

Unidad didáctica 8

Instalaciones eléctricas en las edificaciones. Cálculo de líneas

¿Qué aprenderemos?

- Qué es una instalación de enlace, de qué partes se compone y cuál es la normativa que se emplea para su ejecución.
- Cómo calcular la sección de los conductores en las instalaciones eléctricas de edificios.
- Seleccionar los materiales más adecuados para la ejecución de este tipo de instalaciones.
- Cómo montar y conectar los contadores de forma individual y centralizada.
- Cómo realizar la previsión de cargas en edificios para el suministro en baja tensión.

8.1. Introducción

Recuerda que en la UNIDAD DIDÁCTICA 1 hemos hecho un esquema de cómo la corriente eléctrica se genera, se transporta y se distribuye hasta llegar hasta los puntos de consumo. En esta unidad veremos detalladamente la composición y características de las líneas que unen la Caja General de Protección (CGP) con las instalaciones interiores de los usuarios. Estas líneas reciben el nombre de *instalaciones de enlace*.

A pesar de que gran parte del contenido de esta unidad corresponde al módulo de *Instalaciones de distribución*, es necesario empezar con ello, pues sus características y su dimensionado dependerán del grado de electrificación de la vivienda y del equipamiento del inmueble.



Fig. 8.1.

La instalación de enlace conecta la red pública de distribución con las instalaciones interiores.

Por otra parte, el instalador electricista, además de conocer la composición de las instalaciones, también tiene que ser capaz de dimensionar sus componentes y en consecuencia calcular la sección del conductor más idóneo en cada caso. Para realizar los cálculos no basta con la simple aplicación de fórmulas matemáticas, sino que es imprescindible el conocimiento de la normativa aplicable en cada caso particular y que el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) especifica, sobre todo en lo que se refiere a las caídas de tensión máximas admisibles, intensidades admisibles y a los factores de corrección aplicables.

Finalmente hay que considerar que, dependiendo de la función que vayan a realizar, los lugares de consumo de energía eléctrica se clasifican de la siguiente forma:

- Edificios destinados principalmente a viviendas.
- Edificios comerciales o de oficinas.
- Edificios destinados a una industria específica.
- Edificios destinados a una concentración de industrias.

Cada uno de estos grupos indicados tiene su normativa específica dentro del vigente Reglamento.

8.2. Instalaciones de enlace

8.2.1. Componentes de una instalación de enlace

Se define la **instalación de enlace** en un edificio como el conjunto de elementos que ponen en comunicación eléctrica los puntos de utilización con la red pública de distribución.

De la definición se deduce que la instalación tiene su origen en el final de la acometida que instala la compañía distribuidora de electricidad y termina en la caja general de mando y protección del usuario. Así, los componentes y tramos principales de una instalación de enlace son los siguientes:

- Caja general de protección (CGP).
- Línea general de alimentación (LGA).
- Contadores (CC).
- Derivación individual (DI).
- Caja para interruptor de control y potencia (ICP). ⁽¹⁾
- Caja general de mando y protección. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Estos componentes de la instalación de enlace se explicarán detalladamente en la siguiente unidad didáctica, ya que son el punto de partida de las instalaciones interiores de viviendas.

Estas instalaciones se situarán y discurrirán por zonas de uso común, son propiedad de los usuarios y por tanto son responsables de su conservación y mantenimiento. Antes de empezar con cada uno de ellos, será necesario ver que esquemas de montaje pueden presentar estas instalaciones.

8.2.2. Esquemas de montaje

Las formas que pueden presentar las instalaciones de enlace son diversas, si nos atenemos al número de usuarios conectados, podemos encontrar las siguientes:

- Para un solo usuario.
- Para más de un usuario.

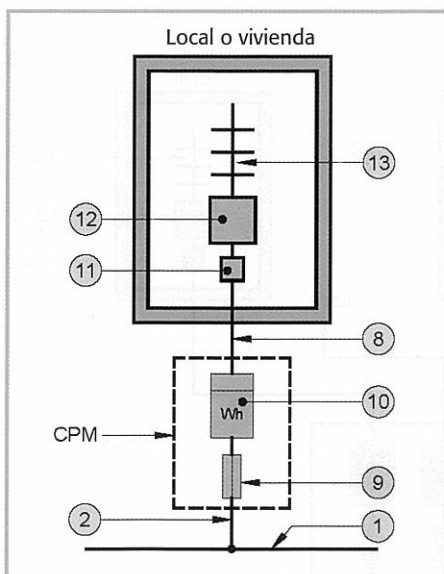


Fig. 8.2.
Esquema de instalación para un solo usuario.

Para un solo usuario

En este caso se simplifica la instalación de enlace al coincidir en el mismo lugar la caja general de protección y el equipo de medida, no existiendo por tanto la línea general de alimentación, como muestra el esquema de la figura 8.2. En consecuencia, el fusible de seguridad (9) coincide con el de la caja general de protección (CGP). Para esta situación se utiliza una caja de protección y medida (CPM).

Para más de un usuario

Según el lugar donde se sitúen los contadores, existen varias formas de montaje que seguidamente describimos:

- **Instalación de contadores para dos usuarios.** Como muestra el esquema de la figura 8.3, la instalación para dos usuarios alimentados desde un punto común es básicamente igual a la de un solo usuario, por tanto es válido lo indicado para el fusible de seguridad (9).
- **Instalación de contadores centralizados en un solo lugar.** Este sistema de instalación es el más utilizado en el conjunto de las edificaciones verticales u horizontales, destinadas principalmente a viviendas, edificios comerciales, de oficinas o destinado a una concentración de industrias. Su composición podemos observarla en el esquema de la figura 8.4.

- Instalación de contadores centralizados en más de un lugar.** Esta forma de instalación, (figura 8.5) se utiliza en edificaciones destinadas a viviendas, edificios comerciales, de oficinas o destinados a una concentración de industrias, donde la previsión de cargas haga aconsejable la centralización de contadores en más de un lugar o planta. Igualmente se utilizará para la ubicación de diversas centralizaciones en una misma planta en edificios comerciales o industrias, cuando la superficie de la misma y la previsión de cargas lo aconsejen. También podrá ser de aplicación en las agrupaciones de viviendas distribuidas horizontalmente dentro de un recinto privado.

