fin de evitar usar conductores de mayor sección.

La llamada *carga continua*, que es un valor de carga cuyo valor máximo de corriente se espera que permanezca durante 3 ó 4 horas y que está alimentada por lo que se conoce como un circuito derivado, no debe exceder al 80% de la capacidad de conducción de ese circuito derivado, con las siguientes excepciones:

1. En donde la instalación, incluyendo al dispositivo de protección contra sobrecorriente ha sido diseñada para operar al 100% de su capacidad, la carga continua alimentada por el circuito derivado debe ser igual a la capacidad de conducción de corriente de los conductores.
2. En donde los circuitos derivados sirven para alimentar cargas específicas en particular y los conductores operen a su capacidad de conducción de corriente para la máxima demanda.

En los párrafos anteriores se mencionó el término *circuito derivado*; por circuito derivado se entenderá a los receptores (lámparas, contactos, salidas especiales) y tienen como función principal dividir la carga total conectada en las distintas partes de la instalación, para individualizar los circuitos de manera que cuando ocurra una falla en uno, los otros no se afecten.

#### Ejemplo 4.1

Para determinar los requerimientos de una instalación residencial típica, supóngase que las dimensiones externas de una casa de una planta son 8 × 18 metros; estas dimensiones se consideran como finales, es decir, sin amplificaciones. Calcular el número de circuitos necesarios para alimentar las cargas a 127 volts.

#### Solución

Considerando 20 watts/m<sup>2</sup> la carga a considerar es:

$$W = 8 \times 18 \times 20 = 2880 \text{ watts.}$$

La corriente a 127 volts con alimentación monofásica es:

$$I = \frac{2880}{127} = 22.68 \text{ A}$$

Para fines prácticos se puede considerar 23 A. Como la corriente permisible por circuito es 15 A, el número de circuitos es:

$$\frac{23}{15} = 1.53$$

Es decir, 2 circuitos, y los conductores pueden ser del número 14 AWG.

### 4.3.2 Cargas en contactos para aplicaciones pequeñas

Las cargas en contactos para las llamadas aplicaciones pequeñas no incluyen cargas fijas tales como procesadores de basura, lavadoras de platos y aparatos similares. Para las cargas normales que se conectan en contactos de cocinas, salas-comedor, recámaras, etc., se puede considerar que cada contacto debe ser capaz de soportar cargas hasta de 1 500 watts, por lo que se pueden considerar circuitos para 15 A.

De acuerdo con los párrafos anteriores, en el cálculo de la instalación eléctrica se deben considerar los siguientes puntos:

1. Determinación de la carga general.
2. Determinación del número de circuitos y división de los mismos en función de las necesidades de la instalación.
3. Que las salidas de alumbrado y contactos no sean mayores de 2 500 watts que es el valor recomendado.
4. La máxima caída de voltaje permisible.
5. Que el material por emplear sea el adecuado en cada caso a las necesidades del proyecto.

Con relación a las cargas eléctricas las especificaciones técnicas para instalaciones eléctricas dan las siguientes definiciones:

- **Carga eléctrica.** Es la potencia que demanda en un momento dado un aparato o un conjunto de aparatos de utilización conectados a un circuito eléctrico; se debe señalar que la carga, dependiendo del tipo de servicio, puede variar con el tiempo.
- **Carga conectada.** Es la suma de las potencias nominales de los aparatos y máquinas que consumen energía eléctrica y que están conectados a un circuito o un sistema.
- **Carga continua.** Es la carga cuyo máximo valor de corriente, se espera que se conserve durante 3 horas o más.

## 4.4 CIRCUITOS DERIVADOS Y ALIMENTADORES

### 4.4.1 Circuito derivado

El circuito derivado en una instalación eléctrica se define como el conjunto de conductores y demás elementos de cada uno de los circuitos que se extienden desde los últimos dispositivos de protección contra sobre-corriente en donde termina el circuito alimentador, hasta las salidas de las cargas.

### 4.4.2 Circuito derivado individual

Es un circuito derivado que alimenta a un solo equipo de utilización como un aparato o un motor, que por su tamaño requerirá de alimentación individual.

#### Clasificación de circuitos derivados (202.3)

Los circuitos derivados se clasifican de acuerdo con la capacidad o ajuste de su dispositivo de protección contra sobrecorriente, el cual determina la capacidad nominal del circuito, aunque por alguna circunstancia se usaran conductores de mayor capacidad.

Los circuitos derivados que alimentan varias cargas pueden ser de: 15, 20, 30, 40 y 50 amperes. Cuando las cargas individuales son mayores de 50 amperes se deben alimentar con circuitos derivados individuales.

#### 4.4.3 Tensión máxima de los circuitos derivados (202.3)

La tensión de los circuitos derivados que alimenten unidades de alumbrado y contactos de uso general no debe ser mayor de 150 volts a tierra. En casas habitación, cuartos de hotel, y locales similares, la tensión de los circuitos derivados que alimentan lámparas incandescentes, contactos y aparatos domésticos y comerciales menores de 1 300 watts (excepto que estén conectados permanentemente) no debe ser mayor de 150 volts entre conductores.

#### 4.4.4 Carga máxima y uso de circuitos derivados

La corriente máxima que demanda la carga total conectada a un circuito derivado no debe ser mayor que la capacidad nominal del propio circuito.

Para calcular la carga de equipos de iluminación que utilicen balastre, transformadores o autotransformadores, se debe considerar la corriente total que demanden dichos equipos y no sólo la potencia de las lámparas de los mismos. Con relación al uso de los circuitos derivados se puede mencionar lo siguiente:

- a) Los circuitos derivados de 15 y 20 amperes se pueden usar en cualquier tipo de local para alimentar unidades de alumbrado o aparatos portátiles o fijos o bien para alimentar una combinación de estas cargas.
- b) Los circuitos derivados de 30 amperes se pueden usar para alimentar unidades de alumbrado fijas en locales que no sean casas habitación o aparatos portátiles o fijos en cualquier tipo de local. Los portalámparas que se conecten a estos circuitos derivados deben ser del tipo pesado.

- c) Los circuitos derivados de 40 y 50 amperes se pueden usar para alimentar unidades de alumbrado fijas en locales que no sean casas habitación. Se deben usar portalámparas del tipo pesado.
- d) Los circuitos derivados individuales pueden alimentar cualquier tipo de carga en cualquier tipo de local y las cargas individuales mayores de 50 amperes se deben alimentar con circuitos derivados individuales.

#### 4.5 SALIDAS

En una instalación eléctrica, la caja de conexiones de la cual se toma la alimentación para una o varias cargas eléctricas determinadas tales como lámparas, luminarias, contactos, motores, etc. Los dispositivos de salida son normalmente los *portalámparas* y *contactos* en el caso de las casas habitación y deben tener una capacidad no menor que la de la carga que alimenten y además cumplir con lo siguiente:

- i) *Portalámparas*. Se recomienda que los portalámparas que se conecten a circuitos derivados de más de 20 amperes sean del tipo de servicio pesado. Se considera un portalámparas de servicio pesado a los que tienen una capacidad mayor de 60 watts.
- ii) *Contactos*. Se recomienda que un contacto único conectado a un circuito derivado individual tenga una capacidad nominal no menor que la del circuito derivado. Los contactos que estén conectados a circuitos derivados con dos o más salidas pueden tener una capacidad nominal igual a la del circuito derivado pero no mayor.

#### 4.6 CALCULO DE LA CARGA EN LOS CIRCUITOS DERIVADOS

Los circuitos derivados para propósitos generales se instalan en la mayoría de los casos para alimentar salidas de alumbrado y contactos para cargas pequeñas de distintas aplicaciones y equipos de oficina. Cuando los circuitos de alumbrado están separados de los circuitos que alimentan contactos, las normas indican reglas de diseño para cada tipo de circuito derivado.

**Reglas aplicables.** La carga de alumbrado que se debe usar en los cálculos de circuitos derivados para determinar el número necesario de circuitos (como se mencionó en el ejemplo 4.1) debe ser mayor que los valores obtenidos usando:

- a) La carga actual.
- b) Una carga mínima en watts/m<sup>2</sup> como se mencionó en el párrafo 4.3.1.

- c) En el caso general la carga de alumbrado en circuitos derivados debe considerarse igual al 100% de la carga conectada al circuito.

En casas habitación y cuartos de hoteles, para efectos de cálculo, se debe asignar una carga mínima de 125 watts por cada salida de alumbrado. En estos mismos locales, se debe asignar una carga mínima de 180 watts a cada uno de los contactos de uso general que puede estar conectado conjuntamente con salidas de alumbrado en un mismo circuito derivado.

Como alternativa se puede usar el valor en watts/m<sup>2</sup> en los que se incluye la carga correspondiente a contactos de uso general en casas habitación y hoteles.

Como se indicó antes, al determinar la carga en base a estos valores, el área debe calcularse tomando en cuenta la superficie cubierta del edificio, departamento o local de que se trate, así como el número de plantas sin incluir pórticos, garage, ni otros anexos a casas habitación.

- d) *Cargas diversas*. Para aparatos diversos y otras cargas definidas no incluidas en la carga de alumbrado a que se refieren los incisos b y c, se pueden indicar como mínimo las cargas por salida que se indican a continuación.
  1. Salidas para aparatos fijos u otras cargas definidas que no sean motores: 100% de la potencia nominal de la carga que se trate.
  2. Otras salidas, para contactos no considerados en la carga de alumbrado: 180 watts como mínimo.
  3. En alumbrado de aparatos comerciales, se puede considerar una carga de 660 watts por metro lineal de aparador, medidos horizontalmente a lo largo de su base.

Como una idea de la carga para una casa habitación, se pueden estimar las siguientes cargas para cada una de las áreas. Considerando un alumbrado normal y los servicios necesarios.

- Sala: de 1 000 a 2 000 watts.
- Comedor: de 500 a 1 000 watts.
- Recámaras: de 500 a 1 000 watts.
- Cocina: de 1 000 a 2 500 watts.
- Baño: de 400 a 500 watts.
- Exteriores y jardín: de 1 000 a 1 500 watts.

En todos los casos se deben respetar las cargas máximas permisibles ya que los alimentadores están limitados a la potencia que pueden suministrar a

una carga a su corriente nominal y voltaje especificado. Por ejemplo, un alimentador de 127 volts y 15 amperes puede alimentar una carga máxima de:

$$127 \times 15 = 1905 \text{ watts}$$

#### 4.6.1 Circuitos derivados para alumbrado

Las normas técnicas permiten únicamente 15 ó 20 amperes por circuito derivado para alimentar unidades de alumbrado (lámparas o luminarias) en el caso de las lámparas con portalámparas estándar como las que se muestran en el capítulo 3. Los circuitos derivados de más de 20 amperes se permiten para alimentar unidades de alumbrado fijas con portalámparas de servicio pesado que son casos especiales de las casas habitación.

En ciertos casos se requiere determinar el número de circuitos derivados necesarios para alimentar una carga dada. El número de circuitos derivados que queda determinado por la carga es:

$$\text{Número de circuitos} = \frac{\text{Carga total en watts}}{\text{Capacidad de cada circuito en watts}}$$

Así, por ejemplo, un circuito de 15 amperes, 127 volts tiene una capacidad de  $15 \times 127 = 1905$  watts, si el circuito está dimensionado para 20 amperes su capacidad es de  $20 \times 127 = 2540$  watts.

#### Ejemplo 4.2

Calcular el número de circuitos derivados de 15 amperes para alimentar una carga de alumbrado de 8 000 watts a 127 volts.

#### Solución

Como a 15 amperes y 127 volts la capacidad por circuito derivado es de 1 905 watts, el número de circuitos es:

$$\frac{8\,000}{1\,905} = 4.2 \text{ ó } 5 \text{ circuitos}$$

Suponiendo que se conoce el número y potencia probable de las lámparas y que éstas van a ser 80 lámparas de 100 watts, para calcular el número de lámparas por circuito se pueden usar los siguientes métodos:

a) Cuando se conocen los watts por lámpara y se ha determinado la capacidad por circuito, el número de lámparas por circuito es:

$$\frac{\text{Capacidad de cada circuito en watts}}{\text{Watts por lámpara}} = \frac{1\,905}{100}$$

$$= 19.05 \text{ lámparas por circuito.}$$

Dado que sólo se puede instalar un número entero de lámparas 1 cada circuito tendrá 19 lámparas, las cuales requieren:

$$\frac{80 \text{ lámparas}}{19 \text{ lámparas/circuito}} = 4.2 \text{ ó } 5 \text{ circuitos}$$

b) El otro método puede ser usado para verificar el problema y se parte de la consideración que cada circuito sólo tiene capacidad para 15 amperes, la corriente que demanda cada lámpara de 100 watts a 127 volts es:

$$I = \frac{100 \text{ watts}}{127 \text{ volts}} = 0.787 \text{ amperes}$$

El circuito de 15 amperes puede alimentar entonces:

$$\frac{15 \text{ amperes}}{0.787 \text{ amperes/lámpara}} = 19.05 \text{ lámparas.}$$

En seguida se presenta un resumen de las reglas usadas para el cálculo de circuitos derivados:

#### Tipo de carga 1: Iluminación general

- *Método de cálculo del valor de la carga:* Watts/m<sup>2</sup> o bien la carga actual si se conoce incrementada, 25% si es continua.
- *Capacidad de los circuitos derivados:* 15 ó 20 amperes por circuito
- *Número de circuito requerido a 127 volts:* para 15 A.

$$\frac{\text{Carga total en watts}}{15 \times 127} =$$

Para 20 A

$$\frac{\text{Carga total en watts}}{20 \times 127} =$$

#### Tipo de carga 2. Portalámparas de servicio pesado para unidades de alumbrado fijo.

- *Método de cálculo del valor de la carga:* Mayor de 600 volt-ampere por unidad o carga real actual más 25%.
- *Capacidad de los circuitos derivados:* 30, 40 ó 50 amperes por circuito.
- *Número de circuitos requerido:*

$$\frac{\text{Carga total en watts}}{\text{Capacidad del circuito (amperes)} \times \text{voltaje del circuito (volts)}} =$$

#### 4.6.2 Circuitos derivados para contactos

A continuación se indican las reglas establecidas para el uso de circuitos derivados que alimentan a contactos. Para los contactos de propósito general se especifica una carga de 180 watts por cada contacto sencillo o múltiple; cuando la carga es continua los valores calculados se deben incrementar 25%, con esto se asegura que no exceda al 80% de la capacidad del circuito.

*Tipo de carga 1:* Contactos generales.

- *Método de cálculo del valor de la carga:* 180 watts por contacto o el valor real de la carga si se conoce más 25% si es continua.
- *Capacidad del circuito derivado:* 15 ó 20 amperes por circuito.
- *Número de circuitos requeridos:* a 127 volts.

$$\frac{\text{Número de contactos} \times 180 \text{ watts}}{15 \text{ amperes} \times 127 \text{ volts}} =$$

para circuitos de 20 A.

$$\frac{\text{Número de contactos} \times 180 \text{ watts}}{20 \text{ amperes} \times 127 \text{ volts}} =$$

*Tipo de carga 2:* áreas de multicontactos.

- *Método de cálculo del valor de la carga:* 1.0 amperes por cada metro (1 m) para cargas generales.
- *Capacidad del circuito derivado:* 15 ó 20 amperes por circuito.

#### 4.6.3 Circuitos derivados para iluminación de aparadores

*Tipo de carga:* Iluminación para aparadores.

- *Método de cálculo:* Más de 180 watts por salida por cada salida en el aparador, con un incremento del 25% si es mayor o bien 200 watts por cada 500 centímetros lineales del aparador.
- *Capacidad del circuito derivado:* La capacidad depende del tipo de portalámpara.
- *Número de circuitos requerido:* Considerando una carga mínima de 200 watts por cada 50 centímetros lineales.

#### Ejemplo 4.3

Un área cualquiera para ser ocupada tiene la siguiente información de carga para alumbrado y contactos.

- a) Área total de 20 m por 30 m con 20 watts/m<sup>2</sup>
- b) Se usan lámparas incandescentes de 100 watts para iluminación general.
- c) Con 50 contactos dobles a 127 volts.

Supóngase que se usan circuitos derivados de 15 amperes para alimentar todas las cargas.

#### Solución

El valor usado para la carga de alumbrado es:

$$20 \times 30 \times 20 \text{ watts/m}^2 = 12\,000 \text{ watts.}$$

El número de circuitos requeridos a 127 volts son:

$$\text{No. circuitos} = \frac{\text{Carga total en watts}}{15 \times 127} = 0.787 \text{ amperes.}$$

Cada uno de los circuitos de 15 amperes podrá alimentar al siguiente número de lámparas:

$$\frac{15 \text{ amperes}}{0.787 \text{ amperes/lámpara}} = 19.05 \text{ lámparas}$$

La carga de contactos es:

$$50 \text{ contactos} \times 180 \text{ watts/contacto} = 9\,000 \text{ watts.}$$

El número de circuitos derivados para alimentar a los 50 contactos es:

$$\frac{\text{Carga total}}{15 \text{ amperes} \times 127 \text{ volts}} = \frac{9\,000}{15 \times 127} = 4.72 \text{ ó } 5 \text{ circuitos}$$

La instalación eléctrica tendrá en total 12 circuitos derivados, 7 para alumbrado general y 5 contactos.

#### Ejemplo 4.4.

Para el plano de la casa habitación mostrado en la figura 4.6, calcular la carga conectado y el número de circuitos requerido e indicar un arreglo de alambrado de lámparas y contactos.

#### Solución

La superficie cubierta se puede estimar como:

Planta baja	8 × 9	= 72 m <sup>2</sup>
Planta alta	8 × 9	= 72 m <sup>2</sup>
Patio	8 × 6	= 48 m <sup>2</sup>
Área cubierta		= 192 m <sup>2</sup>

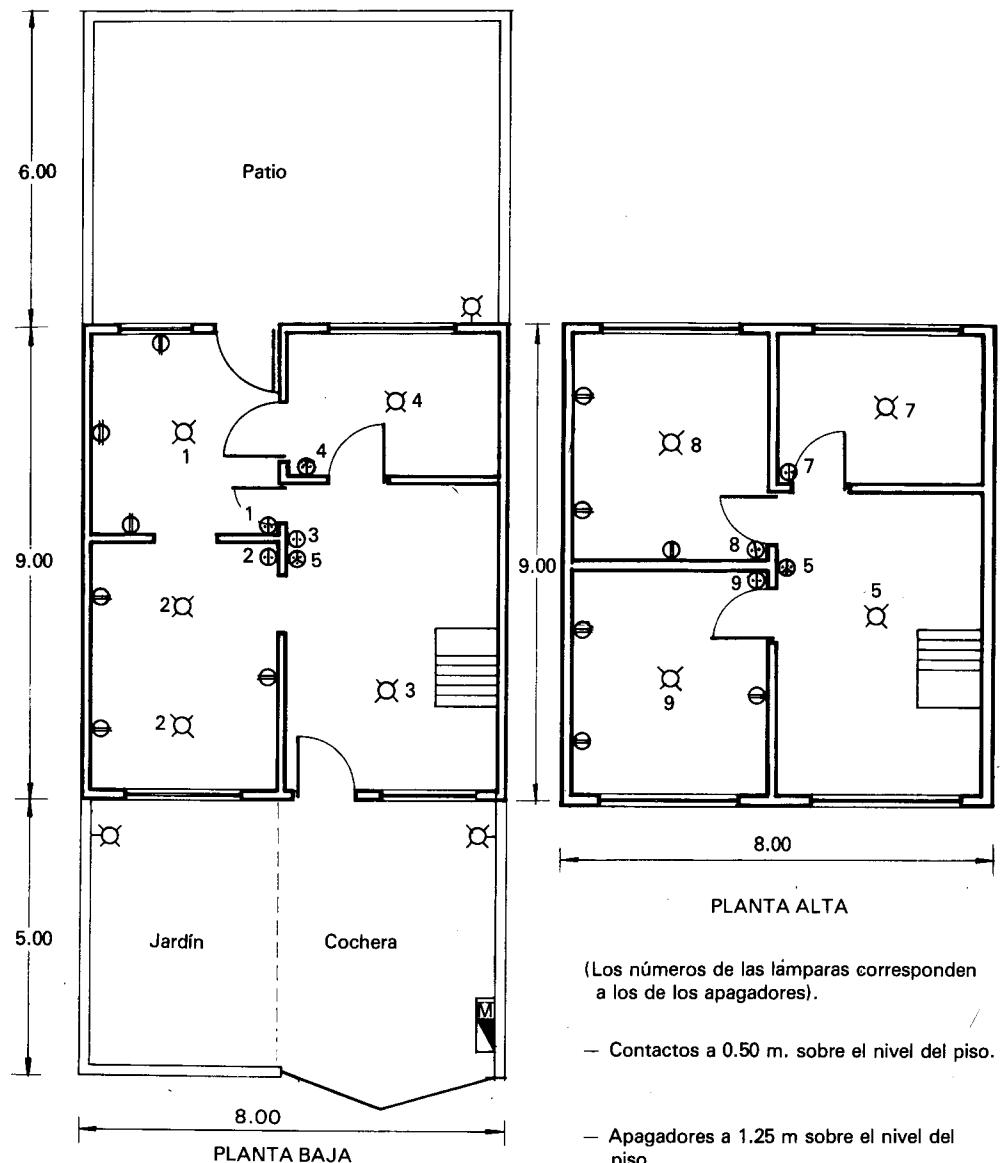


Figura 4.6

Considerando  $20 \text{ w/m}^2$  la carga conectada para alumbrado y contactos menores es:

$$w = 192 \times 20 = 3840 \text{ watts.}$$

Se pueden estimar adicionalmente los siguientes contactos mayores:

Cocina: 2 de 5 amperes

$$\text{Carga conectada} = 2 \times 5 \times 127 = 1270 \text{ watts}$$

$$\text{Carga total conectada} = 3840 + 1270 = 5110 \text{ watts.}$$

El número de circuitos derivados de 15 A, a 127 volts.

$$\text{No. Circuitos} = \frac{5110}{15 \times 127} = 2.68 \text{ ó 3 circuitos.}$$

El cuadro de cargas de la instalación se muestra en la Tabla 4.1.

TABLA 4.1

Circuito	Lámparas de 75 W	Lámparas de 60 W	Lámparas de 100 W	Contactos de 250 W	500W	Total
1	1	2	2	2	—	895
2	2	—	2	—	2	1350
3	—	—	3	4	—	1300

El arreglo de alambrado de lámparas y apagadores se presenta en las figuras 4.7 y 4.8

Los números indican los números correspondientes a las lámparas del plano anterior

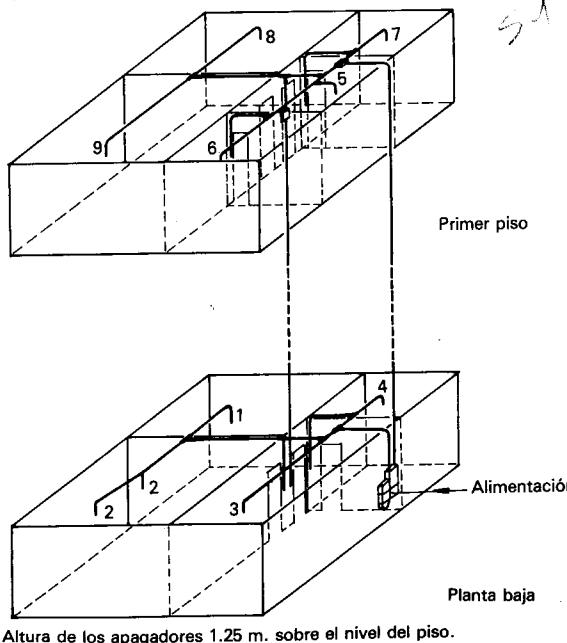
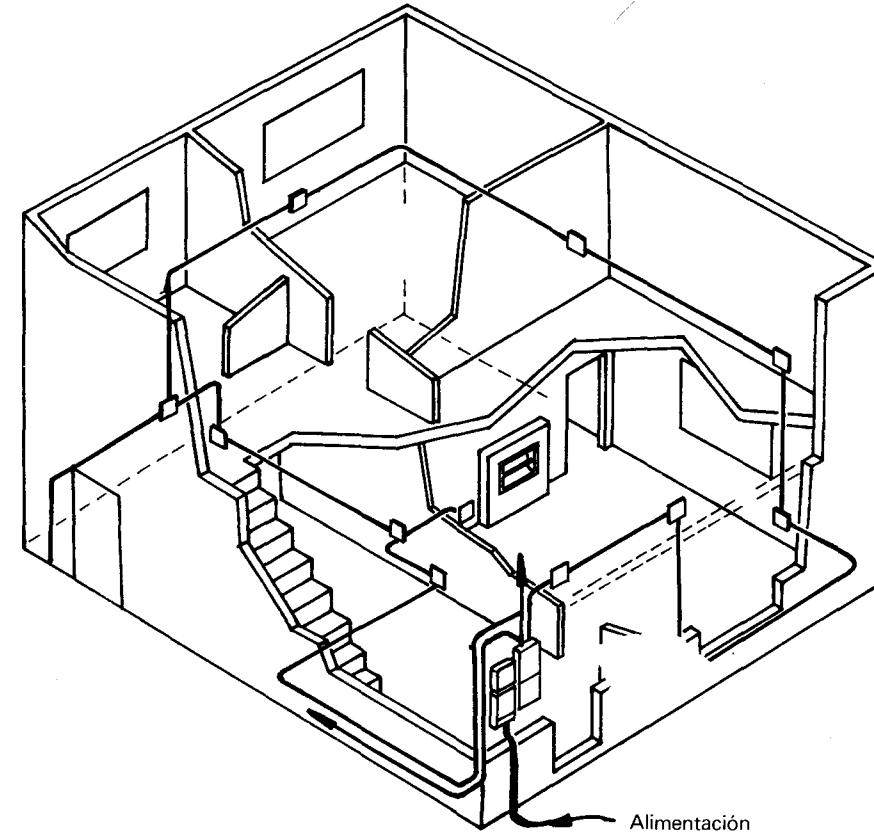


Figura 4.7 Disposición de tubo conduit y salidas para lámparas y apagadores en una casa habitación de dos plantas.



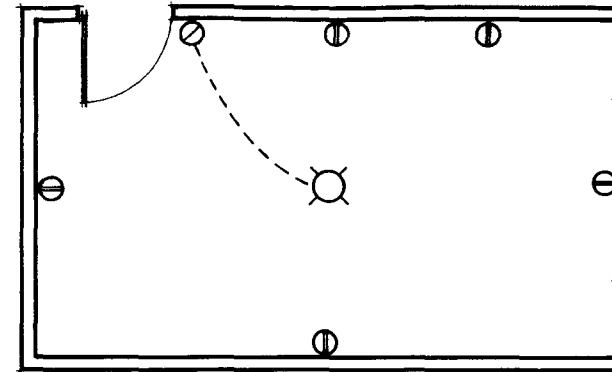
Las trayectorias dan una idea del recorrido de la tubería y alumbrado.  
Altura de los contactos: 0.50 m. sobre el piso

**Figura 4.8** Arreglo esquemático típico de las salidas para contactos de 15 A en una casa habitación pequeña con dos niveles.

#### 4.7 RELACION ENTRE LOS PLANOS ELECTRICOS Y LOS CONDUCTORES QUE ALIMENTAN LAS SALIDAS

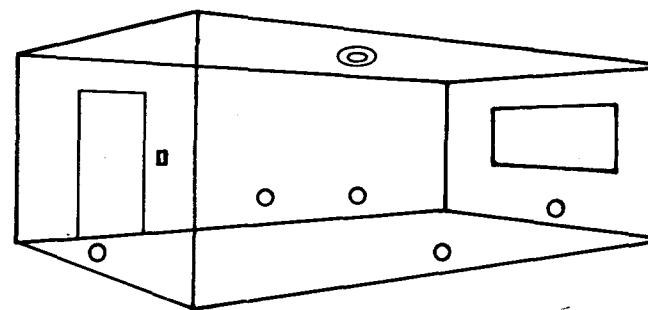
Una vez que en el plano de la casa en donde se va a hacer la instalación se localizan las salidas para lámparas, contactos y otros propósitos como se indicó en el párrafo 4.2, se puede dibujar el plano de alambrado; como ejemplo se puede mostrar un caso elemental del alambrado de una recámara para una casa habitación; como se muestra en la figura 4.9 donde se localizan los distintos dispositivos requeridos.

Como ya se señaló, el propósito del plano de alambrado es agrupar los dispositivos eléctricos individuales en circuitos específicos cuyo número se calcula de acuerdo con lo indicado en el párrafo 4.6; también es necesario

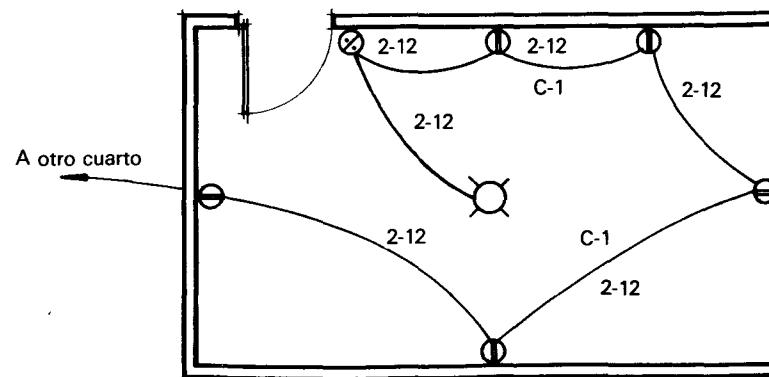


determinar cuál es la mejor trayectoria a fin de reducir en lo posible la cantidad de alambre empleado y evitar problemas futuros. En la figura 4.10 se muestra el principio de elaboración del plano de alambrado.

Una perspectiva de cómo quedaría la instalación de la recámara es la siguiente:



**Figura 4.9**



**Figura 4.10**

En la figura 4.10 se indicó la nomenclatura general que se usa en los planos de instalaciones eléctricas y que se describe a continuación.

- C-1- Indica el número de circuitos, C-1 es circuito uno.
- 2-12- El primer número indica el número de conductores, el segundo el calibre AWG usado, en este caso el No. 12.

Para tener una idea de las trayectorias físicas y finalmente calcular la cantidad de alambre y tubería requeridos, se puede hacer un isométrico (figura 4.11).

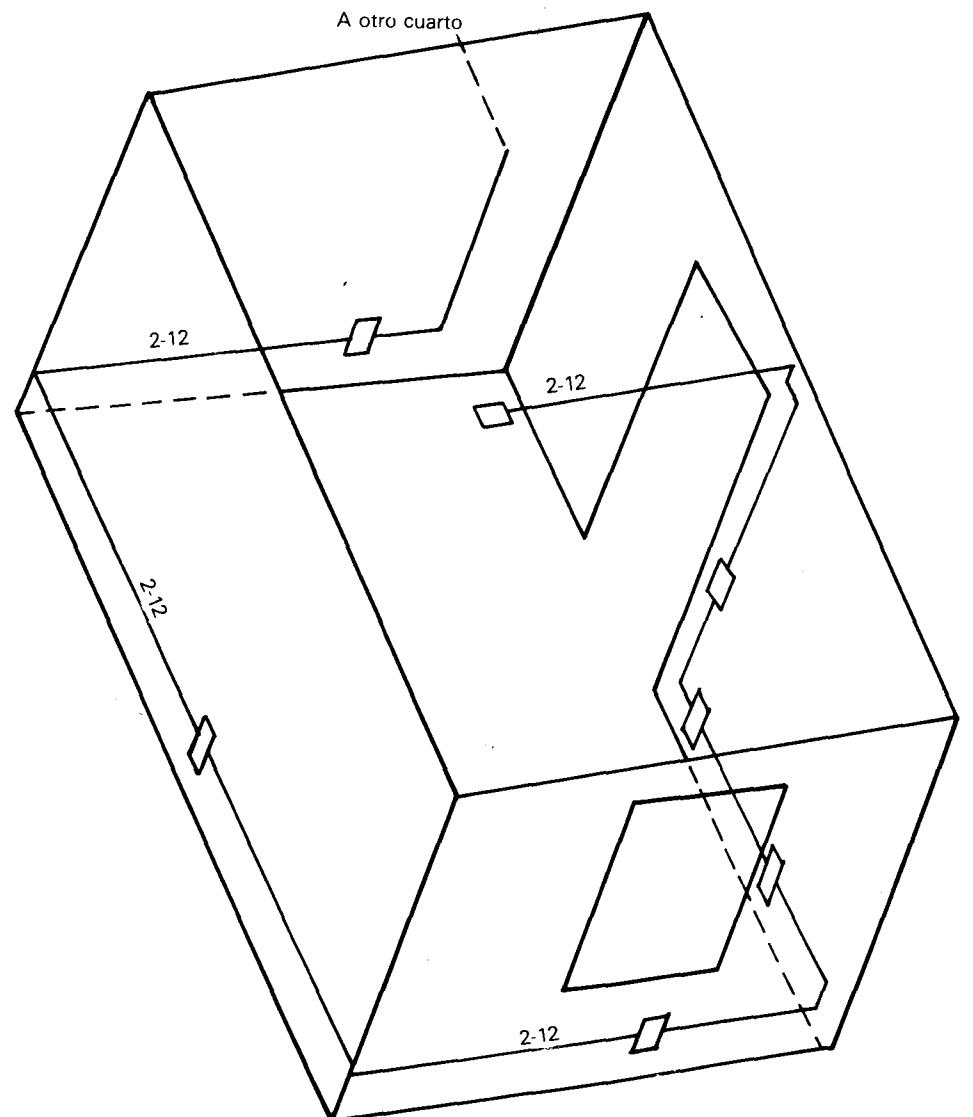


Figura 4.11 Distribución de alambrado y trayectorias de tuberías.

#### 4.7.1 Conductores de circuitos derivados

Los conductores de los circuitos derivados se deberán sujetar a las siguientes disposiciones.

- i) *Capacidad de conducción de corriente.* Los conductores deberán ser del calibre suficiente para conducir la corriente del circuito derivado y cumplir con las disposiciones de caída de voltaje y capacidad térmica.
- ii) *Sección mínima.* La sección de los conductores no deberá ser menor que la correspondiente al calibre No. 14 para circuitos de alumbrado y aparatos pequeños, ni menor que el No. 12 para circuitos que alimenten cargas de más de 3 amperes.

*Excepción.* Los alambres y cordones pertenecientes a unidades de alumbrado o aparatos y que usen para conectarlos a las salidas de los circuitos derivados pueden ser de menor sección, siempre que su sección permitida sea suficiente para la carga de las unidades o aparatos y que no sean de calibre más delgado que el número 18 cuando se conecten a circuitos derivados de 15 A; No. 16 cuando se conecten a circuitos de 20 A; No. 14 cuando se conecten a circuitos de 30 A y No. 12 cuando se conecten a circuitos de 50 A.

#### 4.7.2 Caída de tensión

En un circuito derivado que alimente cualquier tipo de carga (alumbrado, fuerza o calefacción), la caída de tensión hasta la salida más lejana del circuito no debe exceder del 3 por ciento. Por otra parte, la caída de tensión total en el conjunto del circuito alimentador y el circuito derivado no debe exceder del 5 por ciento.

#### 4.7.3 Protección contra sobrecorriente de los circuitos alimentadores

Cada conductor no conectado a tierra de un circuito derivado se debe proteger contra corrientes excesivas por medio de dispositivos de protección contra sobrecorriente. La capacidad de estos dispositivos cuando no sean ajustables, o su ajuste, cuando sí lo sean, deberá ser como sigue:

- a) No deberá ser mayor que la corriente permitida para los conductores del circuito.
- b) Si el circuito abastece únicamente un solo aparato con capacidad de 10 amperes o más, la capacidad o ajuste del dispositivo contra sobrecorriente no deberá exceder del 150 por ciento de la capacidad del aparato.

- c) Los alambres y cordones para circuitos derivados pueden considerarse protegidos por el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

#### 4.7.4 Dispositivos de salida

Los dispositivos de salida de los circuitos derivados deberán cumplir con lo siguiente:

- a) *Portalámparas*. Los portalámparas deberán tener una capacidad no menor que la carga por servir y se recomienda que cuando estén conectados a circuitos derivados con capacidad de 20 amperes o más, sean del tipo servicio pesado.
- b) *Contactos*. Los contactos deberán tener una capacidad no menor que la carga por servir y se recomienda que cuando estén conectados en circuitos derivados con dos o más salidas tengan las siguientes capacidades:

<i>Capacidad del circuito (amperes)</i>	<i>Capacidad de los contactos (amperes)</i>
15	No mayor de 15
20	20
30	20 ó 30
50	50

### 4.8 CONDUCTORES ALIMENTADORES

Se entiende como circuito alimentador al conjunto de los conductores y demás elementos de un circuito, en una instalación de utilización, que se encuentra entre el medio principal de desconexión de la instalación y los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados.

#### 4.8.1 Calibre de los conductores alimentadores

Los conductores de los circuitos alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menor que la correspondiente a la carga por servir.

El calibre de los conductores alimentadores no debe ser menor que el No. 10 AWG en los siguientes casos.

- a) Cuando un alimentador bifilar alimente a dos o más circuitos derivados bifilares.

- b) Cuando un alimentador trifilar abastezca a tres o más circuitos derivados bifilares.
- c) Cuando un alimentador trifilar alimente a dos o más circuitos derivados trifilares.

El cálculo de los alimentadores para otros casos se hace de acuerdo con los siguientes conceptos:

#### 4.8.2 Demanda máxima

- a) La demanda máxima de un circuito alimentador se puede calcular sumando las cargas de los circuitos derivados que estarán alimentados por él, afectando el siguiente factor de demanda en el caso de casas habitación.

Primeros 3 000 watts o menos 100%  
Exceso sobre 3 000 watts 35%

#### Para hoteles

Primeros 20 000 watts o menos 100%  
Exceso sobre 20 000 watts 40%

#### Para edificios de oficinas o escuelas

Primeros 20 000 watts o menos 100%  
Exceso sobre 20 000 watts 70%

Tanto en hoteles como en edificios y escuelas, no se aplican estos factores al cálculo de la carga de alimentadores de áreas en donde se tiene alumbrado permanente.

#### Para otros locales

Carga total de alumbrado general 100%

- b) Contactos no considerados en la carga de alumbrado. La carga de estos contactos de uso general en cualquier tipo de local con un mínimo de 180 watts por salida puede sumarse a la carga de alumbrado y sujetarse a los mismos factores de demanda anteriores.

#### 4.8.3 Reglas generales para el cálculo de los alimentadores

Para determinar el tamaño o capacidad de cada elemento de un circuito alimentador, se determina la carga. A partir de este dato se calcula el tamaño o

capacidad de conducción del conductor, así como la capacidad de dispositivo de protección.

Si en un servicio se originan varios alimentadores, el tamaño de los conductores y la capacidad de los dispositivos de protección para cada circuito alimentador se deben calcular por separado antes de que se calcule la carga para el servicio completo (la instalación total).

La capacidad de conducción de los circuitos alimentadores también se conoce como la *ampacidad* y no debe ser mayor en ningún caso a los valores recomendados por las especificaciones técnicas para instalaciones eléctricas de la SEPAFIN que indican que para cualquier tipo de alimentador alimentando dos o más circuitos derivados con 30 amperes totales y con longitudes hasta de 15 metros, se puede usar el calibre No. 10 AWG con conductor de cobre.

#### Ejemplo 4.5

Con el siguiente ejemplo de cálculo de la ampacidad de un alimentador y su protección contra sobrecorriente, se muestra el procedimiento para el cálculo de alimentadores para cargas mixtas de alumbrado y contactos. Si en este caso el alimentador alimenta a las siguientes cargas a 127 volts, una fase:

- El área de una casa habitación de dos plantas con un área total de 120 m<sup>2</sup>.
- 10 contactos dobles a 127 volts para usos especiales.

#### Solución

La carga de alumbrado considerando también los contactos de uso general y una densidad de carga de 20 watts/m<sup>2</sup> es:

$$W_1 = 120 \times 20 = 2\,400 \text{ watts}$$

De acuerdo con lo estudiado en el párrafo 2.8.2 se pueden considerar los contactos para usos especiales con una capacidad de 180 watts c/u y un factor de demanda del 100%, por lo que la carga por este concepto es:

$$W_2 = 10 \times 180 = 1\,800 \text{ watts.}$$

La carga total conectada es entonces:

$$W_T = W_1 + W_2 = 2\,400 + 1\,800 = 4\,200 \text{ W}$$

La carga en amperes es entonces:

$$I = \frac{4\,200}{127} = 33.07 \text{ amperes}$$

Con este dato se determinan las características de conductores y tubo conduit. La protección se puede lograr con interruptor termomagnético de 40 A.

#### 4.8.4 Selección del calibre de conductores y tubo conduit para instalaciones eléctricas en baja tensión

Como se indicó, en el caso de las instalaciones eléctricas de casas habitación, la selección adecuada de un conductor que llevará corriente a un dispositivo específico o carga, se hace tomando en consideración dos factores:

- La capacidad de conducción de corriente (ampacidad).
- La máxima caída de voltaje permisible.

Por lo general, para un análisis, estos dos aspectos se tratan por separado pero en forma simultánea para seleccionar un conductor, tomando en la decisión final al conductor de mayor sección que cumpla con ambos requerimientos.

##### *La capacidad de conducción de corriente (ampacidad)*

En el capítulo 2 se mencionó que los conductores están limitados en su capacidad de conducción de corriente por razones de calentamiento, por las limitaciones en la conducción de corriente por razones de calentamiento, por las limitaciones en la conducción de corriente por problemas de disipación del calor y limitantes impuestas por el aislamiento.

Debido a lo anterior, el número de conductores alojados dentro de un tubo conduit se tiene que restringir de manera que permita el alojamiento y la manipulación durante la instalación y se considere también la cantidad de aire necesario para que los conductores se mantengan a temperaturas adecuadas mediante un enfriamiento correcto. Estas condiciones que se han fijado se pueden lograr estableciendo una relación adecuada entre las secciones del tubo conduit y los conductores que alojará.

La relación que debe existir entre el área del tubo conduit y la de los conductores que alojará se expresa por medio del llamado factor de relleno F que se expresa como:

$$F = \frac{a}{A}$$

Siendo: a = área de los conductores en mm<sup>2</sup>

A = Área interior del tubo conduit en mm<sup>2</sup>

Los valores de estos factores de relleno establecidos para algunas instalaciones eléctricas son los siguientes:

$$F \begin{cases} 53\% \text{ para un solo conductor} \\ 31\% \text{ para dos conductores} \end{cases}$$

$$F = \begin{cases} 43\% & \text{para tres conductores} \\ 40\% & \text{para cuatro o más conductores} \end{cases}$$

**Ejemplos de cálculo de conductores eléctricos por capacidad de corriente y el tamaño del tubo conduit necesario**

#### Ejemplo 4.6

Calcular el calibre de los conductores tipo TW de un circuito derivado con 4 conductores de 15 amperes con una temperatura ambiente de 30°C. Calcular también el tamaño del tubo conduit requerido.

#### Solución

Este tipo de problemas se resuelve mediante el uso de tablas, nomogramas o reglas para el cálculo de instalaciones eléctricas elaboradas por algunos fabricantes. En este libro se adopta el método del uso de tablas de características para conductores y tubos conduit.

De la tabla para 4 conductores TW con una corriente de 15 A, el calibre requerido es el No. 12 AWG. De la tabla (2.8) para 4 conductores No. 12 se requiere tubo conduit, de 13 mm (1/2 plg.).

#### Ejemplo 4.7

Calcular el calibre de los dos conductores vinanel 900 de un alimentador que llevará una corriente de 35 A con temperatura ambiente de 30°C. Indicar también el tamaño del tubo conduit requerido.

#### Solución

De la tabla (2.7) para dos conductores con 35 A se requiere conductor No. 8 AWG. De la tabla 2.8 para 2 conductores No. 8 se requiere tubo conduit de 13 mm (1/2 plg.).

#### Ejemplo 4.8

Calcular el tamaño del tubo conduit (metálico) que debe contener a los siguientes conductores con aislamiento vinanel 900: 2 No. 12, 4 No. 14, 2 No. 8.

#### Solución

Como se trata de conductores de diferente calibre, no es posible proceder como en los ejemplos anteriores; por lo que se puede elaborar una tabla con las áreas de conductores como sigue, basándose en la tabla 2.1.

#### Conductores alimentadores

Número de conductores en tubo conduit	AWG	Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )	Sección total (mm <sup>2</sup> )
2	12	3.3090	6.6180
4	14	2.0810	8.3240
2	8	8.3670	16.7340
			a = 31.6760

Como se tienen más de 4 conductores, el factor de relleno es:

$$F = 40\% = 0.40$$

El área del tubo conduit necesaria es entonces:

$$A = \frac{a}{F} = \frac{31.6760}{0.40} = 79.190 \text{ mm}^2$$

De la tabla 2.1 se requiere tubo conduit de 13 mm (1/2 plg.).

#### Ejemplo 4.9.

En un tubo conduit de PVC se llevan 4 conductores TW con 30 amperes a una temperatura ambiente de 40°C. Calcular el calibre de los conductores y el tubo conduit.

#### Solución

Para 40°C de temperatura y para 4 a 6 conductores en un tubo conduit, el factor de corrección es 0.82; por tanto, la corriente por considerar es:

$$40^\circ\text{C} = \frac{30}{0.82} = 36.6 \text{ amperes}$$

De la tabla 2.7 para 4 conductores con 36.6 amperes se requiere calibre No. 6 AWG y de la tabla 2.8 se requiere tubo conduit de 25 mm (1 pulg.).

#### Resumen del procedimiento para el cálculo de las instalaciones eléctricas en casas-habitación

Ya se estudió en cierta forma la metodología para determinar las necesidades de servicios eléctricos en una casa habitación, así como el alambrado, cálculo de los circuitos derivados y alimentadores. También se estableció la relación entre la carga eléctrica y las características de los elementos y dispositivos físicos que intervienen en las instalaciones como son tubos conduit, cajas de conexión, conductores, etc.; en esta parte se presenta un resumen de los elementos que intervienen en el procedimiento de cálculo; debe recordarse

que cuando se trata de departamentos para conjuntos habitacionales el procedimiento es el mismo para cada uno, sólo varía ligeramente la forma de alimentación como se estudia en el capítulo 5.

De hecho, el procedimiento de cálculo para la instalación eléctrica de una casa habitación es el mismo para el cálculo de instalaciones eléctricas comerciales e industriales, y en general, el procedimiento es el siguiente:

1. En la determinación de la carga por alimentar se puede proceder analizando el área cubierta en metros cuadrados y multiplicando por los factores de densidad de carga indicados antes en watts/m<sup>2</sup>, se deben considerar la carga instalada actual, así como la carga futura por alimentar
2. Del estudio anterior se calcula el número y tamaño de los circuitos que sea necesario usar.
3. Combinando las cargas de cada circuito en una carga equivalente se determinan los requerimientos globales para el servicio.

Este procedimiento es general y desde luego que pueden existir variaciones dependiendo de la instalación de que se trate y entonces pueden variar los dispositivos de utilización.

El punto de partida es la información proporcionada por los usuarios de la casa habitación o bien de los representantes en el caso de los conjuntos habitacionales. Se pueden mencionar como aspectos relevantes de la información por proporcionar los siguientes:

a) Basado en un estudio inicial de requerimientos de carga, el primer paso en el proyecto de las instalaciones eléctricas residenciales, es disponer de un plano arquitectónico en donde se indiquen en detalle las dimensiones y áreas, así como las salidas para alumbrado, contactos y salidas especiales; deben considerarse también otros servicios como bomba de agua, máquinas especiales en algunos casos como lavaplatos, planchadoras, etc.

En algunas ocasiones puede haber también alumbrado especial en exteriores, cochera o interiores; esto se debe indicar.

b) Como segunda etapa se deben indicar de acuerdo con las aplicaciones que tengan los distintos tipos de salidas, sus capacidades en watts o amperes, basándose en las disposiciones reglamentarias, en aspectos de estética y características de operación considerando los valores de carga para distintos aparatos receptores.

Se debe recordar que para el cálculo de los conductores que se usan en las casas habitación, la mayoría del alambrado para contactos y alumbrado emplean conductores No. 12 a 127 volts de alimentación, algunas excepciones

ciones para alimentación de aparatos como estufas eléctricas, lavadoras y secadoras grandes, requieren alambre calibre No. 10 AWG.

Se puede adoptar como norma general que los circuitos para alimentar cargas eléctricas en instalaciones eléctricas de casas habitación pueden ser de los siguientes tipos:

1. *Circuitos a 127 volts corriente alterna de propósitos generales.* Para una carga máxima de 3 000 watts de diseño se requieren conductores del No. 12. Estos circuitos alimentadores se emplean para alimentar contactos y alumbrado de propósitos generales en áreas como salas, comedor, recámara, baños, cocinas, pasillos y patio.
2. *Circuitos de 127 volts de corriente alterna de propósitos especiales.* Estos circuitos tienen una capacidad máxima de 3 000 watts y sirven para alimentar contactos que alimentan cargas individuales o de servicio continuo.

#### Ejemplo 4.10

Se desea calcular la instalación eléctrica de la casa habitación que se muestra en la figura anexa, en donde se muestran los requerimientos de servicio mediante la localización de las salidas para alumbrado y contactos.

La altura de los contactos es de 0.50 m sobre el nivel del piso. Los apagadores de las lámparas se instalarán a 1.25 m sobre el nivel del piso.

#### Solución

De acuerdo con el plano arquitectónico, la estimación de la carga se puede hacer sobre la siguiente área cubierta:

Planta baja y patio	$11 \times 8.50 = 93.5 \text{ m}^2$
Planta alta	$8 \times 8.50 = 68.0 \text{ m}^2$
Total	$161.5 \text{ m}^2$

La carga conectada se calcula considerando 20 watts/m<sup>2</sup>.

Carga conectada =  $161 \times 20 = 3220$  watts (alumbrado y contactos menores). Se estima que se tendrán los siguientes contactos mayores en la cocina y cuarto de servicio:

Cantidad: 3  
Corriente: 5 amperes a 127 volts.  
Carga conectada en contactos mayores  $W = 3 \times 5 \times 127 = 1905$  watts

La carga total conectada es entonces:

$$W = 3220 + 1905 = 5125 \text{ watts}$$

Considerando los factores de demanda se puede estimar la siguiente carga efectiva.

#### CARGA EFECTIVA:

Alumbrado y contactos menores	3 220 W
Contactos mayores (cuarto de servicio y cocina)	800 W
Total Estimado:	4 020 W

Con una alimentación a 127 volts el número de circuitos de 15 amperes es:

$$\text{No. circuitos} = \frac{\text{Carga total}}{15 \text{ amperes} \times 127 \text{ volts}} = \frac{4\,020}{15 \times 127} = 2.11$$

Se usarán tres circuitos derivados de 15 amperes que de acuerdo con el plano arquitectónico se puede elaborar el siguiente cuadro de cargas:

#### CUADRO DE CARGAS DE LA INSTALACION

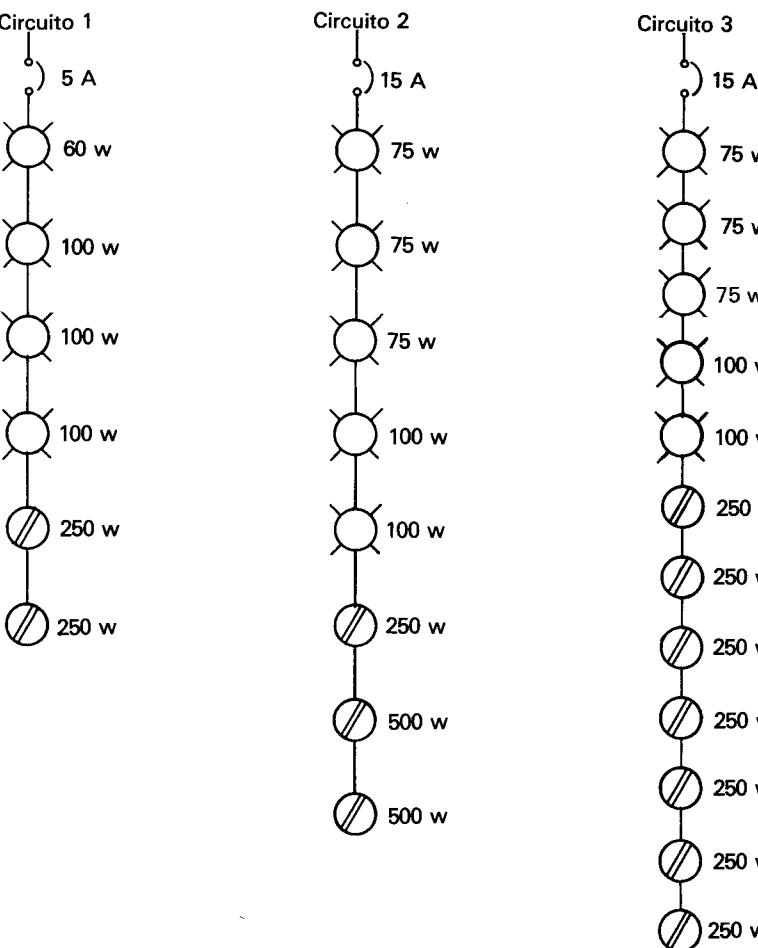
Circuito No.	Lámparas de 75 Watts	Lámparas de 60 Watts	Lámparas de 100 Watts	Contactos de 250 Watts	Contactos de 500 Watts	Total Por circuito
1	1	1	3	2	—	935 W
2	3	—	2	1	2	1 735 W
3	3	—	2	7	—	2 175 W

El diagrama unifilar correspondiente por el circuito se muestra en la figura 4.12.

De acuerdo con la tabla 2-7 la alimentación a lámparas y contactos se hará con alambre vinamel 900 del No. 12; los conductores de retorno serán del No. 14 de acuerdo con lo indicado en el plano. De la tabla 2-8, para el número de conductores indicado y a una temperatura de 30°C, se usará tubo conduit ligero de PVC de 13 mm (1/2 plg) de diámetro para los circuitos derivados. Para el alimentador, considerando 6 conductores del No. 12, se usará de acuerdo con la tabla 2.11, tubo conduit de 13 mm (1/2 plg) (figuras 4.13 y 4.14).