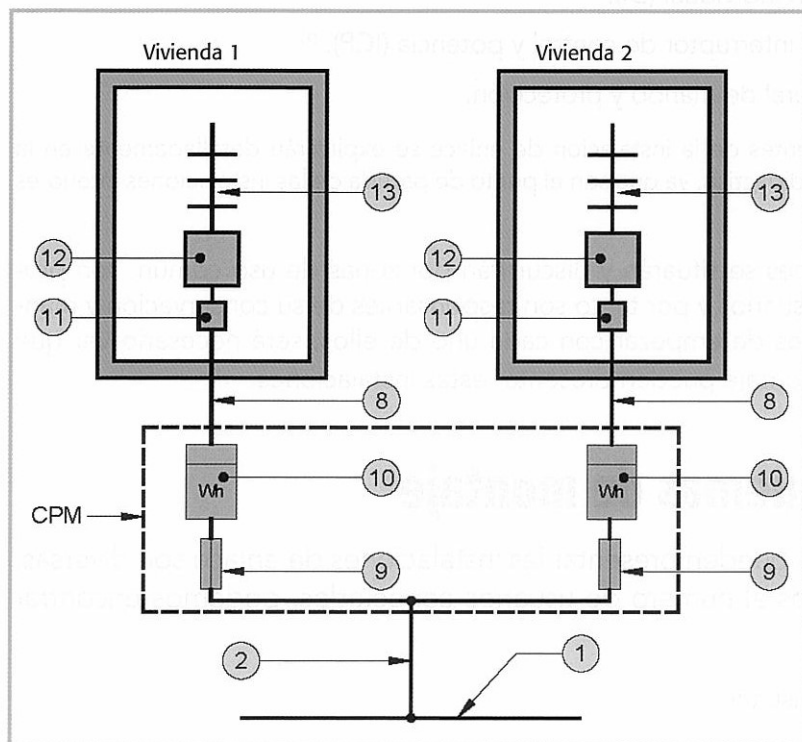


Fig. 8.3.
Esquema de instalación para
dos usuarios.

Los elementos enumerados en los esquemas de instalación (figuras de la 8.2. a la 8.5) corresponden a:

1. Red de distribución.
2. Acometida.
3. Caja general de protección (CGP).
4. Línea general de alimentación (LGA).
5. Interruptor general de maniobra.
6. Caja de derivación.
7. Cuadro de contadores.
8. Derivación individual (DI).
9. Fusible de seguridad.
10. Contador.
11. Caja para interruptor de control de potencia (ICP).
12. Caja general de mando y protección.
13. Instalación interior.

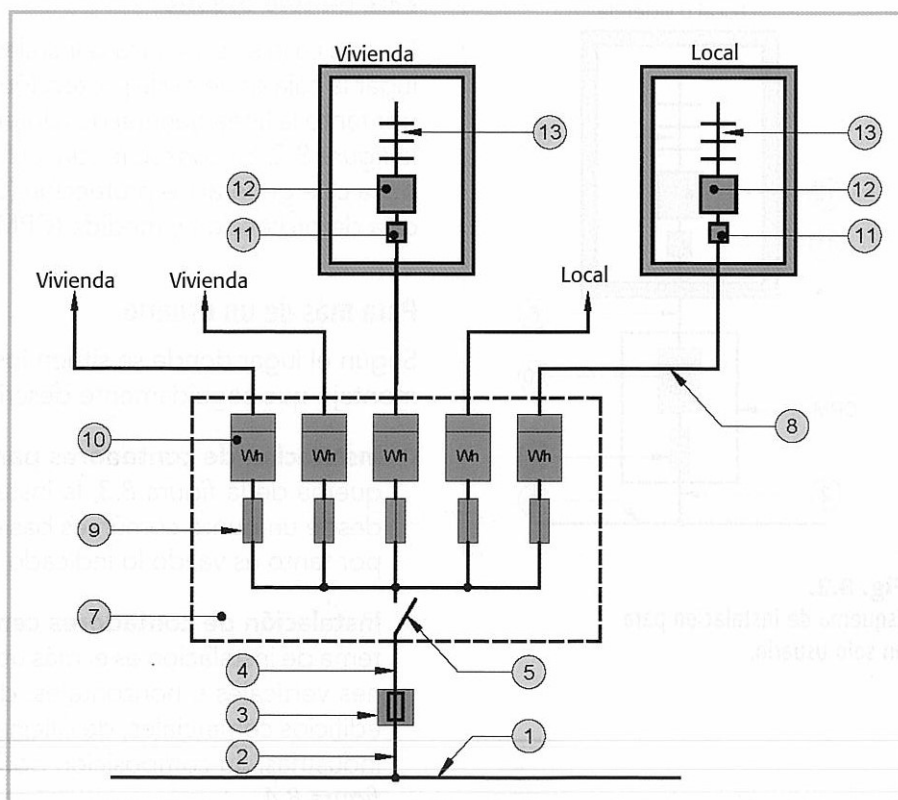


Fig. 8.4.
Esquema de instalación para
contadores centralizados en
un solo punto.

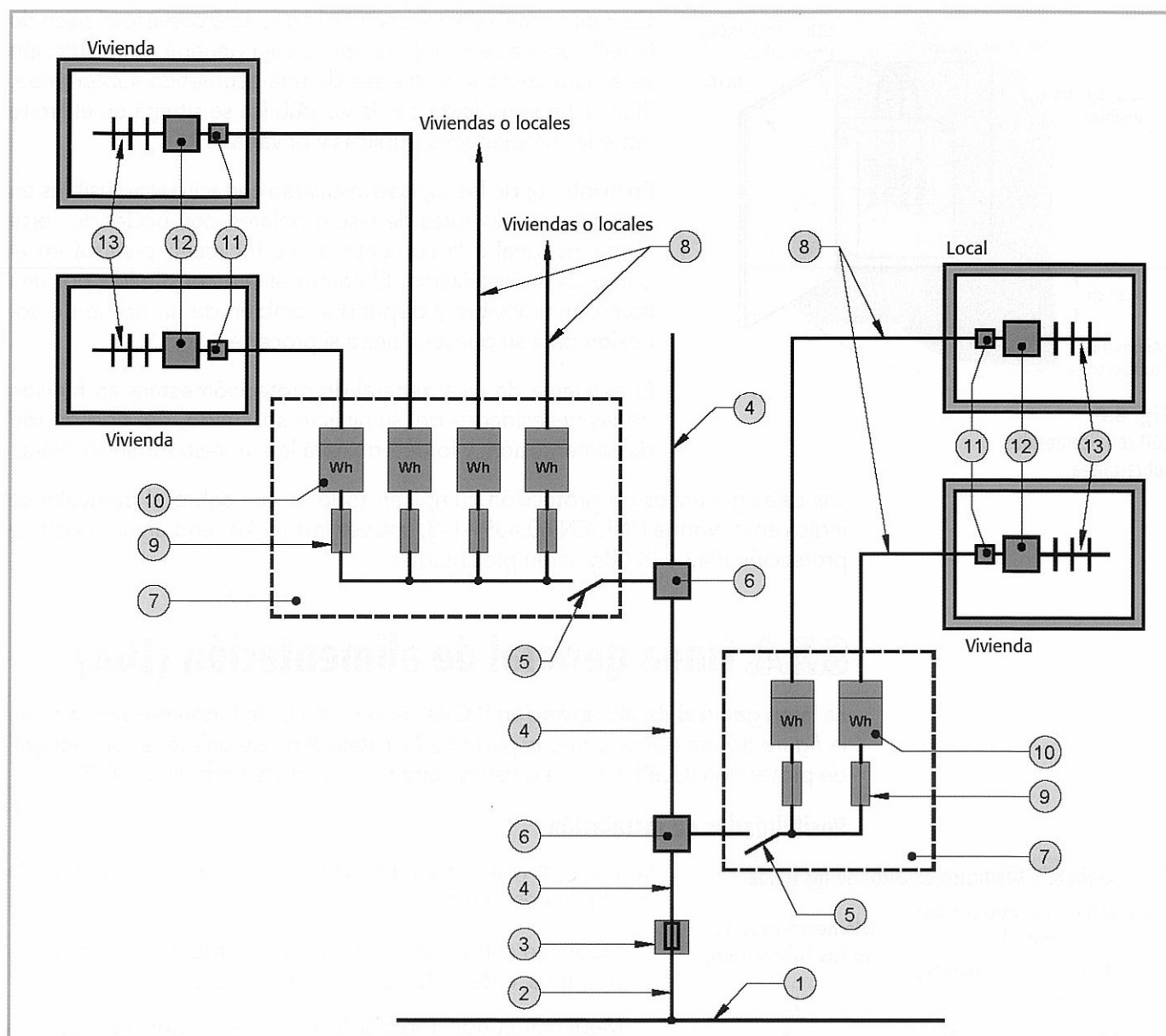


Fig. 8.5.
Esquema de instalación para
varios usuarios con conta-
dores centralizados en varios
lugares.

8.2.3. Caja general de protección (CGP)

Las **cajas generales de protección** (CGP) en las instalaciones de enlace son aquellas que alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación (LGA).

Estas cajas marcan el límite de la propiedad de la instalación, entre la empresa suministradora y los abonados. Se instalarán preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre acceso y su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Las cajas generales de protección se instalarán dependiendo del tipo de acometidas.

- En **acometidas aéreas** el montaje será superficial, a una altura entre 3 y 4 metros sobre el suelo.
- En **acometidas subterráneas** se instalarán siempre en un nicho en pared, cerrada con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN-50.102.

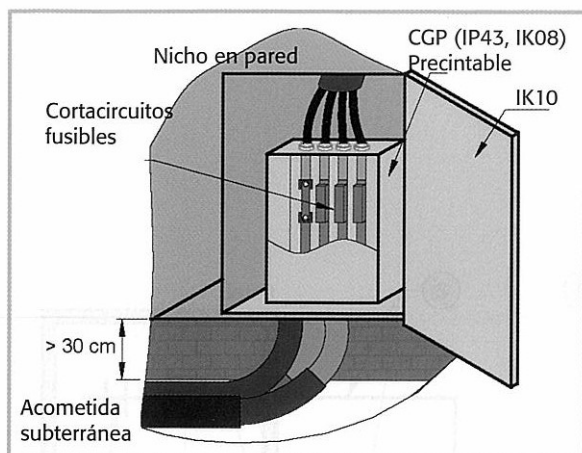


Fig. 8.6.
CGP con acometida
subterránea.

Cuando se trate de una zona en la que esté previsto el paso de la red aérea a red subterránea, la caja general de protección se situará como si se tratase de una acometida subterránea. Si la fachada no linda con la vía pública se situará en el límite entre las propiedades públicas y privadas.

En el interior de las cajas se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación. El neutro estará constituido por una conexión amovible y dispondrá también de un borne de conexión para su puesta a tierra si procede.

El esquema de caja general de protección estará en función de las necesidades del suministro solicitado, del tipo de red de alimentación, y lo determinará la empresa suministradora.

Las cajas generales de protección cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60.439 –1–3, una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 e IK 08 y serán precintables.

8.2.4. Línea general de alimentación (LGA)

La **línea general de alimentación (LGA)**, representada de forma esquemática en la figura 8.7, se define como la parte de la instalación que enlaza la caja general de protección (CGP) con una o varias centralizaciones de contadores (CC).

Posibilidades de instalación

Sección de los conductores (mm ²)		Diámetro exterior de los tubos (mm)
Fase	Neutro	
10 (Cu)	10	75
16 (Cu)	10	75
16 (Al)	16	75
25	16	110
35	16	110
50	25	125
70	35	140
95	50	140
120	70	160
150	70	160
185	95	180
240	120	200

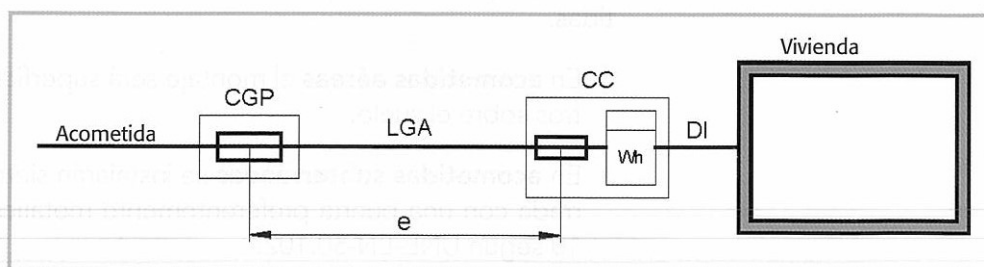
La línea general de alimentación puede instalarse de una de las siguientes formas:

- Mediante conductores aislados en el interior de tubos empotrados, enterrados o en montaje superficial.
- Mediante conductores aislados en el interior de canaletas cuya tapa sólo puede abrirse con la ayuda de una herramienta especial.
- Mediante conductores aislados en el interior de canalizaciones eléctricas prefabricadas.
- Mediante conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra, proyectados y contruidos al efecto.