#### 4.9 ESTIMACION DEL MATERIAL NECESARIO PARA LAS INSTALACIONES ELECTRICAS Y TRAMITES PARA PROYECTO Y CONSTRUCCION

Como parte del cálculo de las instalaciones eléctricas, se debe considerar la elaboración de la lista de material necesario para la construcción de la misma; con esto es posible elaborar el presupuesto que por concepto de material se requiere. La correcta elaboración del presupuesto es importante, ya



La alimentación general corresponde al siguiente diagrama:

Símbolos

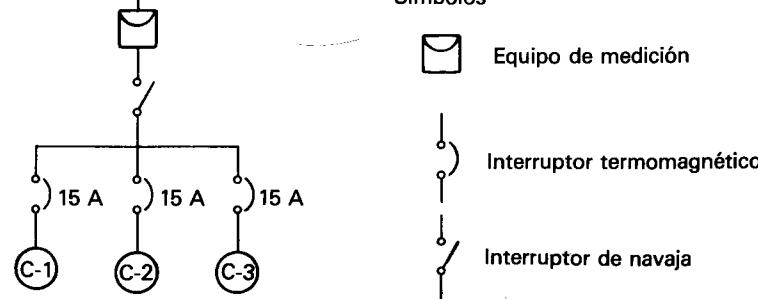


Figura 4.12

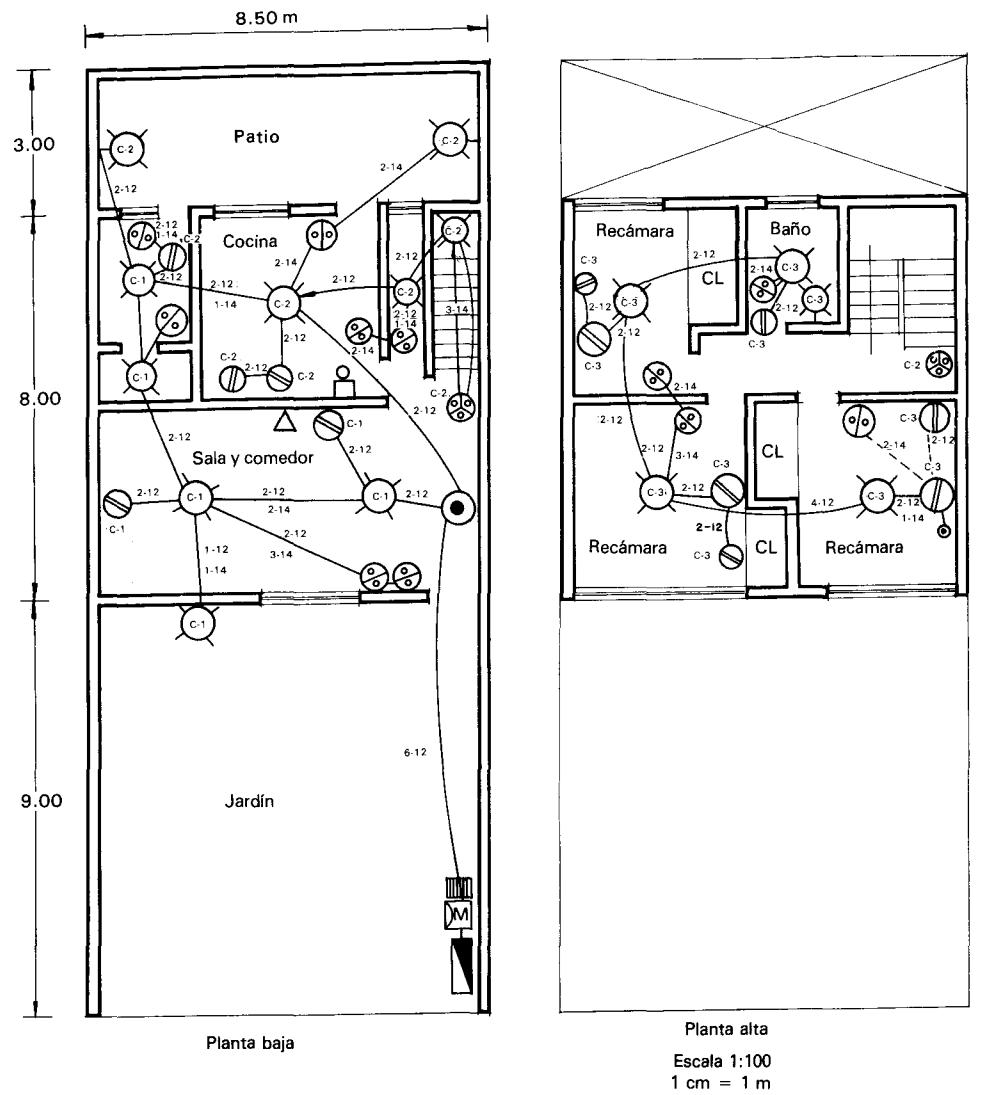


Figura 4.13 Instalación eléctrica de una casa habitación

que si se hace una estimación errónea, se puede tener el problema de un presupuesto elevado por exceso de material, o bien que quede limitado y entonces sea necesario perder ganancias para corregir el error.

Para hacer una correcta estimación de la cantidad de material necesario para la instalación eléctrica es necesario partir de la información de los planos en donde se indican las salidas para alumbrado, para contactos y salidas especiales, así como las dimensiones a escala de la casa habitación y alturas

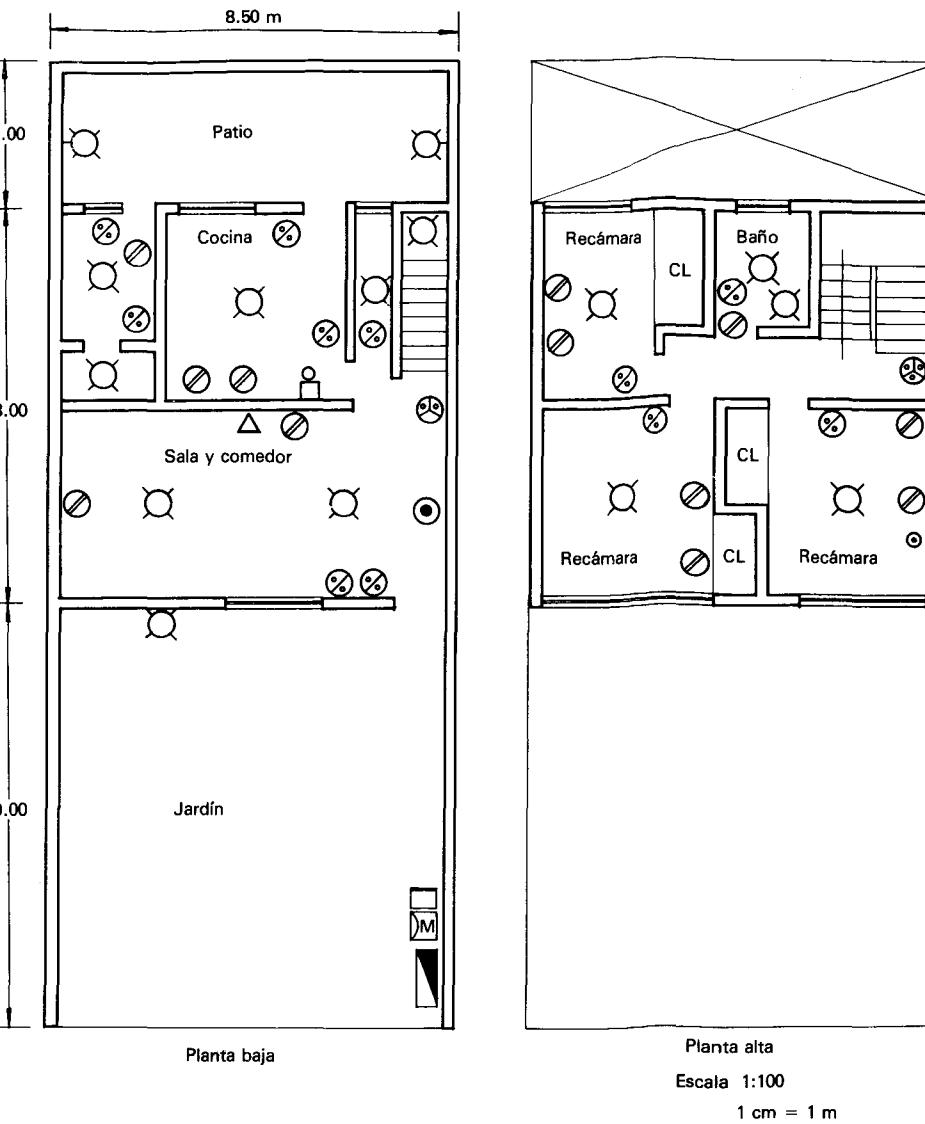


Figura 4.14 Instalación eléctrica de una casa habitación

del techo en donde se tendrán las salidas del alumbrado, la altura a que se instalarán las cajas para contactos y apagadores.

De acuerdo con lo estudiado, es útil saber el volumen de la instalación de que se trate, y tener una idea más objetiva que permita estimar lo siguiente:

- Tubería.
- Conductores eléctricos.

- Cajas de conexión.
- Apagadores y contactos.
- Arbotantes o salidas para alumbrado exterior y jardines.
- Contactos a prueba de agua.
- Contactos para aplicaciones especiales.
- Placas o tapas.

### Tubería

Para calcular la cantidad necesaria de tubería que se requerirá en la instalación eléctrica, es necesario tomar en cuenta:

- La altura del techo con respecto al nivel del piso terminado, para determinar las longitudes de las bajadas. Esta altura en el caso de casas habitación individuales o departamentos es del orden de 2.50 a 2.70 m.
- Como se indicó, los apagadores se instalan de 1.20 ó 1.35 m con respecto al nivel de piso terminado y los contactos de 0.30 a 0.50 m con respecto al nivel de piso terminado, de manera que si la losa o techo tiene una altura de 2.5 m, la tubería por muro para alimentar apagadores a 1.25 m tendrá (2.5-1.25) 1.25 m y para alimentar contactos con bajada por muro (2.5-0.5) 2.0 m.
- La distancia entre centros de las salidas o cajas de conexión, midiendo también entre cada dos cajas, obteniendo medidas parciales para cada área de la casa habitación la suma de estas medidas parciales representa una estimación de tramos rectos de tubería. Sin embargo, hay que considerar que en las conexiones a las cajas se pierden pequeñas partes y también en las curvas en donde se tiene que doblar el tubo; esto hace necesario que se agregue un cierto porcentaje que cubra estos aspectos, normalmente se aumenta al total calculado en 15% para cubrir estos aspectos.

Tomando en consideración que los tramos de tubo conduit se fabrican en longitudes de 3.05 m, a la suma total anterior (incluyendo el 15% adicional) se dividen entre 3 para obtener el número de tramos de tubería por adquirir. Trándose de PVC se puede comprar por tramos mayores.

El diámetro del tubo conduit debe ser el indicado en el plano, y que se calcula como se indicó antes, de acuerdo con el número de conductores que tendrá y el calibre AWG de los mismos.

Por ejemplo, supóngase que del ejemplo 4.10, la suma parcial de tubo de 13 mm es 75.05 m, el total se obtiene sumando el 15% o sea:

$$75 + 0.15 \times 75 = 1.15 \times 75 = 86.25 \text{ m}$$

que equivale a:

$$\text{Número de tramos} = \frac{86.25}{3} = 28.75 = 29$$

Por lo general los tubos traen un cople para formar tramos mayores, no obstante se debe comprar como medida preventiva un cople adicional por cada 4 tramos, o sea que en este caso:

$$\text{Número de coples adicionales} = \frac{\text{No. tramos}}{4} = \frac{29}{4} = 7.25$$

Se toman 8.

Las uniones a las cajas se hacen por medio de contratuerca (contras) y monitores, al tomar medidas entre cada dos cajas, que equivale a hacerlo tramo a tramo de tubo, lo que quiere decir que el número de juegos de contras y monitores (conectores) se puede calcular como:

$$\text{Número de conectores} = \text{Número de tramos parciales} \times 2$$

El número de tramos parciales es igual a la suma parcial, *sin considerar el 15% adicional*.

En el ejemplo que se presenta:

$$\bullet \text{ Número de tramos parciales} = \frac{\text{Suma parcial de tubo}}{3}$$

$$\bullet \text{ Número de tramos parciales} = \frac{75}{3} = 25$$

El número de juegos de contras y monitores

$$\text{Número de conectores} = 25 \times 2 = 50$$

### Conductores eléctricos

En el plano de la instalación eléctrica en cada tubo conduit se indica el número y calibre de los conductores, de manera que al calcular la longitud total de tubo o el número total de tramos, se determina en forma automática la longitud parcial de los conductores; esto se debe analizar por secciones de tubo, ya que el calibre puede variar dependiendo de la función del conductor.

Al total de cada calibre de conductor se le multiplica por el número de conductores en el tubo conduit, y para tomar en cuenta las puntas que se cortan para los amarres en las cajas, al total se le agrega 20% como medida de seguridad en la estimación global.

### Cajas de conexión

De acuerdo con las longitudes de los tramos para los tubos conduit y la indicación de salidas para contactos, alumbrado y salidas especiales, se puede

tener una idea de la cantidad de cajas que se requieren en la instalación eléctrica. Sin embargo, dependiendo de la función que tengan estas cajas en la instalación eléctrica, se puede decir que no todas las cajas son iguales y es necesario entonces el tipo de caja y sus dimensiones y número, para los fines de la estimación del material requerido.

Del plano para la instalación eléctrica de una casa habitación es fácil determinar las salidas (cajas) así como las cajas de unión para tramos de tubo conduit, también se puede observar cuales salidas son en muro y cuales por techo (losa). El uso de dibujos isométricos simplificados permite tener una idea más clara de esto, ya que en cada caso las cajas por lo general tienen una función distinta.

En las figuras 4.15 y 4.16 se muestran una sección del plano de una instalación eléctrica en donde se indican las salidas en muro y en techo, mostrando también el número de conductores en cada tubo conduit así como el diámetro del tubo conduit; este tipo de designación en los planos a escala permite calcular con mayor facilidad la cantidad de material necesario en cada sección o área de la instalación, con la ayuda de isométricos se puede tener una idea más clara de la cantidad de conductos y tubo conduit así como de los tipos de cajas necesarios.

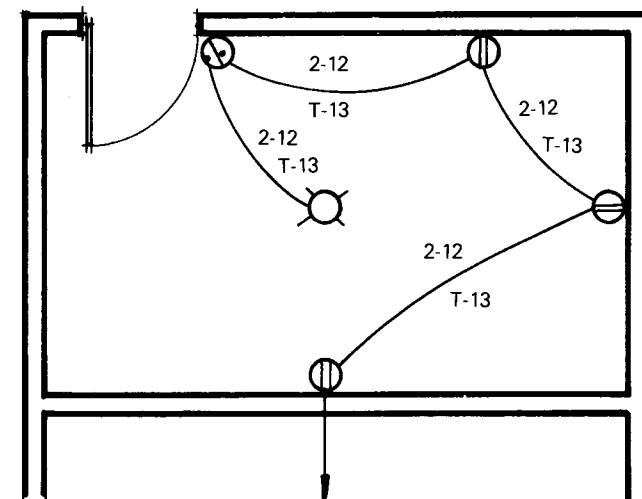


Figura 4.15

#### Cajas en muro

Para las salidas en muros se recomienda usar los siguientes tipos de cajas.

- Rectangulares, cuando se usen para 1 ó 2 dispositivos intercambiables como apagadores, contactos o botones, o bien combina-

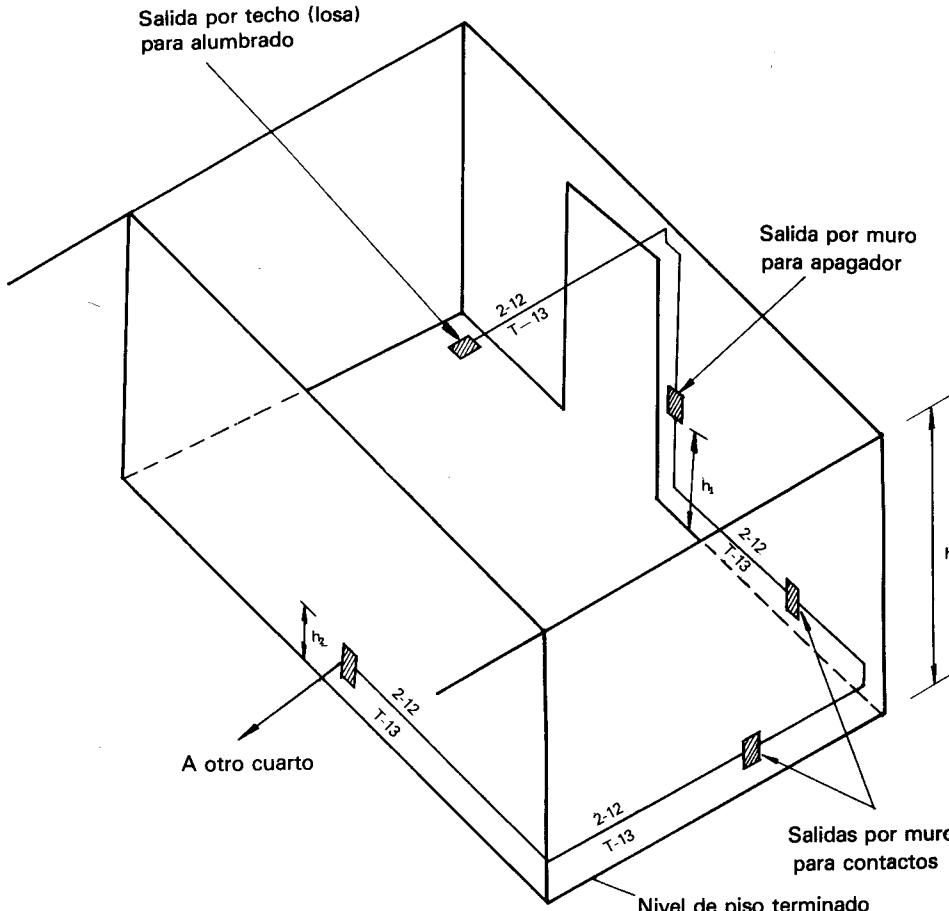


Figura 4.16

ciones entre éstos y además la tubería de llegada sea de 13 mm de diámetro.

También se recomienda el uso de cajas rectangulares en muro cuando hay llegada de dos tubos conduit de 13 mm y en la caja se conecta sólo un dispositivo intercambiable.

- Cuadradas en el caso de que se tengan uniones de tubo conduit de 13 mm y 19 mm de diámetro.
- Octagonales de 13 mm con su tapa para arbotantes (15 perf.) cuando se use tubo conduit de 13 mm.

## Cajas en techo o losa

- a) **Octagonales** o redondas de 13 mm de entrada, con tapa para conexión del 1 a 3 tubos conduit de 13 mm de diámetro que lleguen por distintas direcciones.
- b) **Cuadrada** con tapa para 1 a 3 tubos conduit de 13 mm de diámetro, estas cajas se recomiendan en los casos en que se requieren hasta dos tubos en una misma dirección cuando son de 13 mm sus salidas. Si son perforaciones de 19 mm, entonces se pueden tener hasta 5 tubos conduit de 13 mm y 19 mm en distinta dirección.

## Apagadores y contactos

De acuerdo con el plano para la instalación eléctrica los apagadores se cuentan uno a uno según la lámpara o grupo de lámparas que accionarán y se especifica para cada uno su tipo, es decir si son sencillos, de tres vías o cuatro vías, así como su localización, si son interior o intemperie.

En el caso de los contactos se procede igual, es decir se cuentan uno a uno especificando su tipo, o sea, si son sencillos o dobles, su montaje, es decir si son en muro o en piso y su localización o sea si son tipo interior o intemperie.

## Arbotantes o salidas para alumbrado exterior y jardines

En las casas habitación que tengan jardín, patio y algunas otras áreas exteriores, es conveniente indicarlas para determinar las cajas y montaje de las lámparas (portalámparas).

## Contactos a prueba de agua

En áreas exteriores expuestas a la intemperie o con posibilidad de circulación de agua, se deben instalar contactos a prueba de agua, mismos que se deben contabilizar para la estimación del material.

## Contactos para aplicaciones especiales

Como ya se mencionó, estos se usan para propósitos específicos, es decir, como toma de corriente de aparatos de servicio individual como: estufas eléctricas, lavadoras de platos, planchadoras, etc. Debido a que su tipo y capacidad de corriente es distinta a la de los contactos normales, se debe contar por separado.

## Placas o tapas

Todos los apagadores y contactos deben llevar placas o tapas, por lo que sólo es necesario indicar en el recuento que se haga de acuerdo con el plano de la

instalación, si las placas son para una, dos o tres unidades según sea la aplicación de la caja a que se relacionan.

## Trámites para el proyecto y construcción de las instalaciones eléctricas

La aprobación de un proyecto para una instalación eléctrica, así como la autorización de su construcción, requiere del cumplimiento de ciertos requisitos que establece la Dirección General de Electricidad, o la dependencia encargada del trámite y aprobación de obras eléctricas (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). En el caso particular de que se trata, se refiere a las instalaciones eléctricas en baja tensión y los planos que se presenten deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. Los originales deben ser suficientemente claros, con trazo cuidadoso, empleando los instrumentos de dibujo requeridos y usando tinta china negra o similar.
2. Las anotaciones y explicaciones se deberán hacer con caracteres claros, ya sea mediante el uso de leroy o plantilla, o bien manuscritos usando letra de molde, usando en las acotaciones el sistema métrico decimal.
3. Se debe presentar en el mismo plano una tabla de los símbolos eléctricos que se emplean.
4. Se deben entregar de estos planos, dos copias heliográficas legibles, en los planos, desde luego que no deben aparecer instalaciones sanitarias, agua potable o detalles de construcción civil.
5. Los planos se deben elaborar con las siguientes dimensiones para el caso de instalaciones eléctricas de casas-habitación y edificios alimentados en baja tensión.

43 × 56 cm, 55 × 70 cm, 63 × 84 cm y 84 × 112 cm.

Las escalas que se recomienda usar son: 1:25, 1:50, y 1:100, en el caso de que se requiera del uso de otra escala se puede usar, justificando el uso de la misma.

6. Cada plano se identificará por medio de un cuadro en el ángulo inferior derecho en donde se indicará:
  - Nombre completo del propietario o razón social.
  - Nombre, firma y número de registro ante la Dirección General de Electricidad del perito responsable de la instalación eléctrica.
  - La ubicación de la obra se debe indicar por medio de un croquis lo más detallado posible, indicando el nombre de la calle, aveni-

da, calzada, etc., número oficial del predio y nombre de la colonia, fraccionamiento, etc.

7. Los planos de la instalación eléctrica deben mostrar una lista de los materiales y equipos que se usarán, indicando su marca de fábrica y características generales que incluyen: tipo, número de catálogo, etc., y el número de autorización de la Dirección General de Electricidad.
8. Los planos se entregan en la Oficialía de Partes de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, doblados en tamaño carta con el cuadro de identificación a la vista.

#### Edificios alimentados en baja tensión

Para el caso de las instalaciones eléctricas de edificios multifamiliares alimentados en baja tensión, se entregarán:

1. Dos copias heliográficas de cada plano, lo más legibles<sup>1</sup> posible, que muestren las plantas de que conste la construcción (sótanos, planta baja, mezzanine, planta alta, azotea, etc.) mostrando exclusivamente la instalación eléctrica, tuberías para teléfono, canalización para televisión, motores, elevadores y salidas especiales para otros servicios eléctricos.
2. En la canalización se debe de indicar el diámetro y material de los tubos, dimensiones y material de otros ductos, así como el calibre y número de conductores usados.
3. Se debe emplear una nomenclatura para designar: tableros, alimentadores, circuitos y dispositivos de control y protección.
4. Para las instalaciones que tengan más de un circuito, se debe mostrar un diagrama unifilar que tendrá numerados sus componentes que corresponden a las vistas físicas y listas de equipo.
5. En los casos de edificios de más de dos pisos se mostrará en adición a los 4 puntos anteriores, la planta tipo, indicando el número de ellas al calce de la misma, así como los cortes que muestren las conducciones verticales de los alimentadores.
6. Se debe anotar el número de cajas de conexión, considerando como cajas de conexión la que aloja la unión de dos o más conductores que alimentan un servicio determinado.
7. Se debe indicar el desequilibrio de fases, el cual no debe exceder del 5% de la mayor de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$\text{Desequilibrio} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} \times 100$$

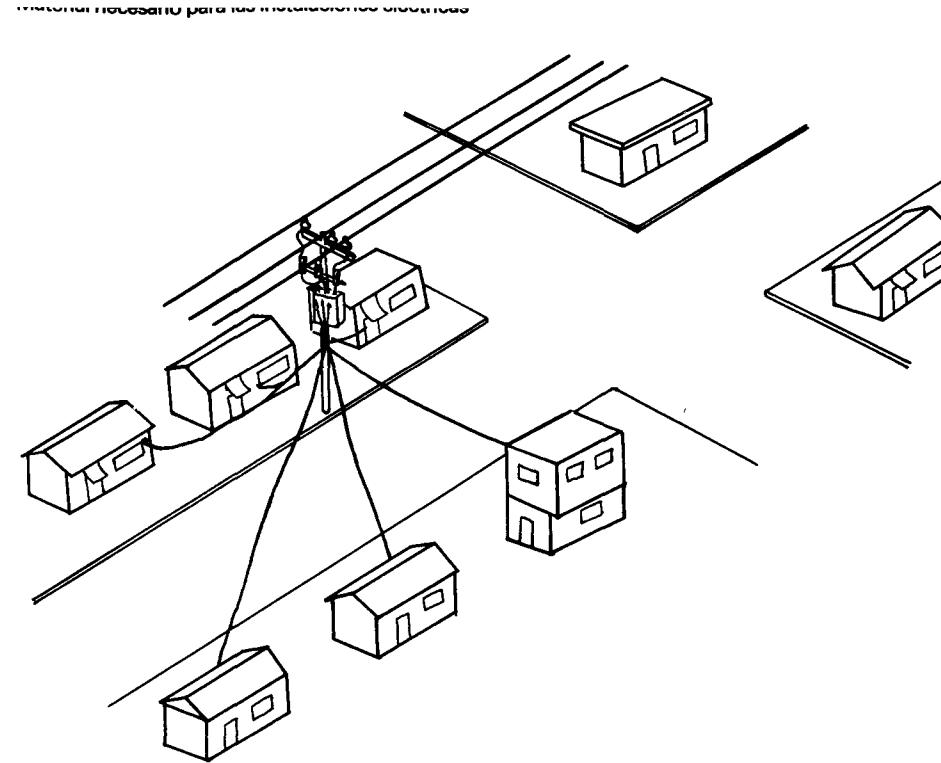


Figura 4.17 Alimentación por medio de una red de distribución aérea a casas-habitación individuales.