El diámetro del tubo que se vaya a utilizar será en función de la sección de los cables, como se indica en la tabla 8.1, y para otros tipos de canalizaciones sus dimensiones deberán permitir ampliación de la sección de los conductores en un 100 %.

En todos los casos las canalizaciones incluirán el conductor de protección.

Fig. 8.7.
Línea general de
alimentación.



Instalación de los conductores

El trazado de la línea general de alimentación deberá discurrir por zonas de uso común y ser lo más corto y rectilíneo posible.

Los conductores que se van a utilizar (tres de fases y uno para el neutro), deberán ser unipolares, de cobre o aluminio, aislados para una tensión asignada de 0,6/1 kV, no propagadores de fuego, de reducida opacidad y emisión de humos.

La sección mínima, como muestra la *tabla 8.1*, será de 10 mm² para el cobre y 16 mm² para el aluminio. Además deberán ser uniformes y sin empalmes en todo su recorrido, exceptuando las derivaciones realizadas en cajas especiales para la alimentación de centralizaciones de contadores.

Para calcular la sección de los conductores se tendrá presente la caída de tensión máxima permitida que es:

- Para LGA destinadas a contadores totalmente centralizados: 0,5 %.
- Para LGA destinadas a contadores centralizados parcialmente: 1 %.

La intensidad máxima admisible en un conductor, según la sección, la potencia y el tipo de montaje, se indica en las *tablas A.52-1 bis y A.52-2 bis UNE 20460-5-523* (nov. 2004) para conductores de cobre y de aluminio.

El neutro tendrá una sección de aproximadamente el 50 % de la calculada para los conductores de fase.

8.2.5. Contadores

El **contador eléctrico** es un dispositivo electromecánico o electrotécnico destinado a medir la energía eléctrica consumida por un usuario durante un periodo de tiempo.

Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica se ubicarán en módulos, paneles y armarios, de dimensiones apropiadas según el tipo de suministro y cantidad de equipos. Todos ellos con un grado de protección mínimo de:

- IP40; IK 09 para instalación interior.
- IP43; IK 09 para instalación exterior.

Los fusibles de protección de las derivaciones individuales deberán tener una adecuada capacidad de corte en función de la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en ese punto.

Cada derivación individual debe llevar asociado en su origen su propia protección compuesta por fusibles de seguridad, con independencia de las protecciones correspondientes a la instalación interior de cada suministro.

Estos fusibles se instalarán antes del contador y se colocarán en cada uno de los hilos de fase o polares que van al mismo y estarán precintados por la empresa distribuidora.

La sección mínima del cable será de 6 mm², tendrán una tensión asignada de 450/750 V y no serán propagadores del fuego.

Para el cableado de los circuitos de mando y control, se utilizarán conductores de color rojo de 1,5 mm² de sección y características similares.

Instalación de contadores

Los contadores deberán instalarse sobre bases constituidas por materiales adecuados no inflamables y podrán disponerse en forma *individual* o *concentrados* en un recinto.

Contador individual

Se utilizará cuando el suministro llegue a un único usuario independiente o a dos usuarios alimentados desde un mismo lugar.

Se utilizará una caja de protección y medida (CPM), de los tipos y características ya descritas en los apartados anteriores, que reúne bajo una misma envolvente los fusibles generales de protección, el contador y el dispositivo para discriminación horaria. En este caso, los fusibles de seguridad coinciden con los generales de protección.

El usuario será responsable del quebrantamiento de los precintos que coloquen los organismos oficiales o las empresas suministradoras, así como de la rotura de cualquiera de los elementos que queden bajo su custodia, cuando el contador esté instalado dentro de su local o vivienda. En el caso de que el contador se instale fuera, será responsable el propietario del edificio.

Contadores concentrados

En los edificios destinados principalmente a viviendas, a comercios o a una concentración de industrias, los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica de cada usuario y de los servicios generales podrán concentrarse en uno o varios lugares, para cada uno de los cuales habrá que prever un armario o local adecuado.

Cuando el número de contadores que haya que instalar sea inferior a 16, la concentración podrá ubicarse en un armario destinado única y exclusivamente a este fin. Si los contadores que hay que instalar son más de 16, es obligatoria su ubicación en un local.

En función de la naturaleza y el número de contadores, así como de las plantas del edificio, la concentración de los contadores se situará de la forma siguiente:

- En edificios de hasta 12 plantas se colocarán en la planta baja, entresuelo o primer sótano.
- En edificios de más de 12 plantas se podrán concentrar por plantas intermedias, cada concentración contendrá como mínimo los contadores de 6 plantas.
- Podrán disponerse concentraciones por plantas cuando el número de contadores en cada una de las concentraciones sea superior a 16.

Centralización de contadores (CC)

Las concentraciones de contadores estarán concebidas para albergar los aparatos de mando, medida, control (ajenos al ICP) y protección de todas y cada una de las derivaciones individuales.

Las concentraciones permitirán la instalación de los elementos necesarios para la aplicación de las tarifas vigentes y facilitarán la incorporación de los avances tecnológicos del momento.

La colocación de la concentración de contadores se realizará de tal forma que desde la parte inferior de la misma al suelo haya como mínimo una altura de 0,25 m y el cuadrante de lectura del aparato de medida situado más alto no supere el 1,80 m.