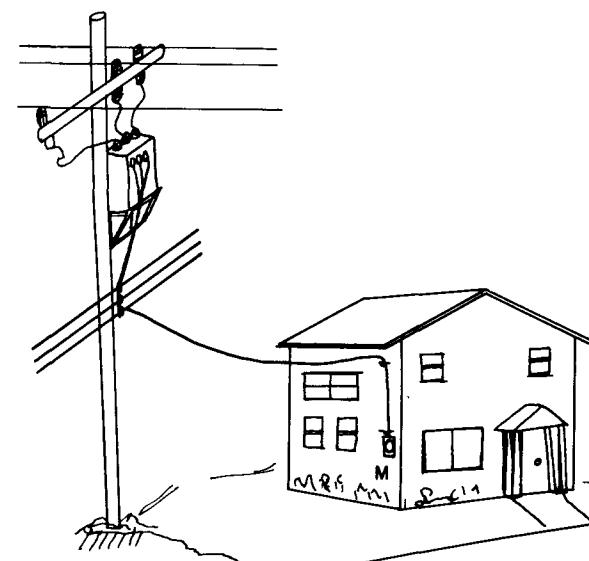
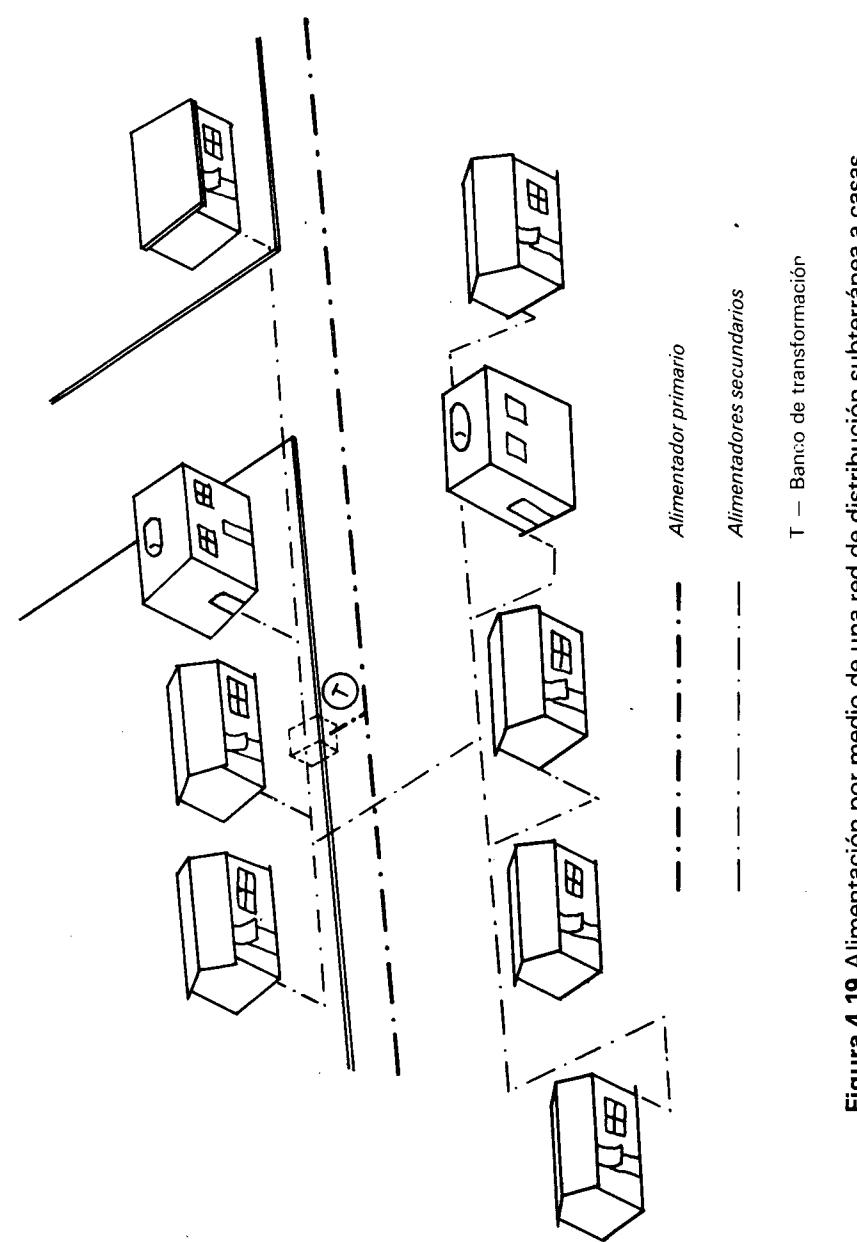
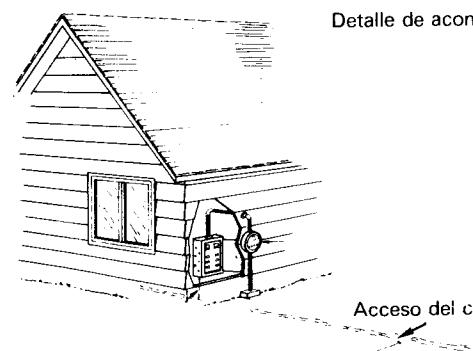
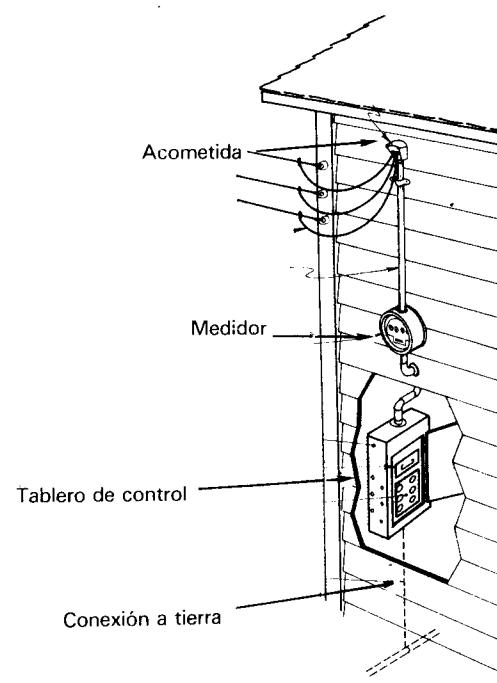
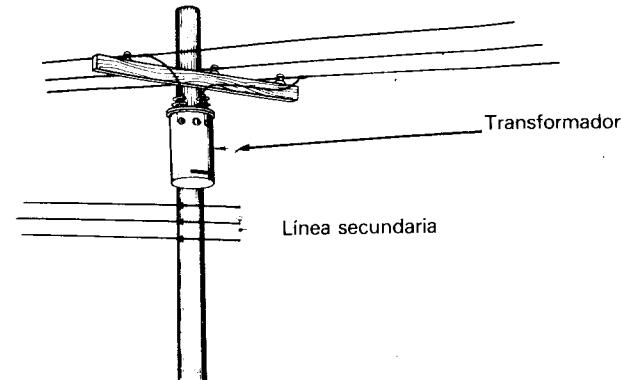


Figura 4.18 Detalle de la alimentación a una casa habitación (M = tablero y equipo de medición.)



**Figura 4.19** Alimentación por medio de una red de distribución subterránea a casas habitación



**Figura 4.20** Detalle de alimentación aérea a una casa

- 5.1 INTRODUCCIÓN
- 5.2 CIRCUITOS DERIVADOS Y ALIMENTADORES
  - Cálculo de alimentadores por el método estándar.
  - Cálculos para el caso de varios departamentos.
  - Características del servicio de alimentación.
  - El método opcional de cálculo para edificios con varios departamentos.
- 5.3 PRESENTACIÓN DE PLANOS PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN VARIOS EDIFICIOS DE DEPARTAMENTOS
- 5.4 NOTAS RELATIVAS A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EDIFICIOS DE VIVIENDAS
- 5.5 INSTALACIONES EN GRANDES EDIFICIOS DE VIVIENDAS
  - Sistemas de alimentación.
  - Instalación de elevadores.
  - Instalaciones eléctricas para elevadores, de maniobra universal.
  - Instalaciones para televisión
  - Instalaciones para televisión sencillas y colectivas.

### 5.1 INTRODUCCION

Los capítulos anteriores están dirigidos al cálculo de instalaciones eléctricas en casas habitación; se hace énfasis en lo relativo a las componentes en las instalaciones eléctricas, las técnicas de alambrado y los métodos de cálculo de conductores para circuitos derivados y alimentadores. Estos métodos son generales y en esencia aplicables a cualquier problema de instalaciones eléctricas con las variantes de cálculo para cada caso en particular.

En este capítulo se trata el problema de las instalaciones eléctricas en edificios con más de un departamento; en este caso se considera que el tratamiento de la instalación eléctrica de cada departamento se ha hecho de acuerdo con lo estudiado en capítulos anteriores. Ahora se hará un estudio más detallado de las técnicas usadas para la instalación eléctrica de alimentación a los departamentos y algunos otros servicios que tengan los edificios con varios departamentos.

La premisa de los sistemas de alambrado en edificios de departamentos es la inclusión de los mismos conceptos para el cálculo de circuitos deri-

vados por departamentos en forma individual y los alimentadores por departamento o grupos de departamentos, que se incluyeran en una casa habitación y con las disposiciones reglamentarias apropiadas.

## 5.2 CIRCUITOS DERIVADOS Y ALIMENTADORES

En el capítulo anterior se estudió cómo calcular los circuitos derivados y alimentadores para las casas habitación individuales a partir de ciertos conceptos como son la corriente por circuito derivado y la carga por unidad de superficie (watts/m<sup>2</sup>). El cálculo de circuitos derivados y alimentadores para edificios con varios departamentos o unidades habitacionales, no difiere esencialmente de los métodos empleados para casas individuales, si se considera que cada departamento se calcula como si se tratara de una casa habitación individual y entonces al conjunto de departamentos se les considera como cargas individuales desde el punto de vista del cálculo de la instalación eléctrica del edificio.

Es común encontrar también otras cargas eléctricas en edificios multifamiliares como son: alumbrado de pasillos, alimentación a bombas de agua, lavandería y pequeños locales comerciales. Esto hace que la capacidad o carga instalada total del edificio sea tal que se necesite alimentar en forma trifásica, en lugar de monofásica como ocurre en el caso de las casas habitación individuales.

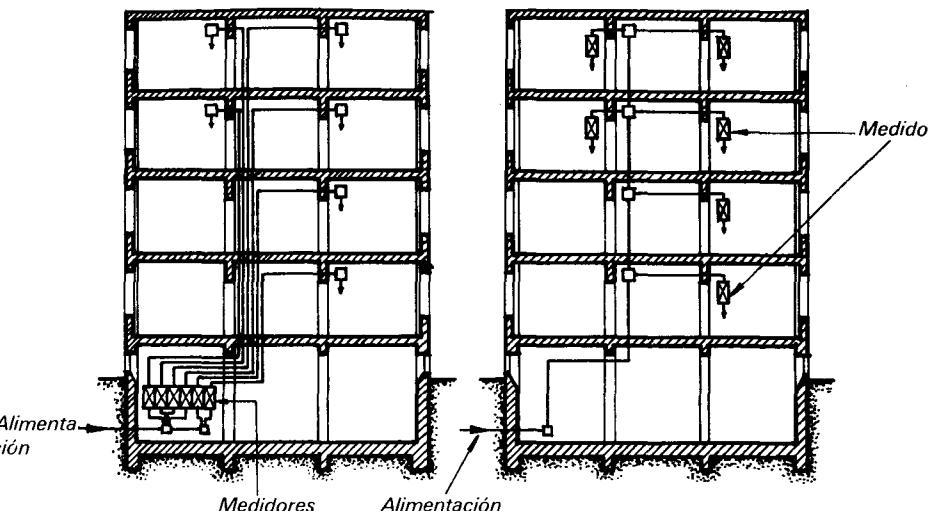
Existen dos métodos para el cálculo del servicio de alimentadores para departamentos; uno se conoce como el *método normal* y el otro es un método denominado *opcional* aplicable cuando la carga total sea de 100 amperes o más y alimentación trifásica.

El llamado método normal o estándar es aplicable a cualquier alimentación de edificios con varios departamentos. En este método se especifica que se debe aplicar un factor de demanda a la carga de acuerdo con ciertos requerimientos de la misma, como es el caso de alimentación a lavadoras y secadoras de ropa.

La diferencia básica está en que por el método normal los elementos de medición de consumo de cada departamento se encuentran concentrados en la planta baja por ejemplo, o en un lugar común, y de aquí salen alimentadores para cada departamento. En el método opcional se diseña un alimentador único y de aquí se toman circuitos derivados para cada departamento. Esto trae como consecuencia que los medidores se instalen en el piso o lugar del departamento, y no concentrados en un lugar como en el método normal.

Estos métodos se ilustran gráficamente en la figura 5.1.

Para calcular el circuito derivado de un departamento individual o bien un conjunto de departamentos, el primer problema de diseño es determinar el número y capacidad de los circuitos derivados. Se puede considerar una



- a) Alimentadores independientes
- b) Alimentador general con derivaciones a cada departamento

Figura 5.1

carga mínima de alumbrado; la carga de alumbrado está basada en las cargas de los departamentos calculados sobre la base de 20 watts/m<sup>2</sup>. Para las áreas de circulación, como son pasillos y escaleras, se asigna una carga de 3 watts/m<sup>2</sup> para alumbrado general y de aquí se obtiene el número de circuitos necesarios de alumbrado general.

Tanto el cálculo de los circuitos derivados o alimentadores independientes, como el de los alimentadores generales con derivaciones, deben tomar en consideración la capacidad de conducción de corriente requerida y la máxima caída de voltaje permisible.

Con el criterio de usar 20 watts/m<sup>2</sup> para los departamentos igual que para las casas habitación individuales, para un área de departamentos de 400 m<sup>2</sup> se requerirá de una capacidad de

$$20 \text{ watts/m}^2 \times 400 \text{ m}^2 = 8000 \text{ watts}$$

Esta capacidad se debe suministrar por circuitos de 15 A ó 20 A a 127 volts que deben tener una capacidad de:

$$\text{En circuitos de } 15\text{A} = 15\text{A} \times 127 \text{ V} = 1905 \text{ W}$$

$$\text{En circuitos de } 20\text{A} = 20 \times 127 \text{ V} = 2540 \text{ W}$$

Para alimentar la carga de 8000 watts con circuitos de 15 A se requieren de:

$$\frac{\text{Capacidad total en watts}}{\text{Capacidad de los circuitos de } 20 \text{ A}} = \frac{8000}{1905} = 4.20$$

Se usan 5 circuitos.

Además se deben prever otros circuitos derivados como son contactos especiales para lavadoras, aspiradoras, etc.

### Ejemplo 5.1

Calcular los circuitos derivados para un conjunto de departamentos de  $200 \text{ m}^2$  de área ocupada y 12 Kw adicionales de carga para otros servicios como bomba de agua, alumbrado de pasillos y cuarto de lavado. Se usará alambre TW de cobre. Se considera que se pueden usar circuitos derivados de 15 amperes.

### Solución

El número de circuitos derivados de 15 A a 127 volts es:

$$\frac{20 \text{ watts/m}^2 \times 200}{15 \times 127} = 2.10$$

Se pueden usar tres circuitos de 15 amperes con conductores del No. 12.

Para los servicios adicionales de 12KW

$$\frac{12000}{15 \times 127} = 6.30$$

se usan 7 circuitos con conductor No. 12.

### 5.2.1 Cálculo de alimentadores por el método estándar

Para cada departamento el alimentador de la carga para alimentar los circuitos derivados y circuitos derivados, la carga base por circuito a 127 volts si la corriente es de 15 A es 1905 watts, es decir que la carga base por circuito es de 1905 watts.

Para la carga total se aplica un factor de demanda debido a la no simultaneidad de las cargas de alumbrado y contactos en los distintos departamentos de un edificio, así como los circuitos derivados para cargas pequeñas de contactos especiales para aplicaciones específicas en algunos casos.

Por ejemplo, para un departamento de  $180 \text{ m}^2$  de superficie la carga es de:

$$\begin{aligned} 20 \text{ watts/m}^2 \times 180 &= 3600 \text{ watts} \\ \text{circuitos de aplicación especial} & (2 \times 1905) = 3810 \text{ watts} \\ \text{carga total conectada} & = 7410 \text{ watts.} \end{aligned}$$

Para calcular la máxima demanda del departamento es necesario aplicar los factores de demanda, es decir a los primeros 3000 watts se les considera el 100% y al exceso sobre 3000 watts el 35%, de manera que la demanda de la carga es de:

$$\begin{array}{ll} \text{Primeros 3000 watts al 100\%} & 3000 \text{ W} \\ \text{los restantes 4410 watts al 35\%} & \underline{1543.5 \text{ W}} \\ \text{Demanda de la carga} & 4543.5 \text{ W} \end{array}$$

Que como se observa es menor que la carga total conectada de 7410 watts. El valor de la demanda de la carga sirva de base para el cálculo de los alimentadores a cada departamento del conjunto que constituye al edificio. Un ejemplo de este cálculo por el llamado método estándar se da a continuación.

### Ejemplo 5.2

Como un ejemplo del cálculo para un departamento individual se pueden considerar las siguientes cargas.

- a)  $180 \text{ m}^2$  de superficie.
- b) Salida para lavadora de platos a 127 volts y 350 watts.
- c) Equipo de aire acondicionado de 15 A a 127 volts.
- d) Equipo de calefacción de 5 Kw a 127 volts.

### Solución

Cálculo del alimentador para el departamento.

$$\begin{array}{lll} \text{Carga general de alumbrado} & 20 \times 180 & = 3600 \text{ watts} \\ \text{Circuitos para cargas individuales.} & 2 \times 1905 & = 3810 \text{ watts} \\ \text{Salida para lavadora de platos} & & = 350 \text{ watts} \\ \text{Equipo de aire acondicionado} & 15 \times 127 & = 1905 \text{ watts} \\ \text{Equipo de calefacción} & & = 5000 \text{ watts} \\ \text{Carga total conectada} & & = 14665 \text{ watts} \end{array}$$

Aplicando los factores de demanda:

$$\begin{array}{ll} \text{Primeros 3000 watts} & 3000 \text{ watts} \\ \text{El resto: } (14665-3000) \times 0.35 & \underline{4082.75 \text{ watts}} \\ \text{Demanda de la carga} & 7082.75 \text{ Watts} \end{array}$$

La corriente a 127 volts es:

$$I = \frac{7082.75}{127} = 55.77 \text{ A}$$

De la tabla 2.7 se requiere conductor calibre No. 6.

En el departamento tomando en consideración que se usan circuitos de 15 A, el número de circuitos derivados es:

$$\text{Número circuitos derivados} = \frac{55.77}{15} = 3.72$$

Se toman 4 circuitos derivados.

### 5.2.2 Cálculos para el caso de varios departamentos

El cálculo del alimentador para la alimentación de varios departamentos en un edificio, como ya se mencionó, no se calcula simplemente como la suma de las cargas individuales de los departamentos debido a los factores de demanda que se deben aplicar.

Cuando se usa el método estándar para calcular la carga de servicio a cada departamento, la carga total de alumbrado, así como los circuitos para aplicaciones especiales, cuando exceden la carga de 3000 watts, se les debe aplicar a los excedentes los factores de demanda como se ha indicado en los ejemplos anteriores. En el caso de alimentación de las cargas o departamentos de distintas fases, debe tenerse cuidado de que no se exceda al máximo desequilibrio de fases del 5% y que se calcula de acuerdo con la fórmula:

$$\frac{\text{Carga mayor} - \text{carga menor}}{\text{carga mayor}} \times 100$$

Por ejemplo, considérese el caso de una instalación eléctrica con 3 departamentos que tienen las cargas siguientes:

Departamento 1, Fase 1: 2060 watts

Departamento 2, Fase 2: 2020 watts

Departamento 3, Fase 3: 2070 watts

La carga mayor en este caso es de 2070 watts y la carga menor de 2020 watts, por lo que el desequilibrio de fases es de:

$$\frac{2070 - 2020}{2070} \times 100 = 2.42\%$$

valor que en este caso está dentro del límite permisible.

Cuando se usa el método de cálculo opcional en lugar del método estándar, entonces a la carga total conectada se le aplica el factor de demanda, cuyo valor varía dependiendo del número de departamentos individuales.

Las reglas para el cálculo de alimentadores son aplicables al cálculo de subalimentadores cuando se presenta el caso de alimentar a grupos de departamentos en lugar de departamentos individuales (figura 5.2).

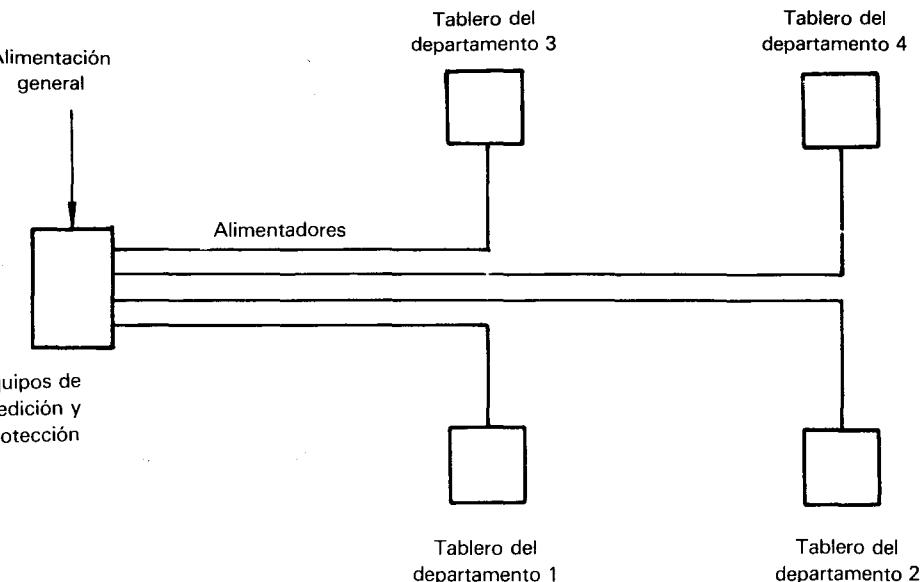


Figura 5.2

En la aplicación del método estándar los factores de demanda dependen del tamaño de la carga o del número de aplicaciones en algunos casos, pero no del número de los departamentos. El siguiente ejemplo ilustra el método de cálculo denominado estándar.

#### Ejemplo 5.3

Hacer los cálculos para la alimentación de un edificio con 20 departamentos, considerando que cada departamento tiene las siguientes cargas:

- Área para alumbrado \_\_\_\_\_ 120 m<sup>2</sup>
- 2 salidas especiales para 1.2 Kw \_\_\_\_\_ 2.4 KW

El edificio se alimenta con un servicio trifásico de 220/127 volts con conductor TW.

- Para el servicio del edificio se consideran 4 motores de 3 HP para bombas de agua.

#### Solución

La carga total para alumbrado es:

$$120 \times 20 \text{ watts/m}^2 \times 20 \text{ Deptos.} = 48000 \text{ watts}$$

La carga por salidas especiales para 1.2 Kw (2 por departamento)

$$\begin{aligned} 2.4 \times 20 &= 48 \text{ Kw} \\ &= 48000 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Los motores trifásicos para bombas de agua demandan cada uno una corriente a 220 volts de:

$$I = \frac{HP \times 746}{V \times 1.732} = \frac{3 \times 746}{220 \times 1.732} = 5.87 \text{ A}$$

para los 4 motores:

$$5.87 \times 4 = 2349 \text{ A}$$

La potencia total que demanda por los motores

$$4 \times HP \times 746 = 4 \times 3 \times 746 = 11936 \text{ watts}$$

Carga total conectada:

$$48000 + 48000 + 11936 = 107936 \text{ watts}$$

Aplicando los factores de demanda:

Primeros 3000 watts

$$100\% = 3000 \text{ watts}$$

El resto al 35%

$$(107936 - 3000) = 104936 \times 0.35 = 36727.6 \text{ watts}$$

Carga para el cálculo:

$$3000 + 36727.6 = 39727.6 \text{ watts}$$

### 5.2.3 Características de servicio de alimentación

Tres fases a 220 volts para alimentar la carga de motores de 11936 watts, el resto de alumbrado y servicios especiales se debe balancear entre fase y neutro.

El alimentador general es para la carga aplicando los factores de demanda de:  $3000 + 36727.6 = 39727.60 \text{ watts}$ .

La corriente que demanda el alimentador general:

$$I = \frac{39727.60}{1.732 \times 220} = 104.26 \text{ amperes}$$

la alimentación es a tres fases con neutro, por lo que se requiere conductor TW calibre No. 1.

La carga conectada correspondiente a los 20 departamentos es de  $48000 + 48000 = 96000 \text{ watts}$ .

La carga conectada de fase a neutro en forma equilibrada sería en forma teórica.

$96000/3 = 32000 \text{ watts}$  por circuito, como son 20 departamentos y la carga conectada por departamento es de:

$$\begin{aligned} & 20 \text{ watts/m}^2 \times 120 \text{ m}^2 + 2 \times 1200 \\ & = 2400 + 2400 \\ & = 4800 \text{ watts} \end{aligned}$$

por cada fase se alimentan:  $32000/4800 = 6.67$  departamentos

Como no es posible tener fracciones de departamento se podría presentar la siguiente alternativa.

- 1 fase alimenta 6 departamentos (28,800 W)
- 2 fases alimentan 7 departamentos c/u (67,200 W)
- o sea 33 600 por departamento.

El desbalance de fases sería entonces:

$$\frac{33600 - 28800}{33600} \times 100 = 14\%$$

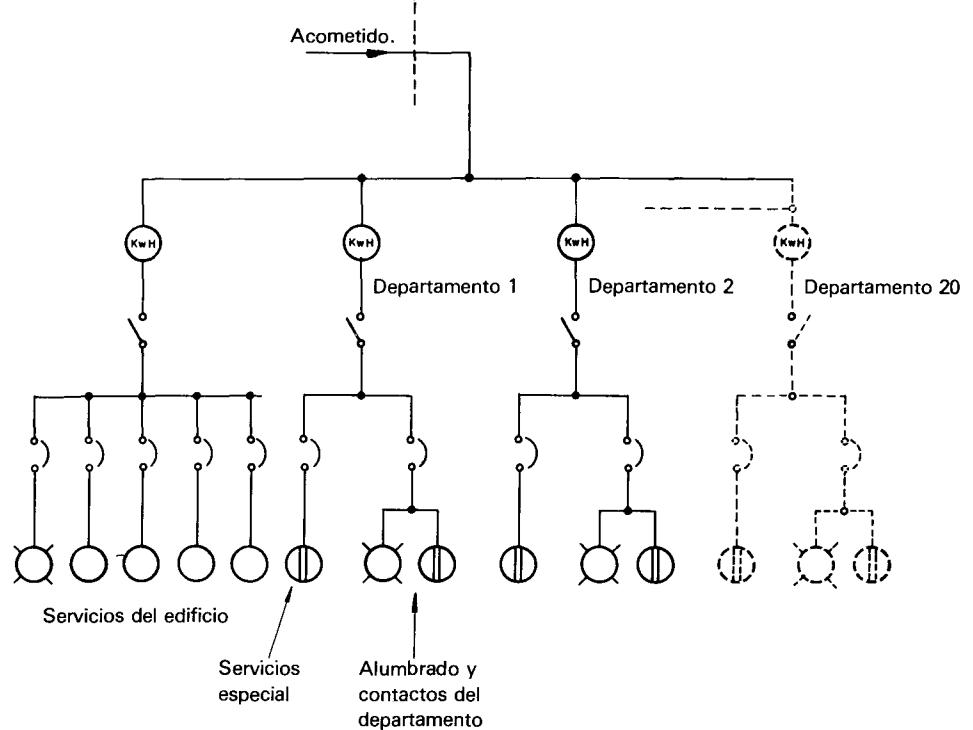
este valor excede al 5% permisible, por lo que para balancear las fases habría que buscar que se equilibre la alimentación a los contactos para los servicios especiales, por ejemplo por cada dos departamentos entre fases distintas.

El diagrama unifilar de alimentación a las cargas se presenta en la figura 5.3.

### 5.2.4 El método opcional de cálculo para edificios con varios departamentos.

Este método se puede usar para calcular la carga de servicio cuando el departamento en forma individual se alimenta por un alimentador sencillo y además tiene cargas eléctricas instaladas de valor superior a las denominadas estándar típicas de cualquier casa habitación en México o países con niveles de vida similares y condiciones climatológicas parecidas. Se pueden mencionar como cargas eléctricas especiales las siguientes: calefacción, estufas eléctricas, calentadores eléctricos para agua y aire acondicionado.

Una diferencia que se tiene en este método con respecto al llamado método estándar, es que la carga total conectada se calcula para el conjunto de departamentos y el factor de demanda se basa en el número de unidades o departamentos alimentados.



**Figura 5.3** Diagrama unifilar simplificado

No se debe confundir el método opcional para el cálculo de departamentos en edificios multifamiliares, con el cálculo por el método opcional de los alimentadores de la carga de cada departamento en forma individual. En realidad, se puede aplicar el método opcional para el edificio total, en forma independiente de que se aplique o no a cada alimentador en forma individual.

### 5.3 PRESENTACION DE PLANOS PARA LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS DE DEPARTAMENTOS

En forma semejante a los requisitos que se deben cumplir para la presentación de planos de instalaciones eléctricas de casas habitación individuales, en las instalaciones eléctricas para edificios se debe cumplir también con los siguientes requisitos que establece la Dirección General de Electricidad:

- Presentar planos bien elaborados, con claridad tanto en el conjunto como en sus detalles y elaborados con los instrumentos de dibujo apropiados.

- Las acotaciones deben usar el sistema métrico decimal y las anotaciones y/o explicaciones se deben ejecutar con caracteres claros y bien hechos con letra de molde, leroy o plantilla.
- En el plano se debe presentar una tabla con los símbolos eléctricos empleados.
- El plano no debe mostrar ningún otro tipo de instalaciones tales como plomería, agua potable o de construcción civil.
- Para las instalaciones eléctricas de edificios se pueden usar las mismas dimensiones de planos que para las casas habitación y las mismas escalas, como se indicó en el capítulo anterior en el párrafo correspondiente. También se pueden usar las siguientes dimensiones de planos y escalas:

$70 \times 110$ cm $55 \times 70$ cm $35 \times 65$ cm	Escalas de 1:10 ó hasta 1:150
--	----------------------------------

- En cada plano se deberá identificar por medio de un cuadro en el ángulo inferior derecho, en donde se indicará:
  - Nombre del propietario o razón social
  - Datos del registro del perito responsable de la instalación eléctrica ante la Dirección General de Electricidad.

En la obra se deberá indicar por medio de un croquis tan detallado como sea posible, la orientación del edificio, número oficial del predio, nombre de la colonia o fraccionamiento, zona postal, etc.

- En los planos de la instalación eléctrica se debe mostrar también una lista completa de los materiales y equipos que se usarán, indicando marca de fábrica y características completas con el número de autorización de la Dirección General de Electricidad (o la dependencia equivalente).
- De cada plano que se elabore se deben entregar dos copias heliográficas que deben mostrar las plantas de que conste la construcción como son: sótano, planta baja, mezzanine, planta alta, azotea etc. Se deben señalar únicamente la instalación eléctrica, tuberías de teléfono, televisión, motores, elevadores y otras salidas especiales para otros servicios eléctricos.
- En las canalizaciones se debe indicar el diámetro y material de la tubería, calibre y número de conductores empleados, así como dimensiones de otros ductos.
- En el uso de tableros, alimentadores y circuitos y dispositivos de control y protección, se deberá emplear la nomenclatura apropiada

- k) En instalaciones eléctricas de edificios es normal tener más de un circuito; entonces se deberá mostrar un diagrama unifilar que tenga indicadas las componentes, así como también se mostrarán listas de equipo y vistas físicas.
- l) En edificios con más de dos plantas, se debe mostrar un plano de la planta tipo, así como indicar el número de plantas, también los cortes que indiquen las condiciones verticales de los alimentadores.
- m) Se debe indicar el desequilibrio de fases, que como ya se mencionó antes, no debe exceder del 5% de la mayor.

Un ejemplo del detalle de localización para una casa habitación o edificio se muestra en la figura 5.4.

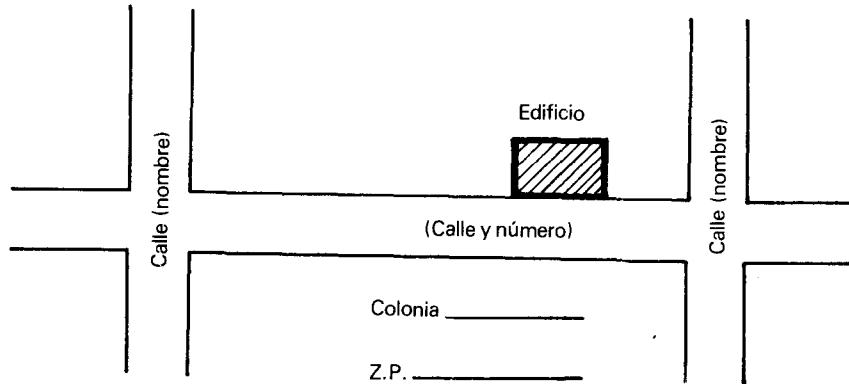


Figura 5.4

Además del detalle importante de orientación y localización de la obra se debe elaborar un diagrama unifilar en donde se muestren la alimentación principal y sus características de protección, así como los circuitos derivados y sus características. Esta información se obtiene a partir de las características de la instalación eléctrica para cada departamento y el resto de servicios del edificio.

Para elaborar este diagrama unifilar es necesario primero calcular la instalación eléctrica de cada departamento y sus servicios, considerando el número de departamentos por piso, para lo cual es necesario hacer planos que indiquen la instalación eléctrica para una planta tipo del edificio, para la planta baja, y azotea con cuartos de servicio en caso de que se tengan.

Para cada plano se debe elaborar su cuadro de cargas; el procedimiento es el mismo que el usado para elaborar el cuadro de cargas en el caso de las casas habitación individuales. Como se mostró en el capítulo anterior, el cálculo de la instalación (cálculo de calibre de conductores, tamaño del tubo conduit y protección) de cada departamento se hace como si se tratara de

una casa habitación, y la variante con respecto a éstas, se puede encontrar en la forma de alimentación, además de algunas otras casas típicas de conjuntos habitacionales como el cableado telefónico o el cableado para televisión (TV) cuando hay antena maestra.

Las figuras 5.5-5.7 muestran estos conceptos en planos simplificados.

El cuadro de cargas para cada departamento se muestra en la tabla 5.1.

Tabla 5.1

Circuito No.	Lámparas de 100 watts	Lámparas de 75 Watts	Lámparas de 60 Watts	Contactos de 125 W	Watts Totales
1	3			7	1175
2		4	3	6	1230
Total					2405

El cuadro de cargas para los servicios del edificio se representa en la tabla 5.2.

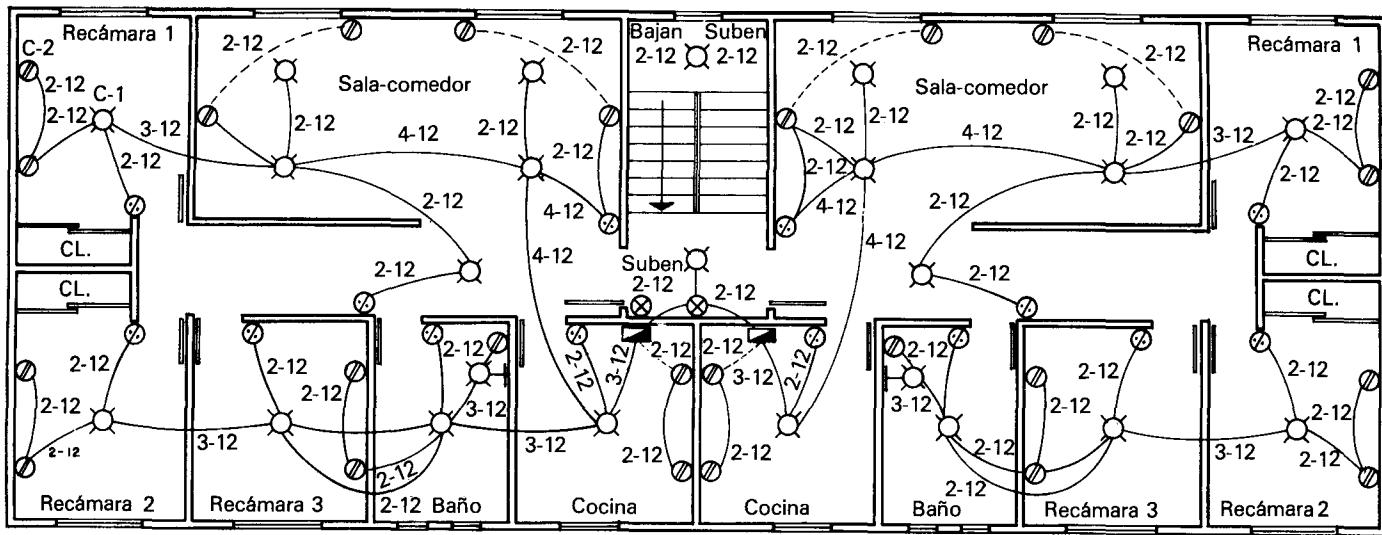
Tabla 5.2

Circuito No.	Lámpara de 100 watts	Bombas de agua 1/2 HP monofásicas	Watts Totales
1	—	1 (1 119 W)	1 119
2	—	1 (1 119 W)	1 119
3.	10	—	10 000

El balance de la carga se puede hacer como sigue:

Partiendo de la base de una alimentación trifásica, se debe tratar de equilibrar la alimentación para cada una de las fases; en este caso se tiene que alimentar a 6 departamentos y los servicios del edificio (alumbrado de escaleras, pasillos y bombas de agua) por lo que es necesario definir qué carga llevará cada una de las fases una vez que se ha definido la carga y número de circuitos por departamento y servicios generales; también se incluye en la carga de los departamentos a la alimentación a los cuartos de servicio (figura 5.7).

Este balance de fases se puede hacer de acuerdo con una tabla general, aplicable a un mayor número de cargas, para cualquier otro tipo de instalación eléctrica de edificios de vivienda, ya que se trata de generalizar el método (tabla 5.3).



Planta tipo departamentos: 3, 4, 5 y 6

Área total por departamento: 108 m<sup>2</sup>Carga:  $108 \times 20 \frac{W}{m^2} = 2160$  Watts

$$\text{No. de circuitos de } 15 \text{ A} = \frac{2160}{15 \times 127} = 1.13$$

Se toman 2 circuitos por departamento

La tubería no indica por

Departamento es 13 mm

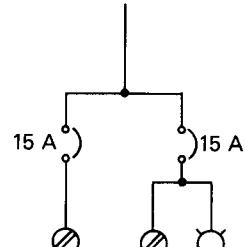
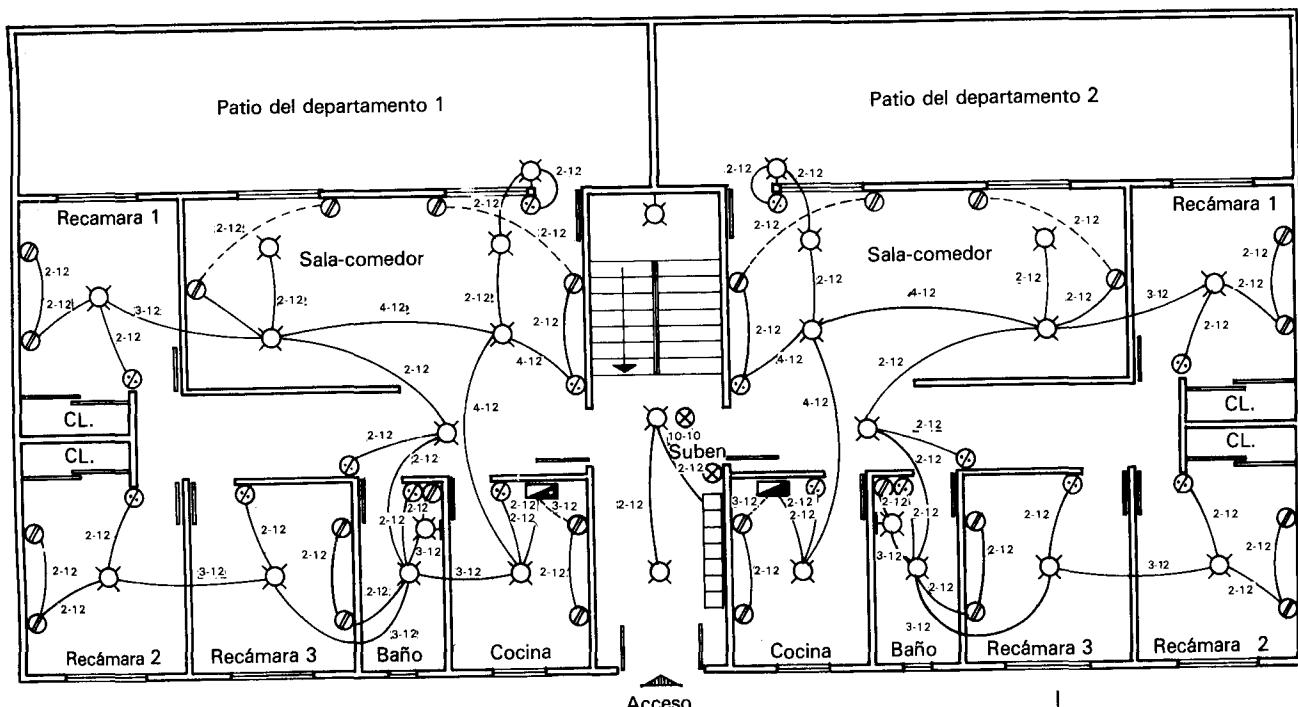


Figura 5.5



Planta baja departamentos: 1 y 2

⊗ — Tubería que sube

2 Circuitos de 15 A por departamento

La tubería no indicada en los departamentos es de 13mm.

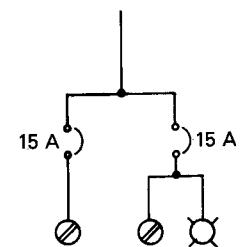


Figura 5.6

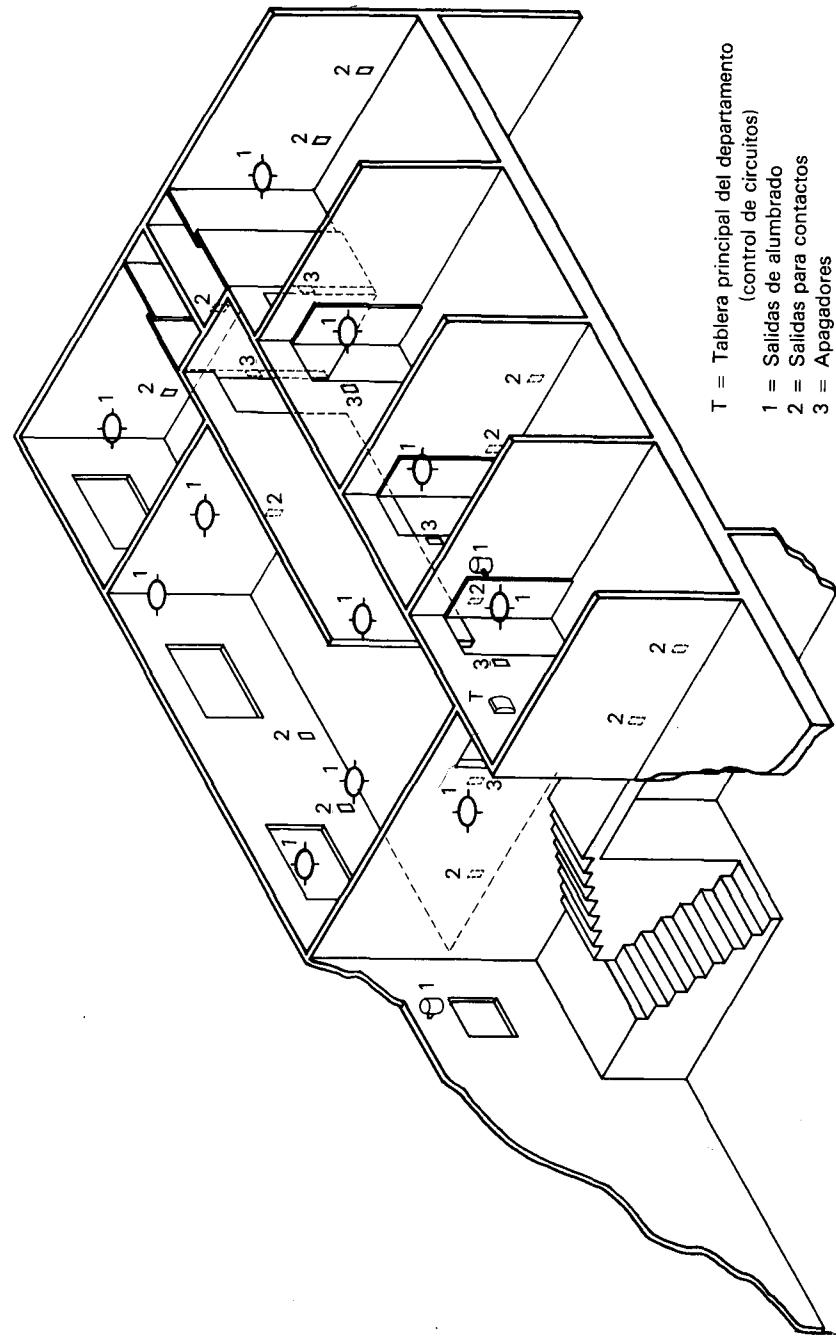


Figura 5.7

Tabla 5.3

Tipo de carga	CARGA POR FASE		
	A	B	C
Departamento 1	2 405		
Departamento 2		2 405	
Departamento 3			2 405
Departamento 4	2 405		
Departamento 5		2 405	
Departamento 6			2 405
Servicios:			
Circuito 1	1 119		
Circuito 2			1 119
Circuito 3		1 000	
TOTAL	5 920	5 810	5 929

El desbalance entre fases es:

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{\text{Carga Fase Mayor} - \text{Carga Fase Menor}}{\text{Carga Fase Mayor}} \times 100$$

$$= \frac{5 929 - 5 810}{5 929} \times 100$$

$$= 2.01\%$$

Es aceptable por ser menor que el 5% que es el máximo permisible por el reglamento (figura 5.8).

### Cálculo del alimentador general para el edificio

Usando el llamado método estándar de cálculo para la instalación eléctrica del edificio se procede como sigue:

- De acuerdo con el cuadro de cargas se tiene:
  - 6 departamentos con carga de 2 405 c/u = 14 430 watts
  - Servicios =  $2 \times 1 119 + 1 000 = 3 238$  watts
  - Carga Total =  $1 430 + 3 238 = 17 668$  watts
- Aplicando los factores de demanda:

Primeros 3 000 watts — 100% = 3 000 watts  
El resto al 35%

$$(17 668 - 3 000) \times 0.35 = \frac{5133.8}{8133.8} \text{ watts}$$

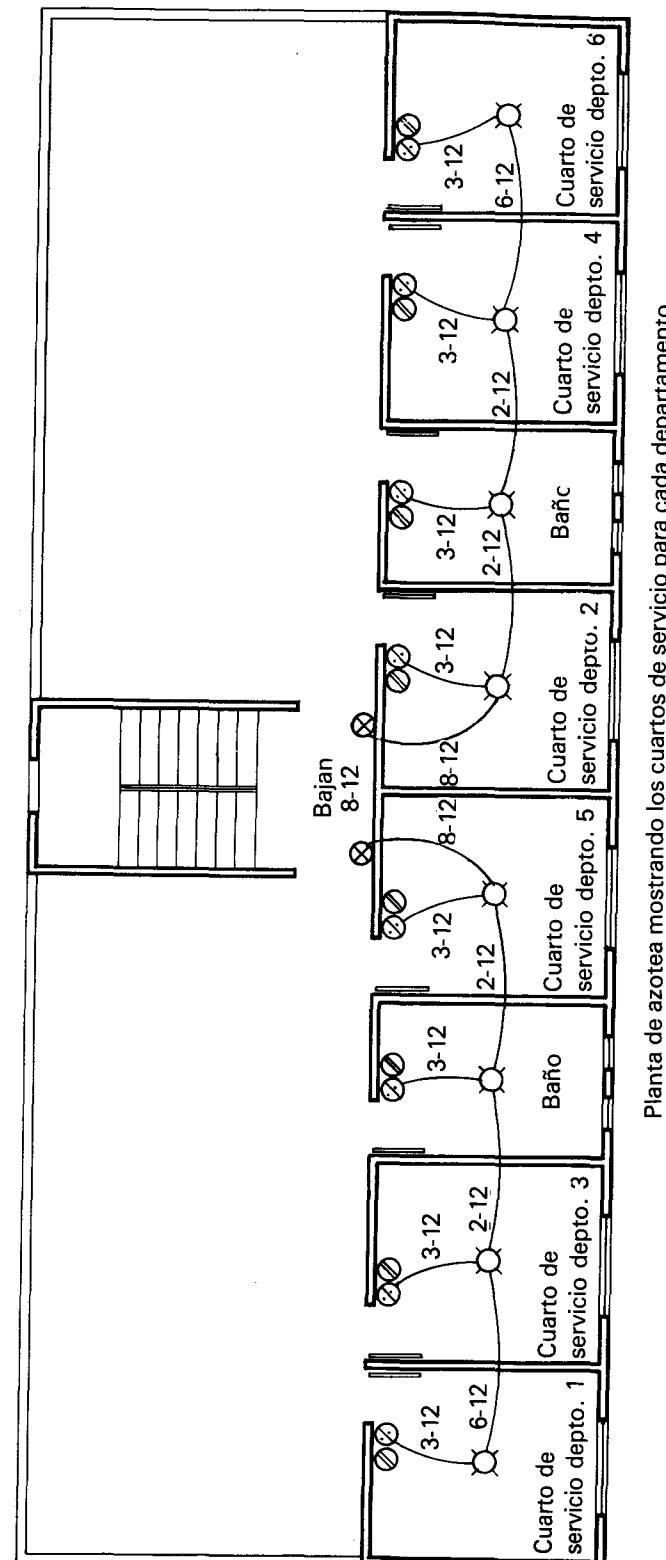


Figura 5.8

Planta de azotea mostrando los cuartos de servicio para cada departamento.

Considerando que la alimentación es trifásica a 220 volts entre fases y 127 volts al neutro, la corriente es:

$$I = \frac{8\ 133.8}{1.732 \times 220} = 21.34 \text{ amperes}$$

De acuerdo con la tabla 2.7 se requiere conductor calibre No. 10 en tubo conduit de 13 mm (tabla 2.8).

#### *Plano de corte*

Se debe presentar también un plano del corte del edificio en donde se muestre la trayectoria de alimentación a cada uno de los pisos o departamentos. En las figuras 5.9 y 5.10 se muestra este tipo de plano.

El diagrama unifilar correspondiente es el que se muestra en las figuras 5.11 y 5.12.

### 5.4 NOTAS RELATIVAS A LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE EDIFICIOS DE VIVIENDAS

Del ejemplo desarrollado anteriormente en términos generales, se pueden hacer ciertas observaciones por considerar, ya que como se podrá observar existen elementos de cálculo y construcción adicional a los considerados en las instalaciones individuales, por lo que es conveniente considerar lo siguiente:

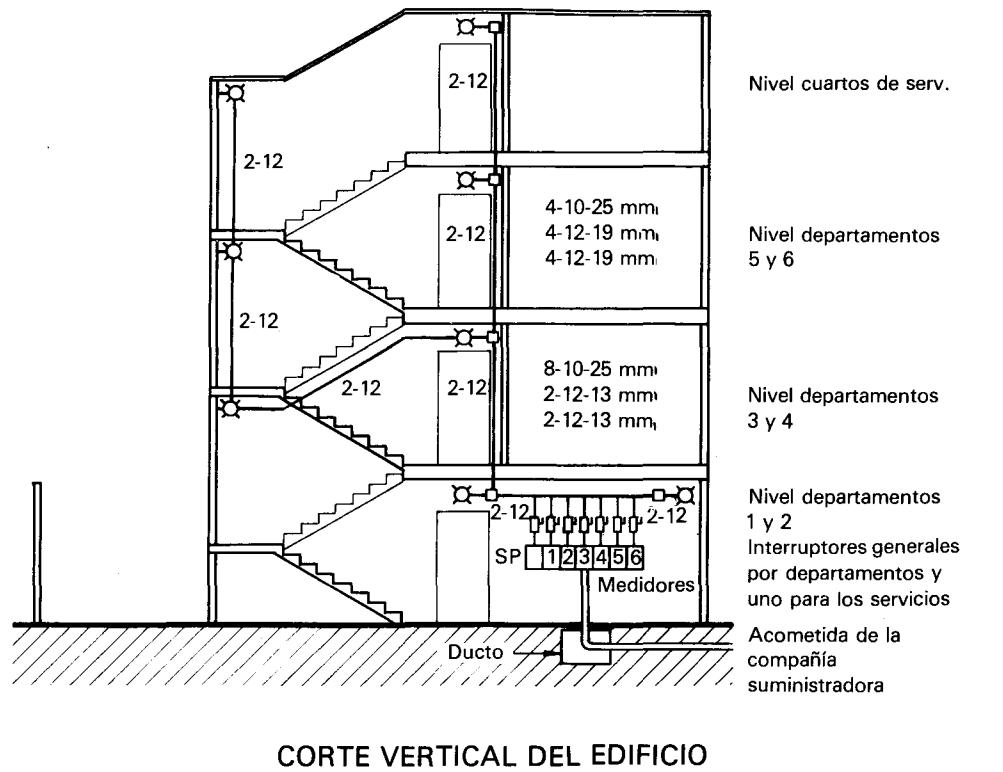
#### 5.4.1 Acometidas a edificios

La acometida a un edificio se recomienda que sea preferentemente por cable subterráneo, procurando que la distancia entre el punto de conexión entre la alimentación de la compañía suministradora y el interruptor principal de la instalación del edificio sea pequeña para evitar caídas de voltaje innecesarias. Por lo general, esta norma para la conexión de la acometida la determina la compañía suministradora (en la República Mexicana la Comisión Federal de Electricidad). En caso de edificios grandes se deben tomar en consideración los lugares para las instalaciones telefónicas y antenas de T.V.

El cableado de los conductores eléctricos y el de los telefónicos debe ir en conductos por separado.

#### 5.4.2 Calibre de los conductores alimentadores

El calibre de los conductores alimentadores y su protección deben ser de tal manera que garanticen que la caída de tensión máxima permisible no se rebase y además la capacidad de interrupción de corriente apropiada. El tubo con-



Se considera acometida subterránea por ducto.

El tipo de distribución es de alimentación independiente por departamento.