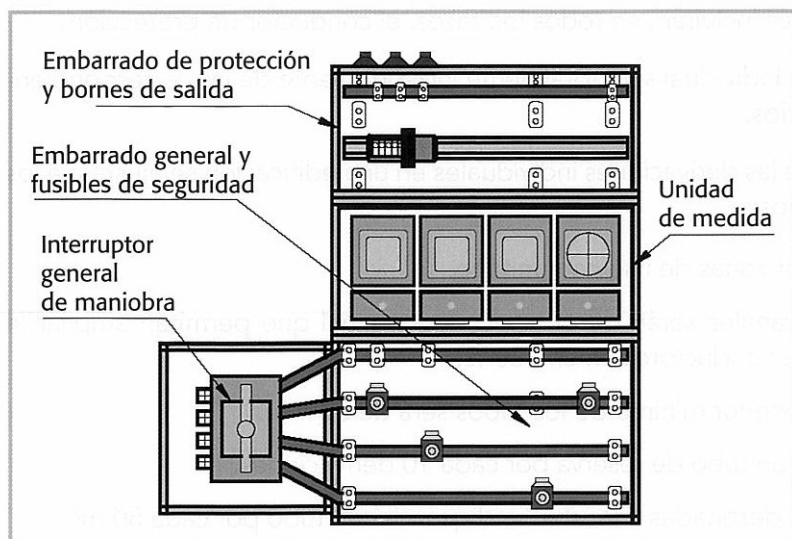


Fig. 8.8.
Centralización de contadores.

Como muestra la figura 8.8, las concentraciones de contadores estarán formadas por los siguientes elementos:

- **Interruptor general de maniobra.** Su misión es dejar fuera de servicio, en caso de necesidad, toda la concentración de contadores. Será obligatorio para concentraciones de más de dos usuarios y se instalará entre la línea general de alimentación (LGA) y el embarrado de los contadores.
- **Embarrado general y fusibles de seguridad.** Consta de cuatro barras, tres de fases y una de neutro, conectadas a la línea general de alimentación (LGA) y los fusibles de seguridad correspondientes a todos los suministros que estén a él conectados.

Las barras se aislarán adecuadamente para evitar accidentes al acceder a los fusibles de seguridad.

- **Unidad de medida.** Contiene los contadores, interruptores horarios y otros dispositivos de mando para la medida de la energía eléctrica.
- **Unidad de mando (opcional).** Contiene los dispositivos de mando para el cambio de tarifa de cada suministro.
- **Embarrado de protección y bornes de salida.** Contiene el embarrado de protección donde se conectarán los cables de protección de cada derivación individual (DI), así como los bornes de salida de las derivaciones individuales.
- **Unidad de telecomunicaciones (opcional).** Contiene el espacio para el equipo de telecomunicaciones y adquisición de datos.

8.2.6. Derivación individual (DI)

La **derivación individual** (DI) es la parte de la instalación que conecta la línea general de alimentación (LGA) de una edificación con los dispositivos de mando y protección instalados en el interior de cada vivienda, local comercial u oficina.

Las derivaciones individuales estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados, enterrados, en montajes superficiales.
- Conductores aislados en el interior de canaletas protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica.

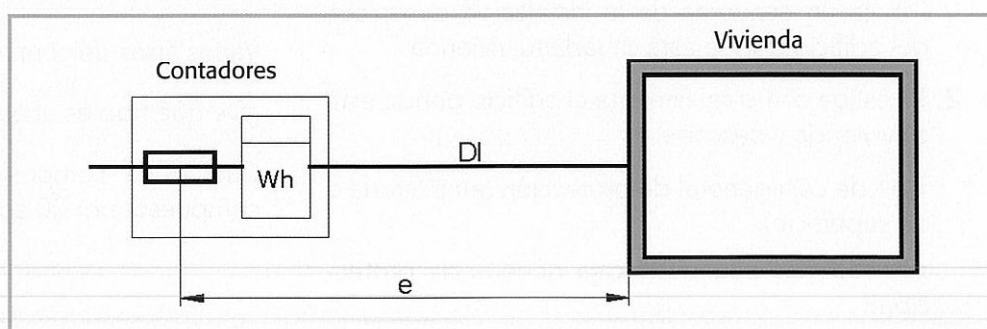


Fig. 8.9.
Derivaciones individuales.

Las canalizaciones incluirán, en todos los casos, el conductor de protección.

Cada derivación individual será totalmente independiente de las correspondientes a otros usuarios.

La instalación de las derivaciones individuales en una edificación se ajustará a los siguientes criterios:

- Discurrirán por zonas de uso comunitario.
- Los tubos y canales serán de una sección nominal que permitan ampliar la sección de los conductores en un 100 %.
- El diámetro exterior mínimo de los tubos será de 32 mm.
- Se dispondrá un tubo de reserva por cada 10 derivaciones.
- En las plantas destinadas a locales se dispondrá un tubo por cada 50 m².
- Cuando discurran verticalmente se dispondrán en el interior de una acanaladura o conducto de obra con paredes resistentes al fuego. Para evitar la propagación de la llama se dispondrán cortafuegos y tapas de registro cada tres plantas.
- Cada 15 metros se podrán colocar cajas de registro con precintos, comunes a todos los tubos, para facilitar la instalación.
- Los cables serán de cobre o aluminio aislados unipolares de sección uniforme, sin empalmes, siendo su tensión asignada 450/750 V. Si se instalan mangueras con varios cables o conductores unipolares aislados bajo tubos enterrados, la tensión asignada será de 0,6/1 kV. Los cables serán no propagadores de fuego, de reducida opacidad y emisión de humos.
- La sección mínima será de 6 mm², para las fases, neutro y protección. Para el circuito de mando se utilizará hilo de 1,5 mm² de color rojo.

Para calcular la sección de los conductores, se tendrán presentes las caídas de tensión máximas admisibles siguientes:

- Para contadores concentrados en varias plantas del edificio: 0,5 %.
- Para contadores totalmente concentrados: 1 %.
- Para un único usuario donde no exista línea general de alimentación: 1,5 %.

Las intensidades máximas admisibles para cada conductor, según su sección, vienen fijadas por las Tablas A.52-1 bis y A.52-2 bis UNE 20.460-5-523 (nov. 2004).

Actividades

1. Observa la instalación que alimenta tu vivienda e indica:
 - Tipo de instalación de enlace.
 - Dónde están situados los contadores.
 - Dibuja un esquema de la instalación de enlace del edificio donde está situada tu vivienda.
2. Investiga cómo se alimenta el edificio donde está tu vivienda y describe:
 - Tipo de caja general de protección (empotrada o de superficie).
 - ¿Dónde está situada la caja general de protección?
3. Busca en algún catálogo de fabricantes de material eléctrico cuatro tipos diferentes de cajas generales de protección.
4. Busca contadores de energía en catálogos de fabricantes y describe:
 - Varios tipos de contadores.
 - ¿De qué tipo es el que tienes en tu casa?
 - Cuál es la composición de una centralización compuesta por 20 contadores.

8.3. Cálculo de la potencia eléctrica total de un edificio

La carga total de un edificio (P_T), destinado principalmente a viviendas, resulta de la suma de las potencias correspondientes al conjunto de las viviendas (P_V), de los servicios generales (P_{SG}), de los locales comerciales y oficinas (P_L) y de los garajes (P_G) que formen parte del mismo. Es decir:

$$P_T = P_V + P_{SG} + P_L + P_G$$

A continuación veremos cómo se calcula la carga correspondiente a cada uno de los diferentes conceptos indicados.

8.3.1. Carga de las viviendas

Grado de electrificación de las viviendas

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión fija una carga máxima por vivienda en función del grado de utilización que se desee alcanzar. Se establecen dos grados de electrificación:

- **Electrificación básica.** Es la necesaria para cubrir las posibles necesidades de utilización primarias sin necesidad de recurrir a posteriores obras de adecuación.
- **Electrificación elevada.** Es la correspondiente a viviendas con una previsión de cargas, superior a la electrificación básica.

En construcciones nuevas, el promotor o propietario del edificio fijará, de acuerdo con la empresa suministradora, la potencia que hay que prever, que no será inferior a 5.750 W a 230 V para la electrificación básica, y de 9.200 W para la electrificación elevada. No obstante, existen varios escalones de potencia para las distintas electrificaciones, como muestra la *tabla 8.2*.

En todos los casos, la potencia prevista se corresponderá con la capacidad máxima de la instalación, definida ésta por la intensidad asignada del interruptor general de potencia (IGA).

Tabla 8.2. Escalones de potencia en suministros monofásicos

Electrificación	Potencia (W)	IGA (A)
Básica	5.750	25
	7.360	32
Elevada	9.200	40
	11.500	50
	14.490	63

Las empresas distribuidoras estarán obligadas a efectuar el suministro de forma que permita el funcionamiento de cualquier receptor monofásico de potencia menor o igual a 5.750 W a 230 V, hasta un suministro de potencia máxima de 14.490 W a 230 V, con los escalones indicados en la *tabla 8.2*.

Una información más precisa sobre las características y exigencias de cada tipo de instalación la veremos en la unidad didáctica siguiente; aunque sí que es importante para la realización de cálculos conocer la potencia máxima prevista para cada tipo de instalación.

Cálculo de la carga de las viviendas

La carga de las viviendas se obtendrá multiplicando la media aritmética de las potencias máximas previstas en cada vivienda por el *coeficiente de simultaneidad K* indicado en la *tabla 8.3*, según el número de viviendas *n*.

Si calculásemos la potencia máxima prevista para cada circuito de la vivienda obtendríamos la potencia máxima prevista. Sin embargo, como pensamos que no todos los circuitos consumirán simultáneamente su demanda máxima, podemos rebajar esta potencia máxima aplicando un coeficiente que denominaremos *factor de simultaneidad K*.

Para edificios cuya instalación esté prevista para la aplicación de la tarifa nocturna, la simultaneidad será 1 (coeficiente de simultaneidad $K = \text{número de viviendas } n$).

Tabla 8.3. Potencias de cálculo para las viviendas

Número de viviendas <i>n</i>	Previsión de cargas según el número de viviendas y el nivel de electrificación		
	Coeficiente (K)	Básica	Elevada
1	1		
2	2		
3	3		
4	3,8		
5	4,6		
6	5,4		
7	6,2		
8	7		
9	7,8		
10	8,5		
11	9,2	$P_v = K \cdot 5.750 \text{ (W)}$	$P_v = K \cdot 9.200 \text{ (W)}$
12	9,9		
13	10,6		
14	11,3		
15	11,9		
16	12,5		
17	13,1		
18	13,7		
19	14,3		
20	14,8		
21	15,3		
	Para más de 21 viviendas, el coeficiente K se calculará según la fórmula: $K = 15,3 + (n - 21) \cdot 0,5$	$P_v = K \cdot 5.750 \text{ (W)}$	$P_v = K \cdot 9.200 \text{ (W)}$

Ejemplo 1

Un edificio está formado por 16 viviendas con grado de electrificación básica y 6 viviendas con grado de electrificación elevada. Calcular la potencia de cálculo del conjunto de viviendas de este edificio.

Solución:

Según la *tabla 8.3* la potencia de cálculo para este edificio vale:

$$n = n_{\text{básica}} + n_{\text{elevada}} = 16 + 6 = 22 \text{ viviendas}$$

$$K = 15,3 + (n - 21) \cdot 0,5 = 15,3 + (22 - 21) \cdot 0,5 = 15,8$$

$$P_T = \frac{n_{\text{básica}} \cdot 5.750 \text{ W} + n_{\text{elevada}} \cdot 9.200 \text{ W}}{n_{\text{básica}} + n_{\text{elevada}}} \cdot K = \frac{16 \cdot 5.750 \text{ W} + 6 \cdot 9.200 \text{ W}}{16 + 6} \cdot 15,8 = 105.716 \text{ W}$$

8.3.2. Carga por servicios generales

Se consideran **servicios generales** aquellos que son comunes a todas las viviendas de un edificio, tales como: ascensores, montacargas, alumbrado de escalera y portal, aire acondicionado, calefacción, grupos de presión y otros servicios eléctricos.

A cada servicio se le asigna una potencia de cálculo (ver *Tablas 8.4. y 8.5*), la suma de todas dará la potencia necesaria para los servicios generales.

Al valor de potencia calculado no se le aplicará ningún coeficiente de simultaneidad, dado que demandan siempre la máxima potencia.