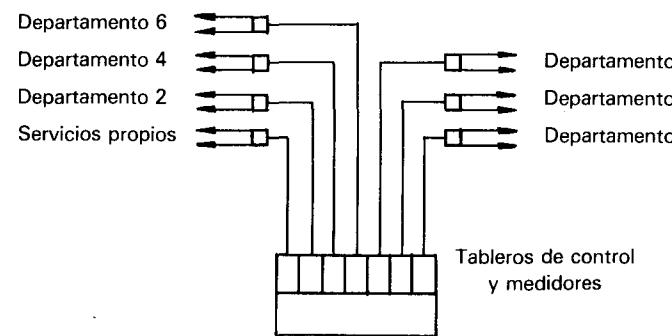


Figura 5.9

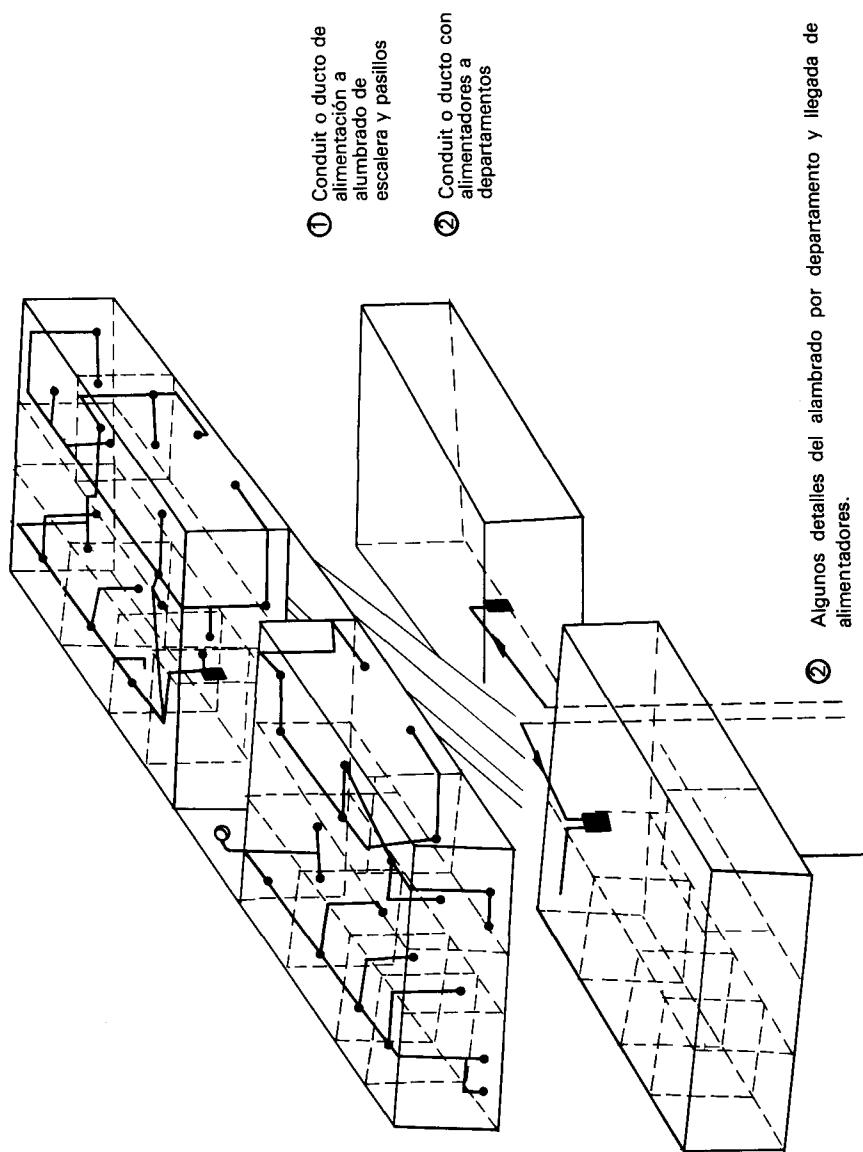


Figura 5.10

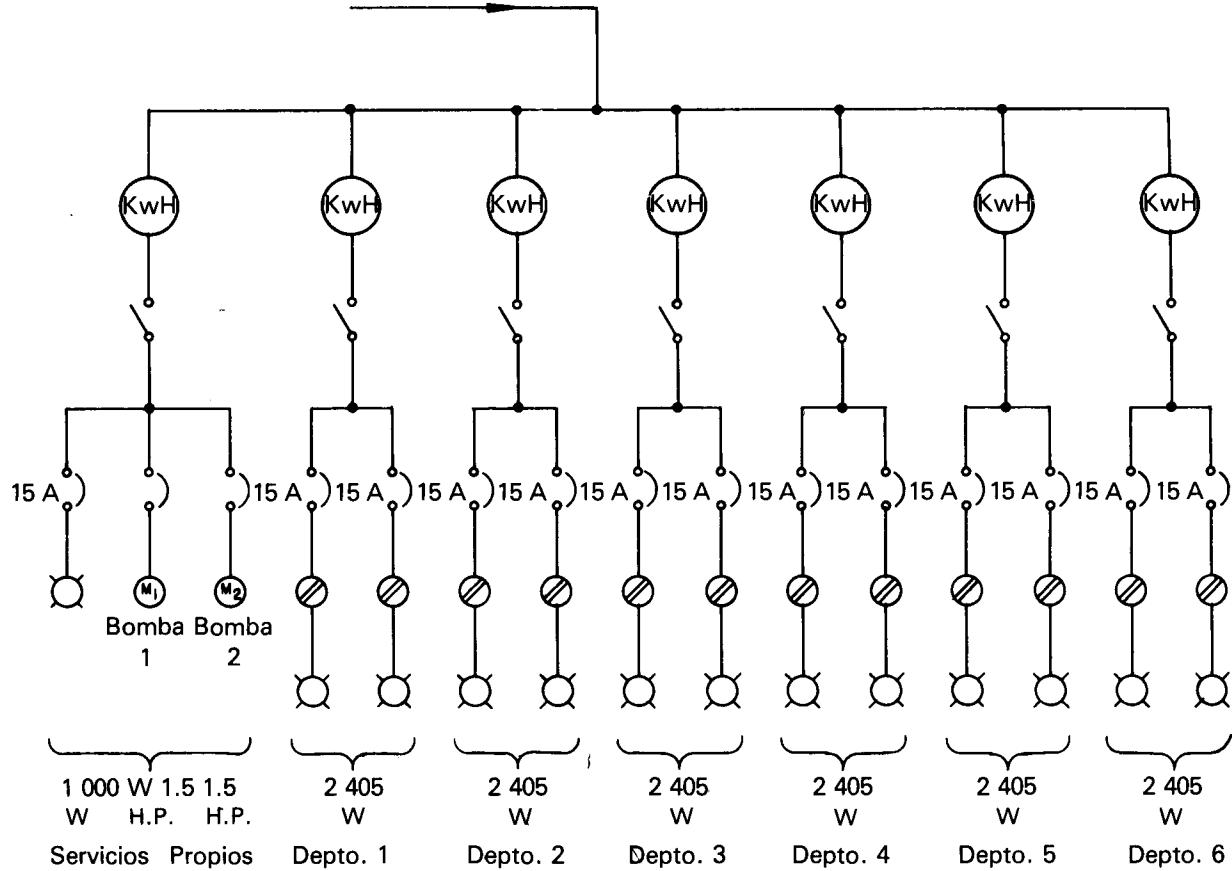


Diagrama unifilar de la instalación

Figura 5.11

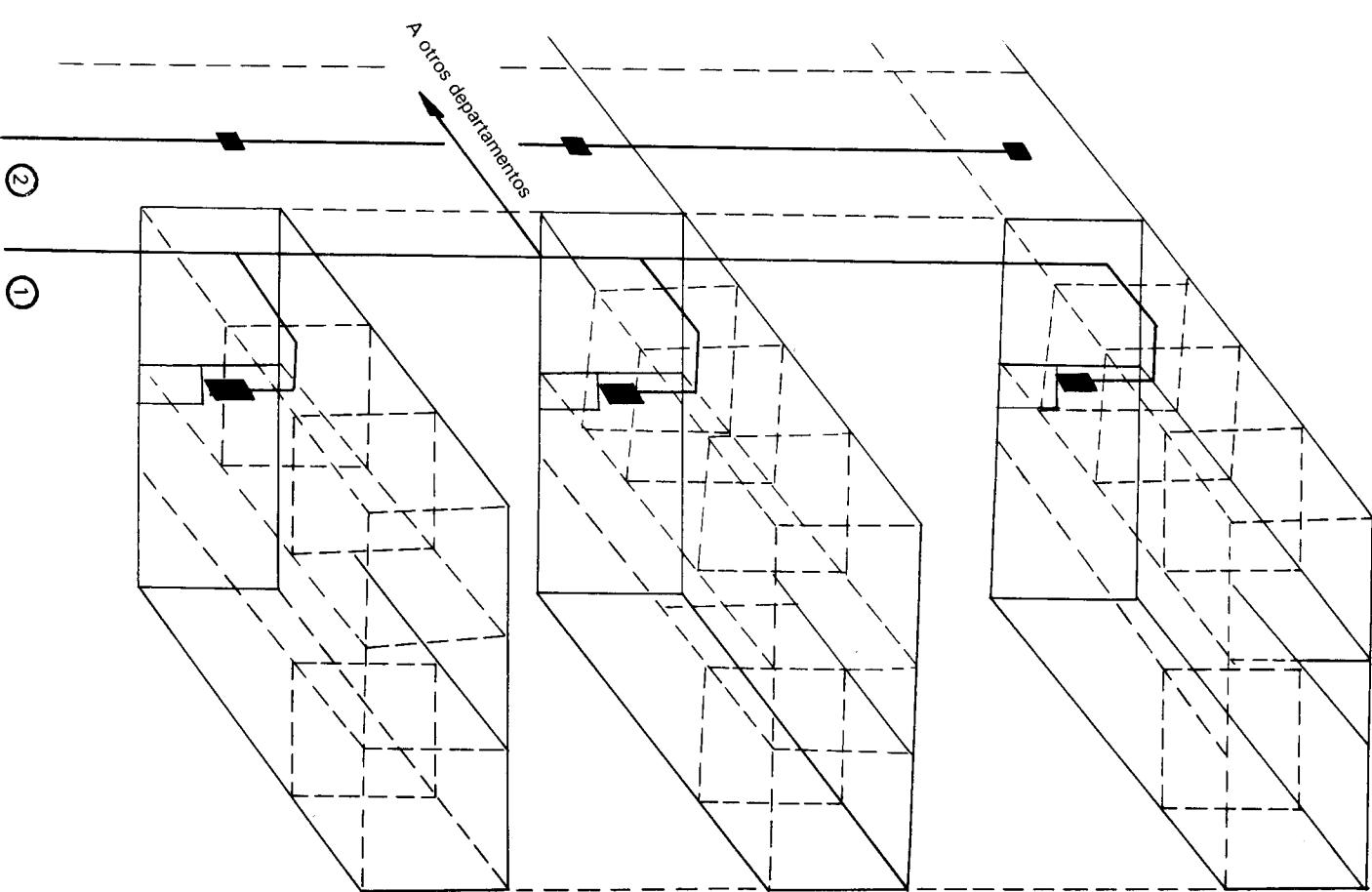


Figura 5.12

ducto que contenga a los conductores debe considerar también la posibilidad de llevar a los conductores para el alumbrado de pasillos, escaleras y estacionamiento (si lo hay).

#### 5.4.3 Disposición de los medidores de energía eléctrica

En las instalaciones eléctricas para edificios de viviendas los medidores de energía eléctrica instalados por la compañía suministradora se deberán localizar en la planta baja o sótano del edificio, en un lugar destinado para tal fin y juntos, es decir, en forma centralizada. Aun cuando los centros de carga de los departamentos se encuentran en los propios departamentos, los interruptores de protección de los alimentadores a cada departamento se pueden instalar junto a los medidores en la sección de acceso del alimentador y acometida (figura 5.13).

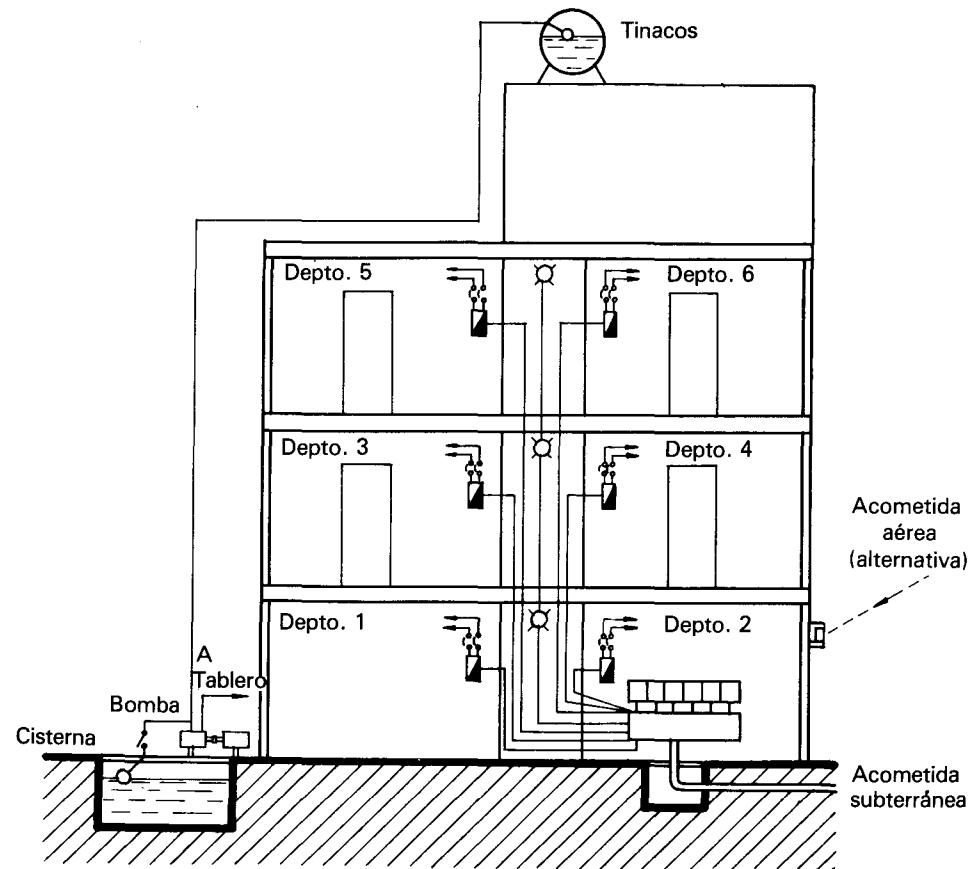


Figura 5.13 Corte mostrando alimentadores a departamentos y servicios.

#### 5.4.4 Alambrado de pasillos y escaleras

En la instalación eléctrica del alumbrado para escaleras en los accesos a los departamentos es conveniente instalar un interruptor automático en la escalera con apagadores pulsadores por medio de los cuales se acciona el alumbrado, apagándose automáticamente después de cierto tiempo; estos apagadores pueden tener posibilidad de quedar permanentemente conectados para las ocasiones en que se requiera del servicio continuo. La alimentación a este alumbrado se hace del interruptor de servicios propios del edificio.

#### 5.4.5 Instalación eléctrica para el sistema de bombeo de agua a los tinacos superiores

En edificios de departamentos es necesario suministrar agua a varias unidades habitacionales individuales; es decir, el problema de bombeo de agua a una casa habitación se multiplica, sólo que no se bombea agua en forma individual, más bien se hace a un conjunto de recipientes o tinacos de los cuales se alimentará a los departamentos, por lo que los motores de las bombas y éstas deberán tener capacidad para llevar el agua desde la cisterna inferior hasta la altura correspondiente. La alimentación a los motores de las bombas se hace desde el tablero de servicios del edificio mediante un circuito individual por motor (figura 5.14).

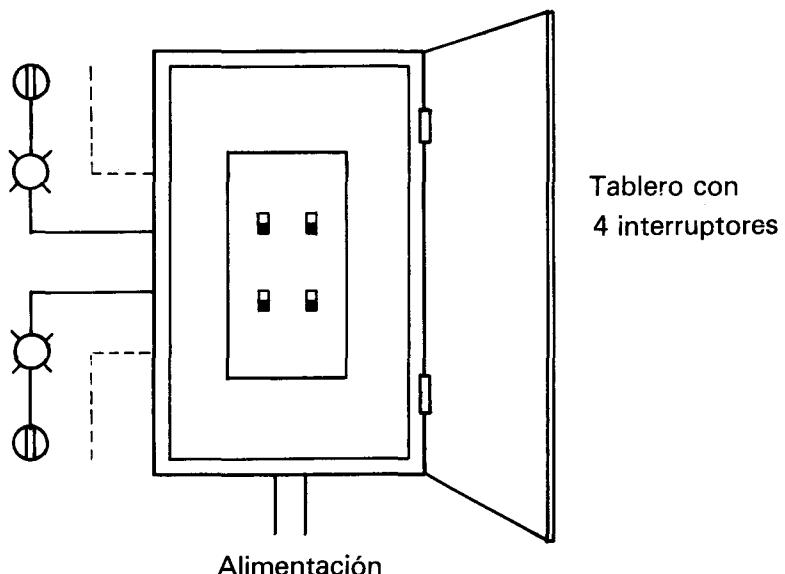


Figura 5.14 Tablero de distribución por departamento.

#### 5.4.6 Distribución de circuitos en cada departamento

Como se ha estudiado en la parte introductoria de este capítulo y en el capítulo 4, cada departamento debe tener un alimentador individual y en cada departamento se puede tener más de un circuito dependiendo de la carga. La definición de cada circuito que alimenta salidas para alumbrado y contactos, se puede hacer con base en una carga balanceada por circuito y trayectorias de recorrido del alambrado en función de la disposición de los cuartos y áreas del departamento o casa habitación instalando un interruptor o fusible por circuito. Esta caja que contiene a los elementos de protección y/o desconexión de los circuitos, se instala dentro del departamento en un lugar accesible, por ejemplo en la cocina o en el pasillo interior.

Para contactos especiales se debe disponer de un circuito individual o varios; esto depende de la capacidad de los mismos.

#### 5.5 INSTALACIONES EN GRANDES EDIFICIOS DE VIVIENDAS

La tendencia en los últimos años en las grandes ciudades es construir edificios multifamiliares con un elevado número de departamentos y que en consecuencia tienen elevada demanda de servicios con demanda de energía eléctrica elevada también para alimentar alumbrado, bombeo de agua, elevadores, clima acondicionado, etc.

En términos generales, se puede seguir un procedimiento análogo al descrito anteriormente para edificios de viviendas con un número relativamente reducido de departamentos, pero en donde no se requieren algunos de los servicios mencionados en el párrafo anterior; por tanto, una diferencia importante puede ser el voltaje de alimentación que en lugar de ser a baja tensión como cuando se alimentan cargas bajas, se debe hacer con alta tensión para alimentar cargas mayores, es decir, se requiere una *subestación eléctrica*, cuya ubicación puede ser en un sótano o la planta baja del edificio.

Cuando se trata de grandes edificios, es común que en la parte superior de los mismos se encuentren cargas grandes, como por ejemplo motores para elevadores, equipos de calefacción y aire acondicionado y que por conveniencia deben tener alta tensión tan cerca como sea posible, por lo que con frecuencia se instalan también subestaciones en los pisos superiores.

En la figura 5.15 se muestra el esquema elemental de una subestación eléctrica.

Por lo general estas subestaciones constan de tres secciones: una denominada de alta tensión, otra de transformación que, de hecho, es el transformador reductor de voltaje y una sección de baja tensión que contiene a los gabinetes de los interruptores principal y de cada alimentador.

Un tipo de subestación muy usado en grandes edificios de departamentos, en edificios o centros comerciales y en industrias pequeñas o ciertas

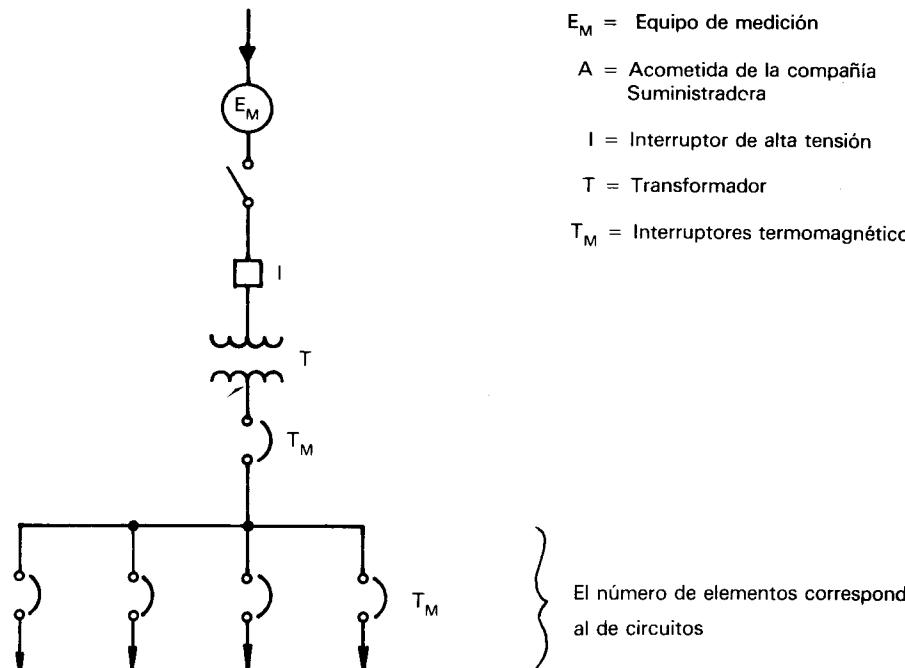
$E_M$  = Equipo de medición

A = Acometida de la compañía Suministradora

I = Interruptor de alta tensión

T = Transformador

$T_M$  = Interruptores termomagnéticos



El número de elementos corresponde al de circuitos

Figura 5.15.

áreas industriales es el llamado "subestación compacta" o subestación unitaria, cuya presentación es en forma de paquete a base de módulos o gabinetes. En la figura 5.16 se muestra una de estas subestaciones.

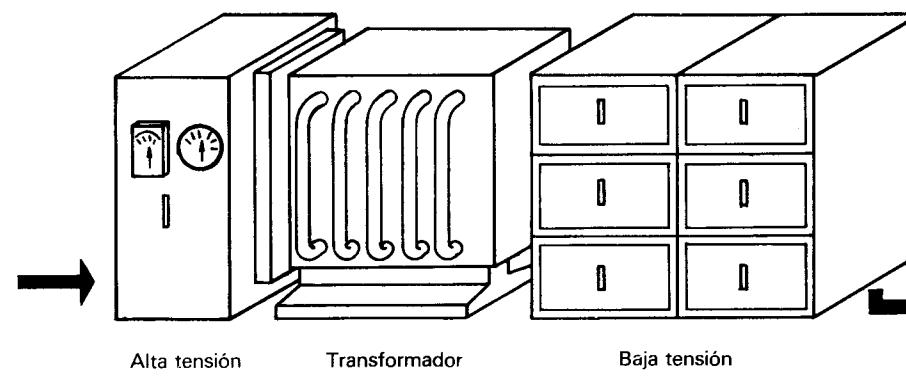


Figura 5.16

##### 5.5.1 Sistemas de alimentación

A diferencia de los edificios con un número de departamentos relativamente reducido, el tipo de alimentación a edificios con gran número de viviendas o departamentos depende principalmente de:

- a) Las dimensiones del edificio
- b) La magnitud de la carga
- c) La longitud de los alimentadores y la distribución de los departamentos.

De acuerdo con estos factores se distinguen dos tipos de sistemas:

- alimentación vertical (para los alimentadores principales)
- alimentación horizontal (para la alimentación de cada piso)

A continuación se describen algunos de los tipos más comunes de sistemas de alimentación en grandes edificios.

#### *a) Sistemas de alimentación con alimentador principal continuo*

Este tipo de alimentación es relativamente económico y se usa en aquellas instalaciones en donde sea aceptable una cierta inseguridad en el suministro de la energía eléctrica, ya que tiene el inconveniente de que en caso de que el alimentador principal falle (figura 5.17), entonces se afecta el suministro a todos los pisos del edificio. Además, al llevar el alimentador principal prácticamente el total de la carga, requiere de conductores de gran sección y su montaje además de costoso se dificulta.

Tiene la ventaja de que su construcción es relativamente sencilla, se pueden compensar las cargas de los distintos pisos y no requiere de instalaciones complicadas en baja tensión.

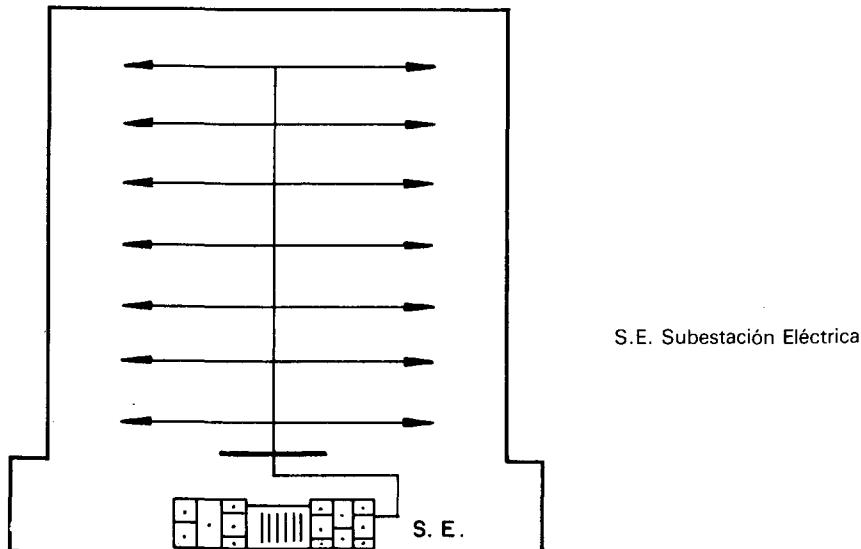


Figura 5.17 Alimentador principal continuo.

#### *b) Sistema de alimentación con alimentadores por grupos*

En realidad este sistema es una variante del sistema anterior, pero ofrece ventajas en cuanto a continuidad de alimentación, ya que cada alimentador alimenta a departamentos por grupo o por pisos (figura 5.18), de manera que en caso de falla de un alimentador sólo afecta a los departamentos de un grupo, o bien a los pisos de un grupo. Por ser de menor sección los conductores de cada alimentador, su instalación es más sencilla.

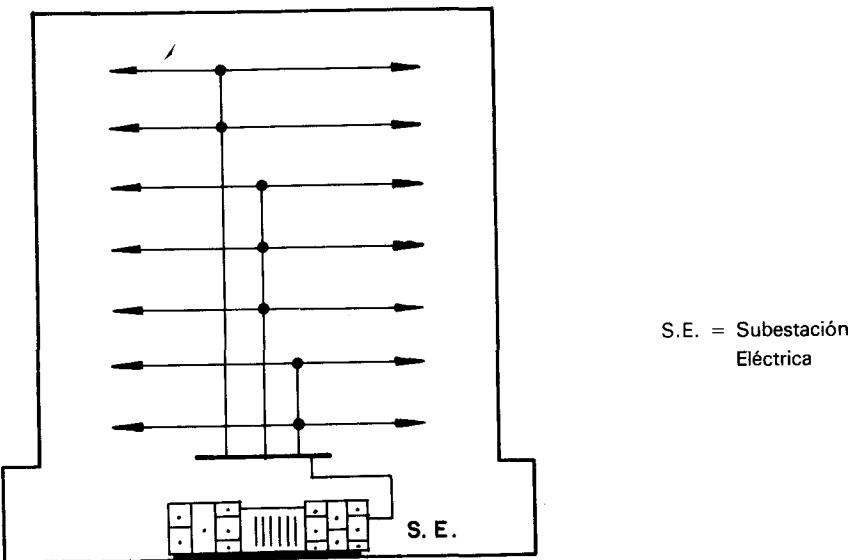


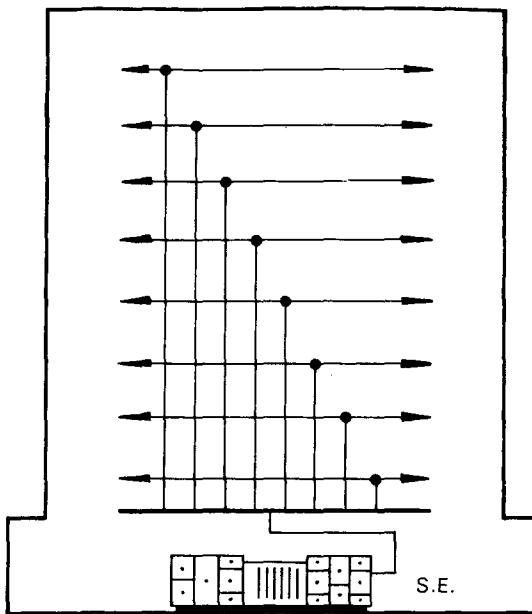
Figura 5.18 Alimentadores por grupos

Este sistema tiene el inconveniente de que las diferentes cargas de cada piso se balancean o compensan sólo dentro de cada grupo; también se requiere mayor número de interruptores al haber mayor número de circuitos.

#### *c) Sistema de alimentación con alimentadores individuales*

Las principales ventajas de este sistema de alimentación (figura 5.19) son que en caso de falla en un alimentador, ésta sólo afecta al piso correspondiente, por ser menor la sección de los conductores de los alimentadores, su montaje es más sencillo; su uso es recomendable en edificios donde los medidores se localizan en un punto central, como es el caso de la mayoría de edificios de departamentos.

El sistema tiene la desventaja de que sólo se balancean o equilibran las cargas de cada piso, por lo que los conductores se calculan para las cargas



**Figura 5.19** Alimentadores individuales

máximas de cada piso, su montaje es costoso y se requiere usar tubo conduit o ductos con suficiente espacio para alimentar al conjunto de alimentadores.

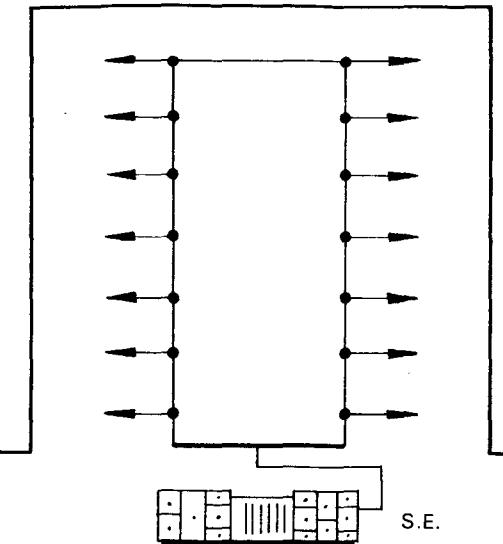
#### d) Sistema de alimentación en anillo

Este sistema de alimentación (figura 5.20) se usa en grandes edificios, no sólo para viviendas, en general para otro tipo de uso; tiene la gran ventaja sobre los anteriores de que ofrece gran seguridad en la alimentación, se dimensionan los alimentadores adecuadamente y además en caso de falla se puede seccionar, manteniendo en operación, ya que sólo se desconecta la parte que tiene falla; los alimentadores son de menor sección que en los casos anteriores.

El sistema requiere también de pocas instalaciones en baja tensión con un número reducido de salidas.

#### 5.5.2 Instalación de elevadores

En los edificios de departamentos con bastantes pisos y en donde existe también un elevado número de departamentos, es obligatorio instalar elevadores.



**Figura 5.20** Alimentación en anillo

En general, se dice que los elevadores o ascensores son medios de transporte para desplazar verticalmente objetos o personas en el interior de edificios de viviendas o bien de oficinas y se clasifican en las siguientes categorías:

Categoría A: para el transporte de personas

Categoría B: para el transporte de personas acompañadas de objetos.

Categoría C: para el transporte de objetos con cabina accesible a las personas para operaciones de carga y descarga.

Categoría E: con cabina múltiple para movimiento continuo para transportar personas.

En edificios de viviendas o de oficinas se instalan los llamados *elevadores o ascensores de maniobra universal* en los cuales el mando se puede efectuar ya sea en la cabina o en el piso de espera. El número de elevadores necesarios, así como su tamaño, fuerza de tracción y velocidad, depende de la densidad de tráfico de personas y de su finalidad. Por ejemplo, para un edificio de departamentos de 10 pisos se pueden usar 1 ó 2 elevadores con una velocidad de 1.2 a 1.5 metros/segundo y una fuerza de tracción de 4 410 Newton a 5 880 Newton, en tanto que si se trata de un edificio de oficinas con el mismo número de pisos se pueden usar hasta 4 elevadores con velocidades de 1.2 a 1.8 metros/segundo y fuerza de tracción de 4 410 Newton a 5 880 Newton.

Desde el punto de vista del servicio y de las instalaciones, es conveniente localizar los elevadores en un lugar centralizado en lugar de distribuirlos en distintos puntos del edificio. El tamaño de la cabina o caja del elevador se determina tomando en consideración la capacidad de carga (expresada en kilogramos), velocidad, tipo de puerta de la cabina y disposición del llamado contrapeso, además de la información que proporcione el fabricante.

Para dar una idea de las dimensiones y características de algunos tipos de elevadores para edificios, se muestran los casos comunes y detalles de instalación, para su consideración al realizar proyectos.

#### 1. Elevador con puerta corrediza de dos hojas y apertura central (figura 5.21).

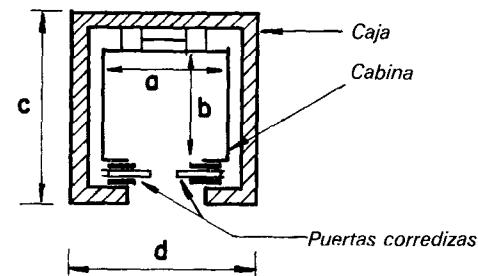


Figura 5.21 Vista en planta

Capacidad de carga (kg)	300	450	600
Altura libre de la cabina (m)	1.70	1.85	2.10
Superficie de la cabina ( $a \times b$ m $^2$ )	0.85	1.25	1.6
Velocidad (metros/seg)	0.85	1.25	2.0
Profundidad del foso debajo del piso inferior (m)	1.40	1.60	1.70
Saliente de la caja sobre el piso superior (m)	1.70	1.80	2.10
a una velocidad de hasta (m/s)	0.85	1.25	2.0

#### 2. Elevador con puerta corrediza tipo telescopica (figura 5.22)

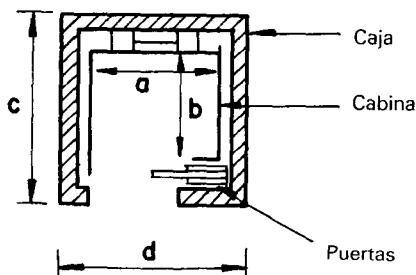


Figura 5.22 Vista en la planta.

Capacidad de carga (kg)	600	750	1200
Altura libre de la cabina (m)	1.70	1.85	2.10
Superficie de la cabina ( $a \times b$ m $^2$ )	1.60	2.0	2.80
Profundidad del foso debajo del piso inferior (m)	1.40	1.60	1.70
a una velocidad de (m/seg)	0.5	1.25	2.0
Saliente de la caja sobre el piso superior (m)	1.70	1.85	2.10
a una velocidad de hasta (m/seg)	0.85	1.25	2.0

En edificios de departamentos y en edificios de oficinas también, el tipo de elevador (ascensor) más usado, es el conocido como de maniobra universal.

Los elementos constitutivos de una instalación típica de los elevadores de maniobra universal contienen los siguientes elementos:

- Motor de maniobra acoplado a un órgano mediante una unión rígida; el motor puede ser de corriente alterna, trifásico del llamado "tipo jaula de ardilla" o bien de corriente continua.
- Sistema de frenado sobre la unión rígida, está accionado por un electromagneto y sirve para reforzar el sistema de frenado de la cabina para cada uno de los pisos en que debe detenerse.
- Sistema de cerrado y control eléctrico para controlar la puerta de la cabina.
- Comutador de pisos. Se encuentran en cada piso y responden a la llamada del contador de arribos o salidas según sea llegada para subir o bajar del elevador.
- Tablero de maniobra. Incluye los controles remotos del motor, uno o más transformadores y un número de relevadores de piso igual al de pisos que presta servicio al elevador, controles para evitar llamadas simultáneas, controles para el alumbrado, etc.
- Contactos de recorrido fino y de bloqueo. Los primeros comprenden los dispositivos eléctricos y mecánicos que impiden que la cabina se desplace más allá del nivel de cada piso. Los contactos de bloqueo sirven para impedir que la puerta de la cabina se abra antes que ésta se detenga en un piso.

#### 5.5.3 Instalaciones eléctricas para elevadores de maniobra universal

Cuando en un edificio se tiene un solo elevador, las conexiones de alimentación se pueden tomar del tablero de distribución principal para el edificio; cuando se trata de un número mayor de elevadores, es probable que se requiera de un número mayor de alimentaciones, lo que requerirá de circuitos especiales y transformadores.

Como una medida de orientación del consumo de potencia por motores para elevadores, se dan los siguientes valores para motores de corriente alterna y de corriente continua (tablas 5.4 y 5.5).

**Tabla 5.4** Consumo por motores trifásicos de corriente alterna para elevadores

Velocidad de Elevador (m/seg)	A. Potencia nominal B. Potencia por impulso hasta 5 seg	Capacidad de carga del elevador			
		Número de personas			
		4	8	10	15
0.6	A	4	7	9	15
	B	16	25	33	54

**Tabla 5.5** Consumo por motores de corriente continua para elevadores

Velocidad del elevador (m/seg)	A. Potencia nominal B. Potencia por impulso hasta 5 seg	Capacidad de carga del elevador			
		Número de personas			
		4	8	10	15
1.0	A	6	12	14	30
	B	21	42	50	85
1.3	A	8	16	20	30
	B	28	56	65	85
1.5	A	9	20	30	40
	B	32	65	85	105
1.8	A	15	30	30	50
	B	45	85	85	130

Los circuitos eléctricos que alimentan a las partes del elevador descritas en el párrafo anterior, se pueden clasificar en la forma siguiente:

a) *Circuito de alimentación del motor de maniobra*

El voltaje de alimentación en instalaciones eléctricas de corriente alterna puede ser de 220 volts o de 440 volts, en tanto que en las instalaciones de corriente continua puede ser de 500 volts.

El circuito incluye los contactores que determinan el sentido de rotación del motor en el sentido deseado (según sea subida o bajada), para evitar que los dos contactores se puedan excitar simultáneamente con el peligro de cortocircuito; estos contactores están dotados de contactos especiales llamados recíprocos que impiden el cierre de un contactor sobre otro previamente cerrado.

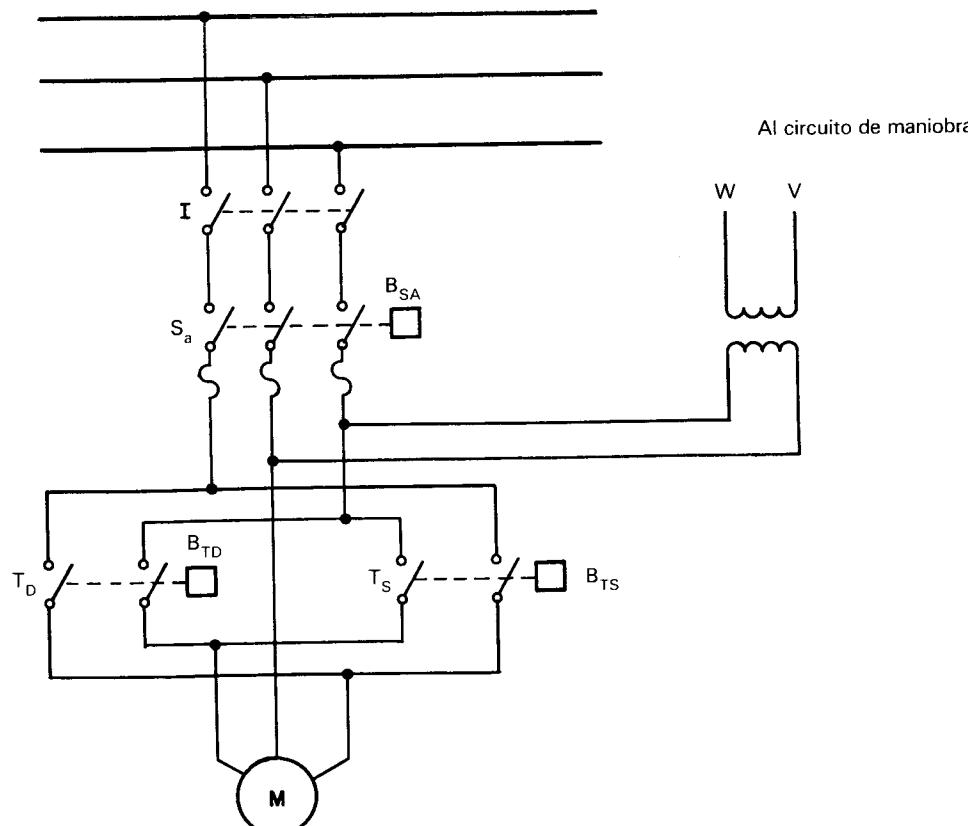
Los contactores de subida y bajada están conectados mecánicamente entre sí mediante una pequeña varilla metálica. El cierre del equipo móvil se hace por medio de un contactor que bloquea los otros en la posición de apertura. En la figura 5.23 se muestra el diagrama de alimentación a un motor de corriente alterna trifásico.

A, B, C Línea de alimentación

I Interruptor general

S<sub>a</sub> Bloqueo del motor

T<sub>s</sub>, T<sub>d</sub> Contactores de subida y bajada para la inversión del sentido de rotación del motor.



**Figura 5.23** Esquema de alimentación del motor principal del elevador

M—Motor principal de accionamiento del elevador.

W, V—Alimentación del circuito de maniobra.

#### b) Circuito de mando

Contiene el control a distancia de los contactores de subida y bajada por medio de botones localizados externamente en cada piso. El voltaje máximo admisible es de 170 volts, aun cuando en los circuitos de control de los elevadores modernos este valor se encuentra entre 60 y 110 volts.

En los circuitos de control se insertan también los dispositivos que impiden accionar la instalación desde el exterior cuando la cabina está ocupada. Por lo general, para tal fin se usan dos soluciones: el fondo móvil, o bien un relevador retardador; en el primer caso, la cabina se provee de un piso móvil soportado por resortes ajustados que bajo la acción del peso de los pasajeros se aplastan, accionando un contacto que bloquea o excluye a todos los botones externos. En instalaciones modernas la práctica del piso móvil se ha abandonado y en su lugar se usa un relevador especial con cierre a tiempo retardado que dispone de dos contactos, uno en serie con los botones exteriores y otro con los botones en el interior de la cabina. Cuando la puerta se abre el relevador se desexcita, con esta operación se interrumpe el circuito de control externo en tanto que se da continuidad a los de los botones internos.

Cuando la puerta se cierra, el relevador se vuelve a excitar para hacer invertir la posición de los dos contactos pero deja un cierto retardo antes de que ocurra la maniobra y queda sólo la posibilidad de realizar la maniobra desde el interior de la cabina.

#### c) Circuito de iluminación

El voltaje de alimentación de circuito de iluminación es de 127 volts y puede ser hasta de 220 volts. Este circuito para iluminación se debe alimentar en forma constante aun cuando falte la alimentación a toda la instalación del elevador. Para tal fin, el circuito de alumbrado del elevador (figura 5.24) se

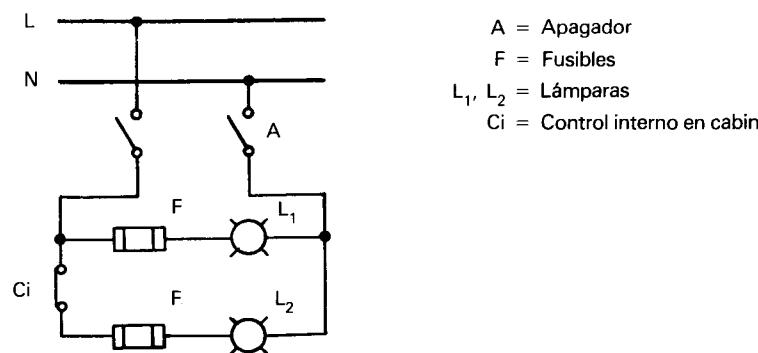


Figura 5.24 Circuito de alumbrado del elevador

puede derivar o tomar la alimentación antes del interruptor general, o bien del circuito de alumbrado del edificio.

En la práctica la alimentación del circuito de iluminación casi siempre se efectúa por medio de un circuito distinto al de la fuerza motriz.

Por lo general, se adoptan dos lámparas, una está encendida permanentemente y la otra se puede accionar por medio de un interruptor (apagado) localizado dentro de la cabina.

#### d) Circuito de señalización

Los circuitos de señalización en el elevador sirven para alimentar las lámparas localizadas tanto en piso como en la cabina e indican la posición de la cabina, su disponibilidad, el sentido de marcha (flechas o letreros de sube o baja), etc.

Por lo general el voltaje de alimentación es de 6 a 12 volts. En la figura 5.25 se muestra el diagrama básico del circuito de señalización, en donde el encendido de las lámparas de presencia se efectúa por medio de un contacto complementario (C<sub>L</sub>) localizado sobre el inversor del piso; la señalización de ocupado se encuentra generalmente accionada por un contacto del relevador de puerta (C<sub>rt</sub>) con tiempo controlado.

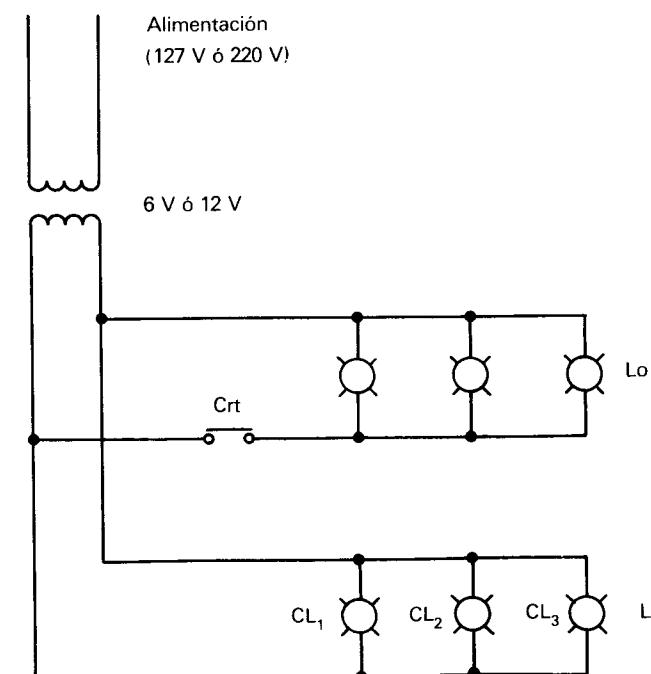


Figura 5.25 Esquema del principio de señalización en los pisos.

A las señalizaciones de LIBRE o bien OCUPADO, en el área de espera en piso, se le agregan las de posición de la cabina por medio de un tablero lumínoso localizado en la parte superior del cubo que contiene al elevador.

Desde luego, existen variantes en cuanto a la forma de señalización en los elevadores; en general, estas variantes dependen del fabricante y en cierto modo del tamaño del elevador; sin embargo, se puede afirmar que lo mencionado es lo básico de señalización como se muestra en la figura 5.25.

Lo, LI Lámpara de ocupado o libre

Crt--Contacto del relevador retardador

CL<sub>1</sub>, CL<sub>2</sub>, CL<sub>3</sub>, ..., CL<sub>i</sub>--Contactos sobre los invertidores de piso.

#### e) Circuitos de alarma

Los circuitos de alarma están conectados a una fuente de alimentación independiente y accionan un timbre o zumbador por medio de un botón desde el interior de la cabina.

Tal dispositivo indica a la persona encargada de la portería del edificio de la eventual falla de la instalación. Por lo general, la alimentación del circuito se hace por medio de baterías de 6 ó 12 voltos.

En la figura 5.26 se tienen los siguientes símbolos:

#### Contactos abiertos

Símbolo	Círculo que acciona	Símbolo	Círculo que acciona
c'td	Freno	c''ts	caída del relé
c'td	Freno	c''td	caída del relé
C''r <sub>1</sub> ..C''r <sub>4</sub>		Cp <sub>1</sub>	Excitación del retractil.
cr <sub>1</sub> ..Cr <sub>4</sub>		Ca	Autoexcitación del relé,
C'r <sub>1</sub> ...C'r <sub>4</sub>		CA	Comutador de piso.

#### Contactos cerrados

Símbolo	Círculo que acciona	Símbolo	Círculo que acciona
c'ts	botones internos	c''ts	Exclusión recíproca
c'td	y externos	c''td	de la excitación y bobina del contactor.

I <sub>1</sub> ...I <sub>4</sub>	Comutadores de piso
Pe <sub>1</sub> ...Pe <sub>4</sub>	Contactos pulsantes externos
Pi <sub>1</sub> ...Pi <sub>4</sub>	Contactos pulsantes internos
M	Motor
T	Tierra

BFR	Bobina del freno
BTS-BTD	Bobina del contactor de subidas y bajadas
Br <sub>1</sub> ...Br <sub>4</sub>	Bobinas de relevadores de piso
Brr	Bobina del relevador retardador

#### Contactos del circuito de potencia Acciona sobre

CSA	Salvamotor
CTS	Contactor de subida.
CTD	Contactor de bajada.

#### Contactos de seguridad Acciona sobre

Cp <sub>1</sub> ...Cp <sub>4</sub>	Preliminar de la puerta externa.
Cex	Extra carrera del elevador.
Cp <sub>1</sub>	Puerta de cabina.
Ca	Alto (del interior de la cabina).
CA	Control para caída
CTS	Sobre el contactor de salida.
CTD	Sobre el contactor de bajada.

#### 5.5.4 Instalaciones para televisión

En edificios de departamentos es más o menos frecuente la instalación de antenas de televisión, ya sea para cada departamento en forma individual o bien una instalación en forma colectiva. El proyecto y la realización de esta instalación se encarga con frecuencia a quienes hacen instalaciones eléctricas para alumbrado y fuerza motriz, por lo que resulta oportuno establecer aunque sea en forma general los criterios de instalación de las antenas de televisión y la realización de los elementos asociados.

#### La antena para televisión

Una antena de televisión está constituida esencialmente por una sección o tramo de línea bipolar (llamada dipolo) en los cuales los dos conductores en lugar de ser paralelos y unidos, se disponen sobre la misma recta en dirección contraria.

En estas condiciones, los voltajes inducidos sobre cada uno de los conductores de las ondas electromagnéticas, enviadas al espacio por las estaciones transmisoras, se suman y dan una señal disponible para el televisor.

Los elementos fundamentales para seleccionar una antena y la longitud del dipolo (constituido por dos conductores alineados) y que está en relación

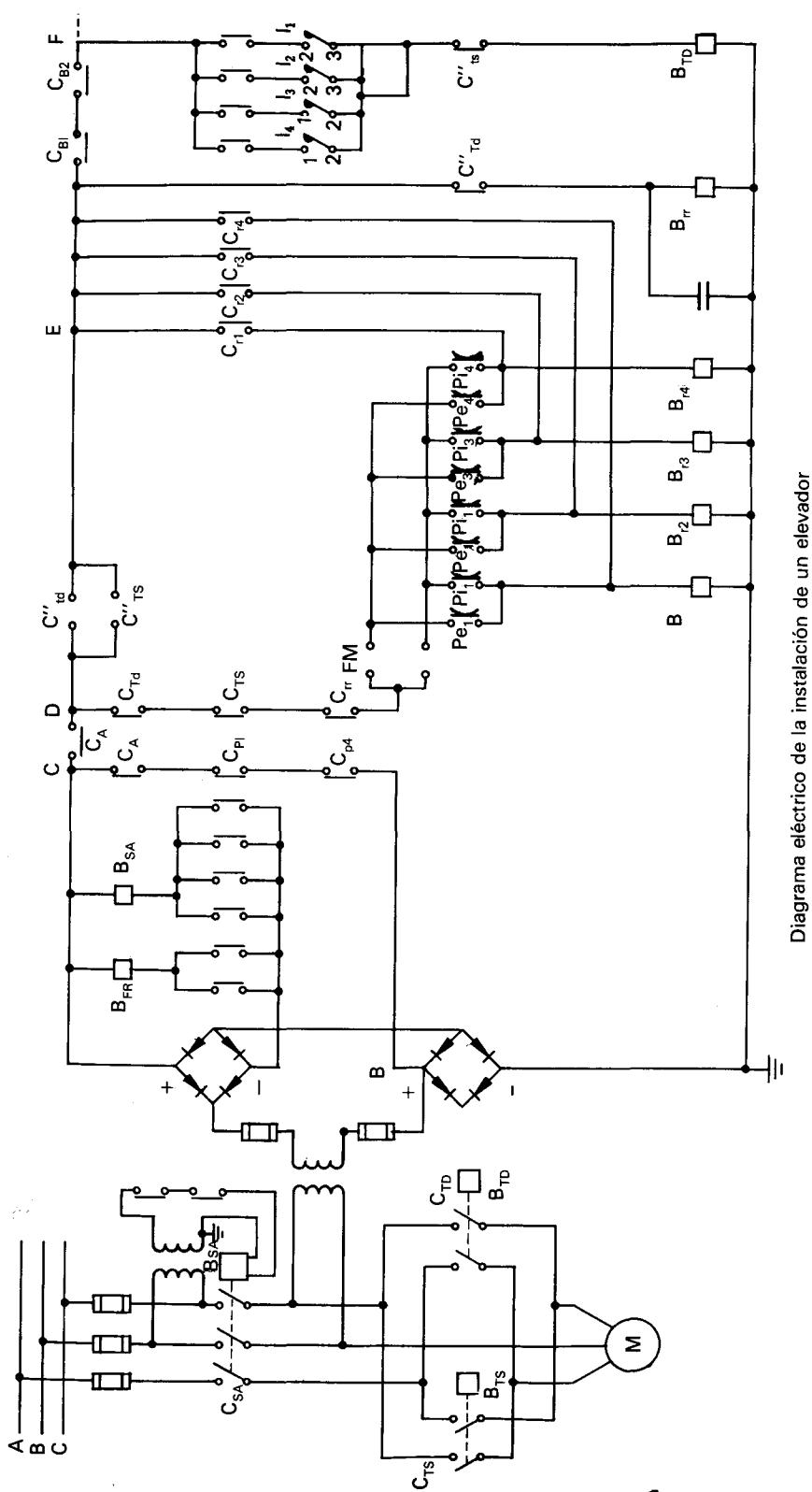


Diagrama eléctrico de la instalación de un elevador

Figura 5-26

precisa con la longitud de la onda de la señal por recibir. Cada antena está caracterizada por los siguientes parámetros.

#### Ganancia

Es la relación entre la energía electromagnética captada por la antena considerada y una antena de dipolo sencillo.

#### Impedancia de antena

Es un parámetro eléctrico que depende de las dimensiones de la antena y de la forma de los elementos que la componen. El valor de la impedancia de antena debe ser igual al de la línea de bajada y entrada al televisor; en caso de que sean diferentes se pueden formar reflexiones que pueden conducir a la formación de ondas estacionarias con la consecuente falta de señal en algunos puntos de la bajada. Si existe una diferencia entre las dos impedancias, es necesario instalar un adaptador de impedancia.