Tabla 8.4. Potencias de cálculo para servicios generales

Tipo de circuito		Características y potencia	
Alumbrado de zonas comunes:	Portal, escalera, trastero.	Incandescencia	10 a 20 W/m ²
		Fluorescencia	5 a 10 W/m ²
	Escalera	Incandescencia	5 a 10 W/m ²
		Fluorescencia	2 a 5 W/m ²
Alumbrado de portal: iluminación ornamental		Incandescencia	25 W/m ²
		Fluorescencia	10 W/m ²
		Halógenas	20 W/m ²
Calefacción		Directa	40 W/m ²
		Acumulación	80 W/m ²
Aire acondicionado		Directa	10 W/m ³
Depuradora de piscinas		Orientativa	8 W/m ³

Tabla 8.5. Potencias de cálculo en kW para ascensores

Equipo	Carga (kg)	Nº Personas	Velocidad (m/s)	Potencia (kW)
Ascensor	400	5	0,63	4,5
Ascensor	400	5	1	7,5
Ascensor	630	8	1	11,5
Ascensor	630	8	1,60	18,5
Ascensor	1000	13	1,60	29,5
Ascensor	1000	13	2,50	46

8.3.3. Otras cargas

Como hemos dicho, para el cálculo del total de cargas de un edificio, también hay que computar la potencia para *locales comerciales y oficinas* y también para *garajes*.

- **Locales comerciales y oficinas.** Si no se disponen de datos se tomará como base de cálculo, para ambos, 100 W por m² y planta, con un mínimo de 3.450 W a 230 V por local y coeficiente de simultaneidad 1.
- **Potencia para garajes.** Se calculará con un mínimo de 10 W/m² y planta para garajes de ventilación natural y de 20 W/m² para los de ventilación forzada, con un mínimo de 3.450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

Cuando se necesite un sistema de extracción forzada de humos para el caso de incendios, se estudiará de forma específica la previsión de cargas de los garajes.



Fig. 8.10.
Para calcular la carga total de un edificio, también se deberán computar las cargas previstas para los locales comerciales y los garajes.

Ejemplo 2

La composición de un edificio es la siguiente: 24 viviendas de 90 m² cada una con un grado de electrificación básica, 160 m² de oficinas, 120 m² de locales comerciales, un garaje de dos plantas de 130 m² cada una con ventilación natural y unos servicios generales con una potencia de 10 kW. Calcular la previsión de la carga para este edificio.

Solución:

$$P_V = [15,3 + (n - 21) \cdot 0,5] \cdot 5.750 \text{ W} = [15,3 + (24 - 21) \cdot 0,5] \cdot 5.750 \text{ W} = 96.600 \text{ W}$$

$$P_{SG} = 10 \text{ kW} = 10.000 \text{ W}$$

$$P_{LC} = 100 \text{ (W / m}^2\text{)} \cdot S_{LC} = 100 \text{ (W / m}^2\text{)} \cdot 120 \text{ m}^2 = 12.000 \text{ W}$$

$$P_{OF} = 100 \text{ (W / m}^2\text{)} \cdot S_{OF} = 100 \text{ (W / m}^2\text{)} \cdot 160 \text{ m}^2 = 16.000 \text{ W}$$

$$P_L = P_{LC} + P_{OF} = 12.000 \text{ W} + 16.000 \text{ W} = 28.000 \text{ W}$$

$$P_G = 10 \text{ (W / m}^2\text{)} \cdot S_G = 10 \text{ (W / m}^2\text{)} \cdot 2 \cdot 130 \text{ m}^2 = 2.600 \text{ W} < 3.450 \text{ W mínimo}$$

$$P_T = P_V + P_{SG} + P_L + P_G = 96.600 + 10.000 + 28.000 + 3.450 = 138.050 \text{ W}$$

Actividades



5. Calcular la previsión de potencia de un edificio de 3 plantas y un garaje en la planta sótano.

Denominación	Componentes	Previsión de potencia
Planta 2ª	2 viviendas de una superficie de 170 m ²	Grado electrificación elevada
	2 viviendas de una superficie de 150 m ²	Grado electrificación básica
Planta 1ª	2 viviendas	Grado electrificación básica
	2 viviendas	Grado electrificación elevada
Planta baja	2 locales comerciales de una superficie de 100 m ²	No hay datos
	3 locales comerciales de una superficie de 60 m ²	No hay datos
	1 oficina de una superficie de 80 m ²	No hay datos
Garaje	Con ventilación natural y de una superficie de 600 m ²	
Servicios generales	Portal y zonas comunes de una superficie de 120 m ²	Alumbrado fluorescente (10 W/m ²)
	Escalera de una superficie de 80 m ²	Alumbrado incandescente (15 W/m ²)

6. Calcular la previsión de potencia de un edificio de 4 plantas y un garaje en la planta sótano.

Denominación	Componentes	Previsión de potencia
Planta 3ª	2 viviendas de una superficie de 180 m ²	Grado electrificación elevada
	1 vivienda de una superficie de 140 m ²	Grado electrificación básica
Planta 2ª	1 vivienda de una superficie de 180 m ²	Grado electrificación elevada
	2 viviendas de una superficie de 150 m ²	Grado electrificación básica
Planta 1ª	3 viviendas	Grado electrificación básica
	1 vivienda	Grado electrificación elevada
Planta baja	2 locales comerciales de una superficie de 75 m ²	3.000 W para cada local comercial
	2 locales comerciales de una superficie de 125 m ²	No hay datos
	1 oficina de una superficie de 90 m ²	No hay datos
Garaje	Con ventilación natural y de una superficie de 650 m ²	
Servicios generales	Portal y zonas comunes de una superficie de 150 m ²	Alumbrado fluorescente (8 W/m ²)
	Escalera de una superficie de 90 m ²	Alumbrado incandescente (15 W/m ²)
	Ascensor de 400 kg para 5 personas y velocidad 0,63 m/s	

7. Calcular la previsión de potencia de un edificio de 8 plantas y un garaje en la planta sótano.

Denominación	Componentes	Previsión de potencia
Planta 1ª a 7ª	1 vivienda	Grado electrificación elevada
	3 viviendas	Grado electrificación básica
Planta baja	2 locales comerciales de una superficie de 60 m ²	No hay datos
	2 locales comerciales de una superficie de 80 m ²	No hay datos
	1 oficina de una superficie de 70 m ²	No hay datos
Garaje	Con ventilación forzada y de una superficie de 400 m ²	
Servicios generales	Portal y zonas comunes de una superficie de 100 m ²	Alumbrado fluorescente (10 W/m ²)
	Escalera de una superficie de 160 m ²	Alumbrado incandescente (10 W/m ²)
	Ascensor de 630 kg para 8 personas y velocidad 1 m/s	

8.4. Cálculo de la potencia en edificios comerciales o industriales

En general, la demanda de potencia por parte del dueño o el usuario de las edificaciones determinará la carga que hay que prever y, en consecuencia, a utilizar durante el cálculo de los conductores de las acometidas y de las instalaciones de enlace. En todo caso, no podrá ser inferior a los siguientes valores:

Edificios comerciales o de oficinas

Para edificios comerciales o de oficinas la potencia se calculará a razón de 100 W/m^2 y planta, con un mínimo por local de 3.450 W a 230 V . El coeficiente de simultaneidad que hay que considerar será de 1.