Mediante algunos artificios la antena de televisión puede ser alcanzada en forma directiva (antena direccional) de manera que esté en condiciones de emitir o captar ondas electromagnéticas en forma preferencial o exclusivamente en una dirección. Esta característica permite, por un lado mejorar la ganancia y, por otro, no resentir las eventuales reflexiones o señales dispersas provenientes de otras direcciones. La antena de televisión que se usa comúnmente en edificios de departamentos es aquella conocida como del tipo YAGI cuyo nombre es el de su diseñador japonés. Este tipo de antena está dotada de un dipolo receptor y de algunos elementos subsidiarios que sirven principalmente para aumentar la ganancia y la direccionalidad.

El elemento base está constituido por el dipolo ajustado a media onda en cuyo eje están localizados otros elementos, como son los directores para mejorar la direccionalidad y los reflectores que permiten alargar un poco más al dipolo que reflejan por detrás la energía hacia el dipolo; la distancia de cada uno de estos elementos del dipolo debe ser exactamente de  $1/4$  de la longitud de onda para que se tenga el efecto completo sin reflexiones fuera de fase o distorsiones. En general, en las zonas donde las recepciones son bastante fuertes, son suficientes antes con 1 reflector y uno o dos directores, mientras el número de directores aumentan en las zonas de más débil recepción.

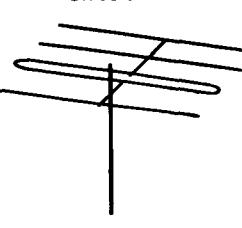
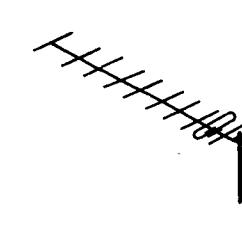
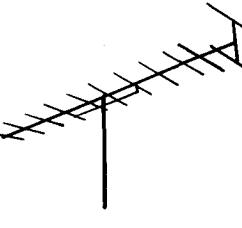
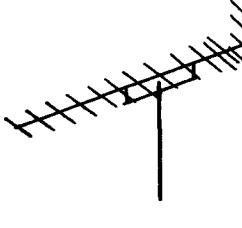
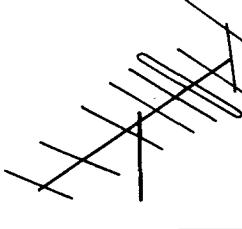
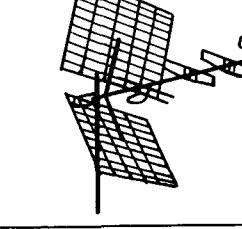
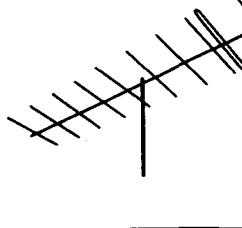
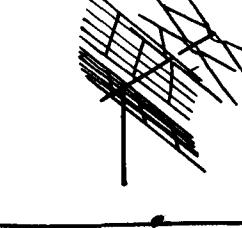
En general, las antenas para televisión pueden ser de un solo canal o para grupos de canales a banda larga; las primeras se adaptan para recibir un solo canal, mientras que las otras, de uso más común, pueden recibir las señales de más canales de la misma banda.

En particular, es conveniente recordar que las señales de televisión (TV) se transmiten en el ámbito de cierto número de canales que se encuentran comprendidos entre longitudes de onda de alrededor de 5 metros y 30

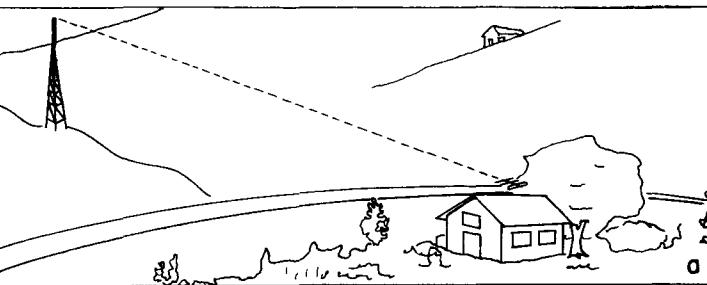
centímetros, que corresponden a frecuencias entre 50 y 850 MHz. En general, se clasifican como canales de muy alta frecuencia, VHF (Very High Frequency) y canales de ultra alta frecuencia UHF (ultra alta frecuencia), las primeras se encuentran dentro del rango de los 50 a 250 MHz y la segunda de 400 a 850 MHz.

En las tablas 5.6 y 5.7 se muestran distintas formas de antenas según sus aplicaciones:

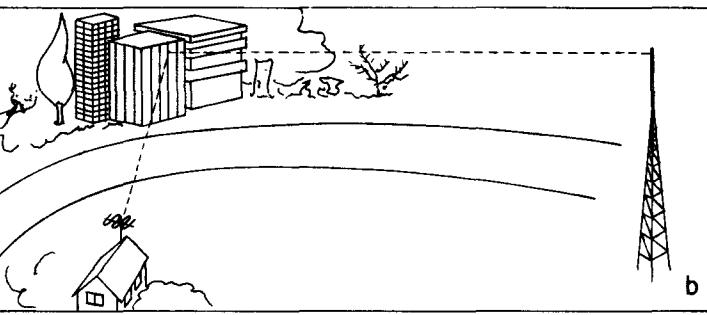
**Tabla 5.6 Ejemplos constructivos de antenas de televisión**

Antenas de VHF	Antenas de UHF
Un solo canal	Para grupos de canales
	
	
Banda larga	Banda larga
	
	

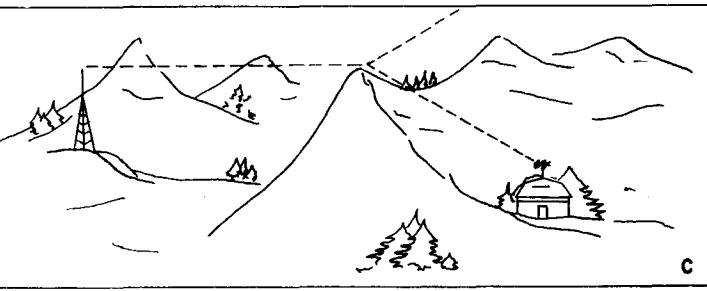
**Tabla 5.7 Ejemplos de propagación de señales de televisión**



a) En línea recta



b) Por reflexión



c) Por refracción

#### *Instalación de las antenas*

La instalación de una antena de televisión está constituida por los siguientes elementos fundamentales:

- Una o más antenas receptoras
- Terminales de cabeza
- Línea de bajada.

En el conjunto de una instalación de antena el dipolo y los eventuales amplificadores representan los elementos activos porque generan fuerza

electromotriz, mientras que todos los otros componentes son elementos pasivos que disipan energía, en la figura 5.27 se muestra también el esquema de principio de la instalación de una antena.

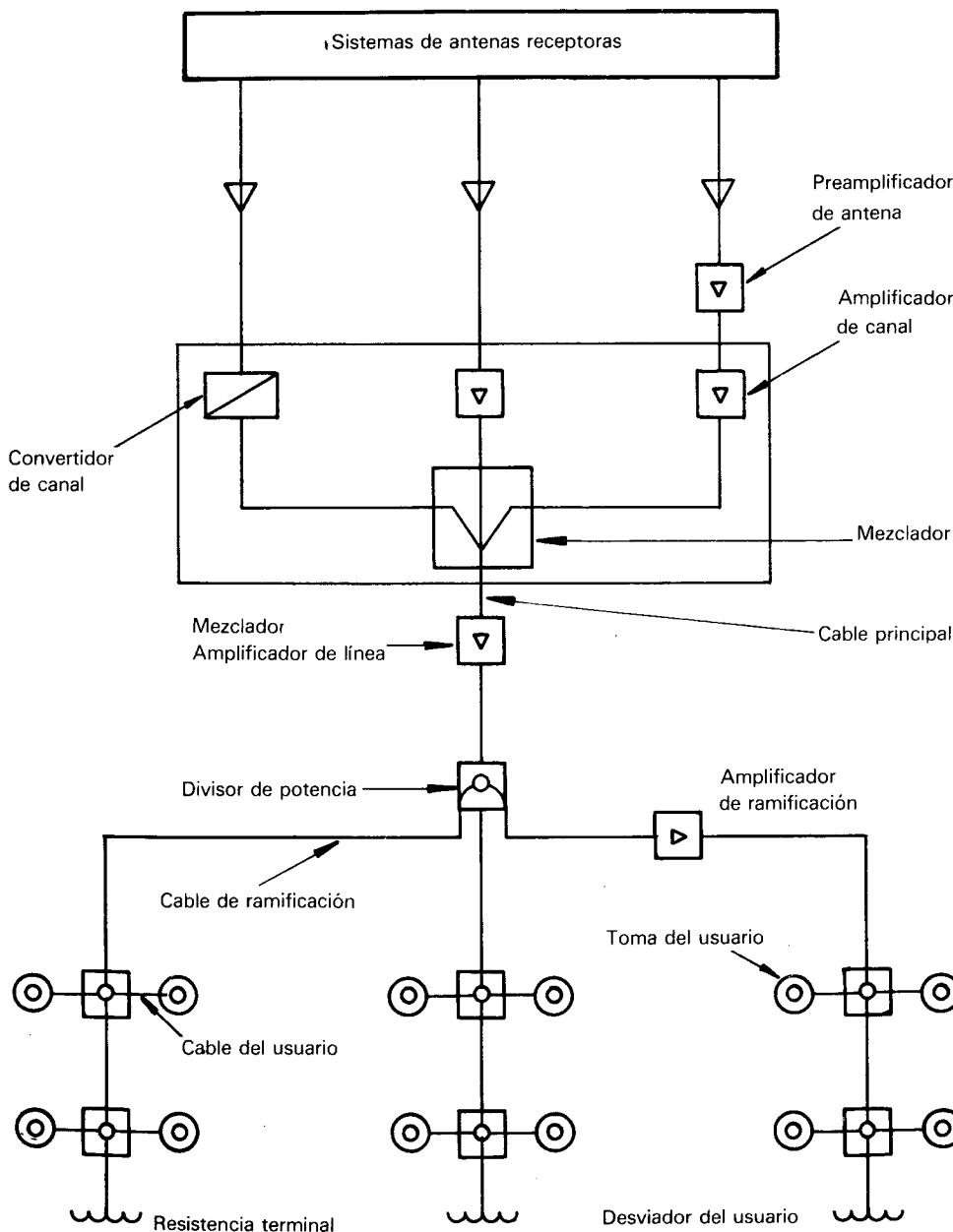


Figura 5.27 Esquema de principio de una instalación de antenas.

### a) Antenas receptoras

Para poder captar las transmisiones en la banda VHF o las de la banda UHF se tienen dos tipos de antenas diferentes en cuanto que no se pueden usar en el mismo dipolo (recuérdese que la banda VHF se encuentra dentro de las ondas métricas, en tanto que la banda UHF se encuentra dentro de las decimétricas).

Las antenas se deben instalar en una posición dominante, tal posición debe ser hacia el transmisor. En general, estas antenas se instalan sobre el techo (azotea), si es necesario sobre una varilla o tubo para evitar en lo posible que se presenten reflexiones.

Es conveniente recordar que estas antenas deben quedar también bien instaladas mecánicamente para evitar problemas por la presión del viento; es conveniente instalar contravientos en forma adecuada.

### b) Terminales de cabeza

Una terminal de cabeza puede comprender según sea el tipo de instalación uno o más de los siguientes aparatos: mezcladores, amplificadores de canales y de antenas, convertidores de canales y filtros.

#### Mezcladores

Son dispositivos mediante los cuales las señales captadas por diferentes antenas o situadas en distintos canales de la misma banda se combinan y transmiten a los aparatos de televisión por medio de una sola línea de bajada. Normalmente, los mezcladores que se encuentran en el mercado están preparados para el montaje en la misma antena o bien en la varilla sobre la cual se monta la antena.

Al final de la línea de bajada se instala un dispositivo desmezclador que separa nuevamente las señales al televisor y deja libres las recepciones para distintos canales.

#### Amplificadores de canal

Son aparatos electrónicos alimentados con 12 ó 24 volts de corriente directa que amplifican la señal recibida. Se usan en los casos en los que la energía y alta frecuencia captada de las antenas es insuficiente para asegurar imagen de buena calidad. Pueden ser de un solo canal o multibanda.

#### Convertidores

Son aparatos electrónicos que permiten efectuar la transposición de una señal de televisión sobre un canal distinto de aquel que emite la señal. Se re-

quiere de estos aparatos cuando se tiene dificultad para separar dos señales vecinas una de otra, pero con intensidades muy distintas.

#### Filtros de absorción

Son circuitos particulares constituidos por un arreglo de resistencias y capacidades que eliminan las eventuales frecuencias parásitas presentes sobre la antena o por interferencia entre canales adyacentes.

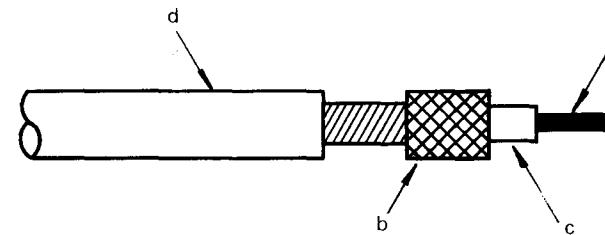
#### c) Línea de bajada

Es uno de los elementos fundamentales de la instalación, porque de ésta depende en forma determinante la calidad de la señal que se suministra al aparato televisor.

La línea de bajada está constituida normalmente por un conductor coaxial, por divisores y derivadores que conectan a la antena con los usuarios.

El cable coaxial es un cable especial del tipo unipolar con conductor y blindaje de cobre, con aislamiento de polietileno de bajas pérdidas y cubierta preprotectiva de material termoplástico y una impedancia característica de más o menos 75 ohms.

El cable se puede instalar en forma visible fijado al muro por medio de grapas o también se puede llevar por tubo metálico; en este caso no se deben introducir en el mismo tubo conductores eléctricos o destinados a otro fin. En la figura 5.28 se muestra una vista de este tipo de cable coaxial.



- a) Conducto
- b) Aislamiento
- c) Blindaje (cubierta metálica.)
- d) Cubierta de protección

Figura 5.28 Esquema de un cable coaxial

#### Divisores

Los divisores se emplean cuando la señal de la antena (o de la terminal de cabeza) se debe repartir entre dos o más bajadas distintas; se representan gráficamente como se muestra en la figura 5.29.

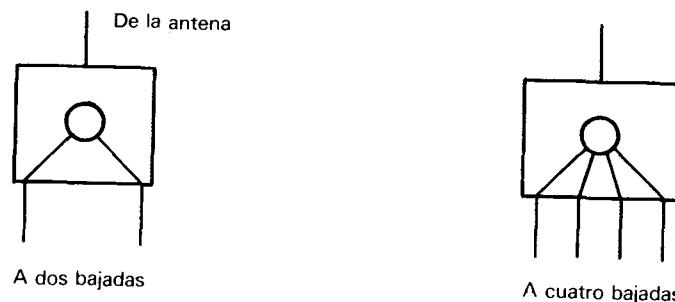


Figura 5.29 Representación de un divisor.

#### Derivadores

Son componentes de la línea de bajada que se usan para derivar en un punto de una sola bajada, dos o más tomas para los usuarios; también están constituidos por un grupo de impedancias conectadas de manera que se distribuya en cada derivación una señal de igual amplitud (figura 5.30).

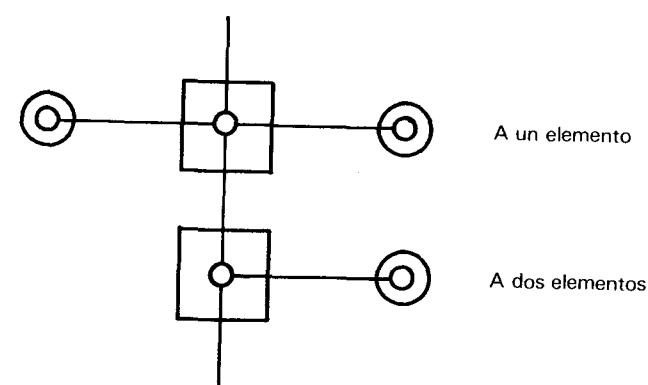


Figura 5.30 Símbolo de un derivador

#### Tomas

Son las componentes de la instalación que comprenden la salida para la conexión al aparato de televisión y que se tienen como salidas normales por pared, pero con otro tipo de tapa (figura 5.31).

#### 5.5.5 Instalaciones para televisión sencillas y colectivas

Por instalación sencilla se entiende la instalación de una antena destinada a alimentar por medio de una línea de bajada larga (no mayor de 30 metros) a una sola vivienda o departamento.

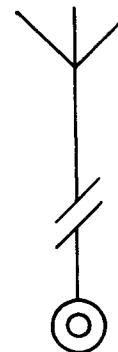
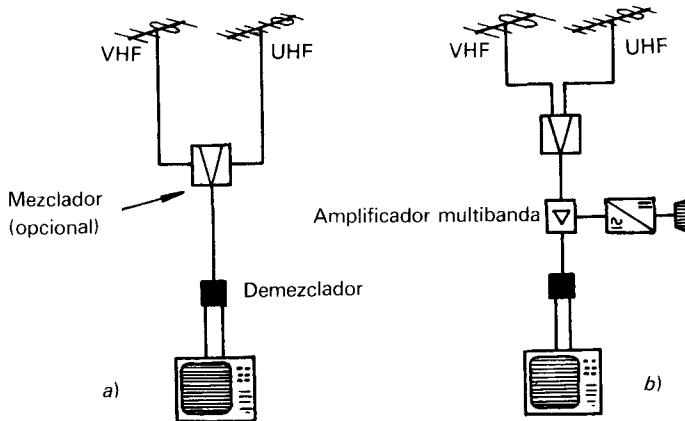


Figura 5.31 Símbolo gráfico de un tomacorriente

Puede incluir una antena de VHF o bien tener también una antena de UHF, un mezclador de señales, una línea de bajada, un desmezclador, un adaptador de impedancia (por lo general incluido en la antena o en el desmezclador), así como una o más tomas.

Cuando la recepción de la señal de televisión se dificulta porque las antenas se instalan en posición desfavorable con respecto a la estación transmisora, puede ser necesario amplificar las señales de la antena; para esto se puede instalar también un amplificador de multibanda. En la figura 5.32 se muestra el principio de las instalaciones sencillas.



a) bajada directa

b) bajada a través de un amplificador.

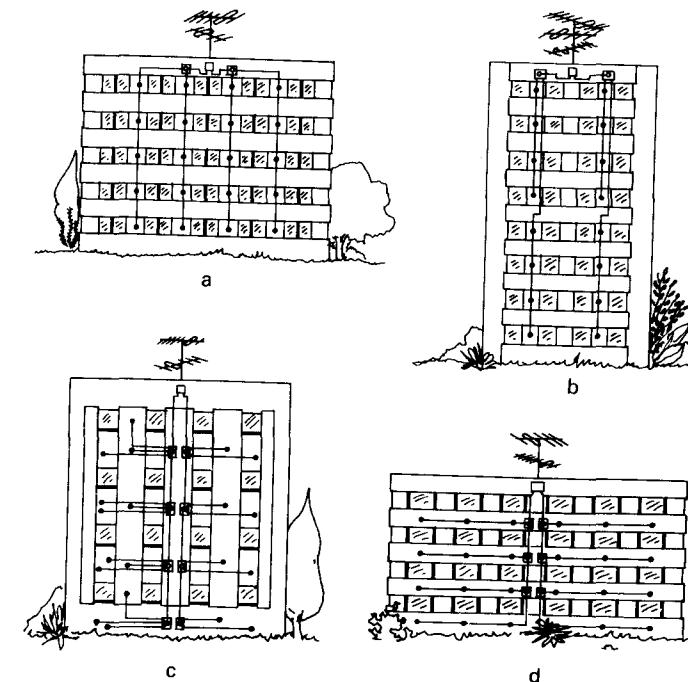
Figura 5.32 La antena UHF es opcional con el mezclador

### Instalaciones colectivas o centralizadas

Es una instalación de antena que se realiza de tal manera que puede servir a más de un usuario simultáneamente. Se usan normalmente en edificios de departamentos, con la ventaja adicional de que se tiene una mejor estética, ya que al emplear una sola antena se tiene mejor vista que usar varias antenas en un mismo lugar (por lo general la azotea del edificio). Con este tipo de instalación se evitan también fenómenos de interferencia entre antenas vecinas y además el costo de la instalación se reparte entre los usuarios, lo que significa una ventaja económica. De hecho, es recomendable que en edificios con más de 10 departamentos se instalen antenas centralizadas para TV.

Por lo general, en las instalaciones colectivas la distribución de las señales de la antena se hace con base en dos sistemas: *En cascada* o *en derivación*.

El primero de estos tipos (cascada) se recomienda cuando el número de usuarios no es superior a 10 y cuando la planta de los pisos permite la salida de las tomas una sobre la otra (ver figura 5.33 y 5.34). Con distribuciones del



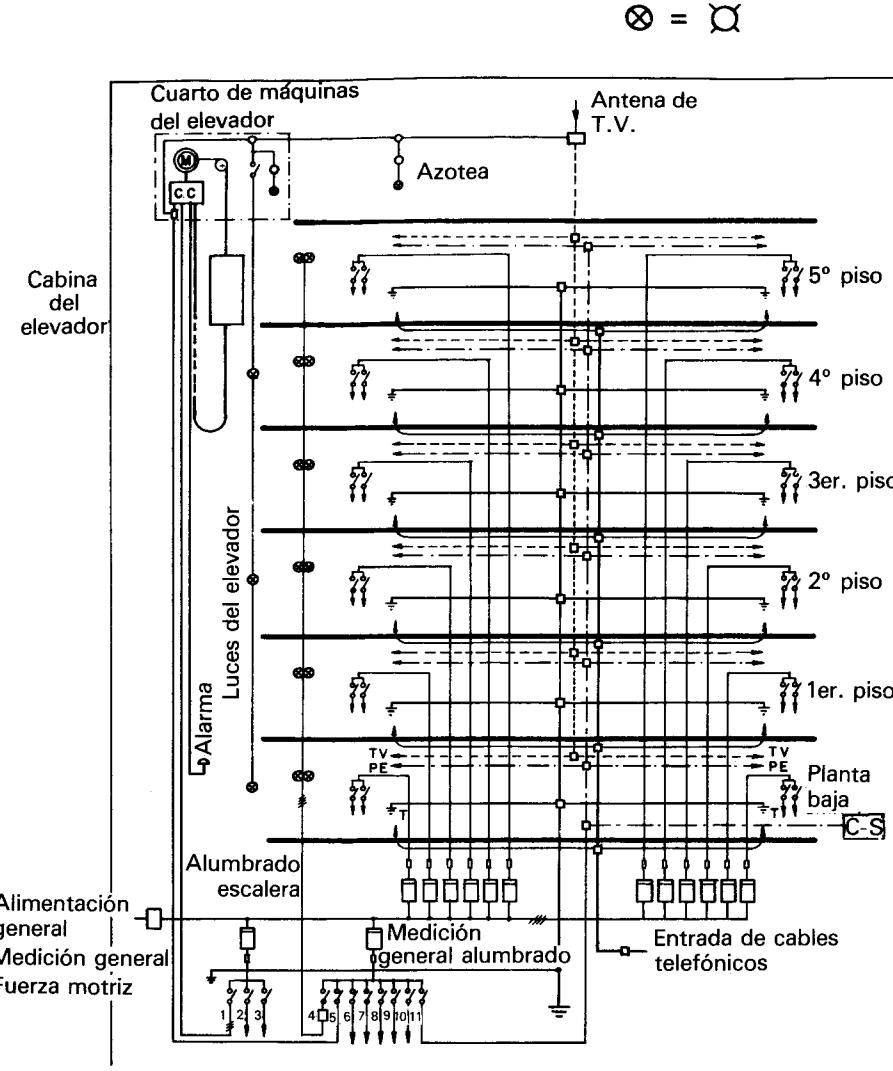
a) En cascada

b) En cascada para más de 10 usuarios

c) En derivación

d) En derivación con tomas en el mismo piso

Figura 5.33 Instalaciones centralizadas de T.V.



Plano de instalación eléctrica de alumbrado y elevador así como T.V. y Tel. en un edificio de 5 pisos y 2 departamentos por piso.

- TV — A la antena de televisión
- 1, 2, 3 — Alimentadores para bombas de agua.
- CC — Caja de distribución del elevador
- 4 — Alumbrado escaleras
- 5 — Llegada de alumbrado a la cabina del elevador
- 6 — Alumbrado de pasillos
- 7 — Alumbrado de la entrada al edificio
- PE — Portero eléctrico
- C-S — Lugar principal o central del portero eléctrico

Figura 5.34

circuito apropiadas y haciendo uso de amplificadores de bajada de las características apropiadas, el sistema en cascada se puede usar en edificios con más de diez pisos en los cuales una sola bajada no puede alcanzar la planta baja.

El *sistema en derivación* se usa como alternativa del de cascada cuando no está prevista la bajada a través de los departamentos o también cuando se deben alimentar numerosos departamentos localizados en un mismo piso; ejemplo típico es el de los hoteles.

## *Bibliografía General*

1. *Normas técnicas para instalaciones eléctricas. Parte 1 Instalaciones para el uso de energía eléctrica.* Edición 1981, SPFI.
2. *Modern Wiring Practice, Steward and Watkins,* 8a. Edicion. Newnes Technical Books.
3. *Electrical Wiring Residential.* Ray C. Mullin, 7a. Edición. Editorial Van Nostrand Reinhold.
4. *Electrical Systems For Power and light.* McPartland, Ed. McGraw Hill.
5. *Introduction to Electrical Wiring,* 2a. Edición. John Doyle, Ed. Reston.
6. *House Wiring Simplified.* Floyd M. Mix GoodHeart- Wilcox.
7. *Reading construction Drawings.* Wallach and Hepler McGraw Hill.
8. *Manual Práctico para Instaladores y Montadores Electricistas,* Pedro Camarena M. Ed. CECSA.
9. *Electrical Constructions Wiring,* Walter N. Alerich. American Technical Publishers.
10. *The Practical Handbook of Electrical Repairs,* Richard Day. Rawcerr Publications.
11. *Making Electrical Calculations,* J. McPartland, Electrical Construction and Maintenance.
12. *Residential Wiring,* Gary Rockis. American Technical Publishers.
13. *Basic Electrical Power Distribution,* A. J. Pansini Hayden Book Inc.
14. *Elettrotecnica Pratica.* A. Sesto - A. Bossi. Editoriale Delfino.
15. *Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales,* G. Enríquez Harper. Ed. Limusa.
16. *Manual Eléctrico.* CONELEC, tercera edición.
17. *Instalaciones Eléctricas Vol. II,* Spitta. Editorial Dossat.
18. *National Electrical Code 1981.*
19. *A Guide To the National Electrical Code 1981 Edition.* Thomas L. Harman, Charles E. Allen.



El problema de las instalaciones eléctricas residenciales se trata con amplitud, simplicidad y en forma detallada. Este libro presenta información valiosa necesaria para la teoría y práctica de las instalaciones eléctricas en casas-habitación y edificios de vivienda, basado en las normas para instalaciones eléctricas más recientes.

Profusamente ilustrado, con tablas reales y con numerosos problemas reales resueltos, incluye temas como instalación eléctrica de elevadores e instalación de antenas para televisión. Es un valioso auxiliar práctico para el estudio y cálculo de instalaciones eléctricas residenciales.