Fig. 8.11.
Para los edificios destinados a locales comerciales u oficinas se requerirán unos mínimos de previsión de potencia.

Edificios destinados a concentración de industrias

En los edificios destinados a concentración de industrias, la potencia se calculará a razón de 125 W/m^2 y planta, con un mínimo por local de 10.350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad de 1.



Fig. 8.12.
Las mayores necesidades de energía se traducirán en unas previsiones de potencia más altas en los edificios destinados a concentración de industrias.

Ejemplo 3

Calcular la previsión de potencia de un edificio de 2 plantas destinado a usos industriales.

Denominación	Componentes	Previsión de potencia
Planta 1ª	Local nº 4 de una superficie de 160 m ²	No hay datos
	Local nº 3 de una superficie de 80 m ²	No hay datos
Planta baja	Local nº 2 de una superficie de 120 m ²	No hay datos
	Local nº 1 de una superficie de 120 m ²	18.000 W

Solución:

$$P_{L1} = 125 \text{ (W/m}^2\text{)} \cdot S_{L1} = 125 \text{ (W/m}^2\text{)} \cdot 120 \text{ m}^2 = 15.000 \text{ W} < 18.000 \text{ W}$$

$$P_{L2} = 125 \text{ (W/m}^2\text{)} \cdot S_{L2} = 125 \text{ (W/m}^2\text{)} \cdot 120 \text{ m}^2 = 15.000 \text{ W} > 10.350 \text{ W mínimo}$$

$$P_{L3} = 125 \text{ (W/m}^2\text{)} \cdot S_{L3} = 125 \text{ (W/m}^2\text{)} \cdot 80 \text{ m}^2 = 10.000 \text{ W} < 10.350 \text{ W mínimo}$$

$$P_{L4} = 125 \text{ (W/m}^2\text{)} \cdot S_{L4} = 125 \text{ (W/m}^2\text{)} \cdot 160 \text{ m}^2 = 20.000 \text{ W} > 10.350 \text{ W mínimo}$$

$$P_T = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} + P_{L4} = 18.000 + 15.000 + 10.350 + 20.000 = 63.350 \text{ W}$$

Actividades



8. Calcular la previsión de potencia de un edificio de 2 plantas destinado a usos comerciales e industriales.

Denominación	Componentes	Previsión de potencia
Planta 1ª	local industrial de una superficie de 150 m ²	25.000 W
	local industrial de una superficie de 120 m ²	
Planta baja	local comercial de una superficie de 90 m ²	
	local comercial de una superficie de 130 m ²	
	local comercial de una superficie de 25 m ²	3.000 W

8.5. Cálculo de la sección de los conductores

El cálculo de la sección de los conductores de una línea en instalaciones de enlace, instalaciones interiores o receptoras viene determinado principalmente por los tres factores siguientes:

- Caída de tensión máxima admisible fijada por el REBT.
- Intensidad máxima admisible.
- Intensidad de cortocircuito.

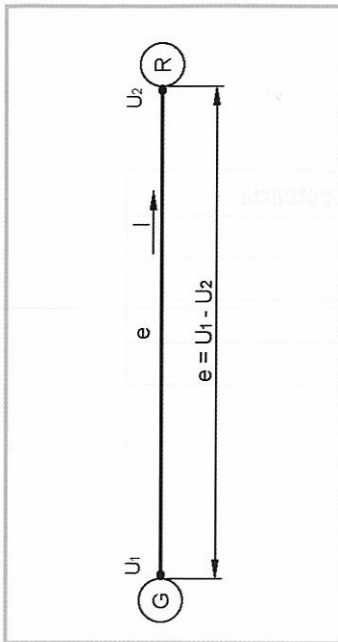


Fig. 8.13.
Caída de tensión en
un conductor.

8.5.1. Caída de tensión máxima admisible

El paso de corriente por los conductores de un circuito ocasiona una pérdida de potencia transportada y una caída de tensión o diferencia entre la tensión en el origen U_1 y el final de la instalación U_2 .

Esta caída de tensión se representa con la letra "e" en la *figura 8.13* y debe ser inferior al límite máximo permitido por el REBT para cada una de las partes de la instalación. A continuación se muestra en la *figura 8.14* un esquema resumen de las caídas de tensión admisibles en instalaciones de enlace e instalaciones interiores o receptoras según la ITC-BT-19 (apartado 2.2.2.).

El valor de la caída de tensión "e" depende del tipo de corriente, de la intensidad que circula y de la resistencia del cable utilizado. Para su cálculo se emplean las expresiones que veremos a continuación.

Corriente continua

Aplicando la ley de Ohm al conductor de la *figura 8.13*, la caída de tensión vale:

$$\Delta U = e = R \cdot I = U_1 - U_2$$

Siendo:

e = Caída de tensión en los conductores en voltios (V).

R = Resistencia de los conductores en ohmios (Ω).

I = Intensidad que recorre el conductor en amperios (A).

Tabla 8.6. Valores de la resistividad y coeficientes de temperatura

Material	ρ a 20 °C	ρ a 40 °C	ρ a 70 °C	ρ a 90 °C	α (°C ⁻¹)
Cobre	0,018	0,0194	0,021	0,023	0,00392
Aluminio	0,029	0,0313	0,033	0,036	0,00403
Almelec	0,032	0,0343	0,038	0,041	0,00360

La resistencia se calculará aplicando la fórmula ya conocida, teniendo presente el valor de la resistividad a la temperatura de trabajo, según la *tabla 8.6*.

$$R = \rho \cdot \frac{2 \cdot L}{S}$$

En la expresión anterior se multiplica por 2 para tener en cuenta la longitud del conductor de ida y de vuelta.

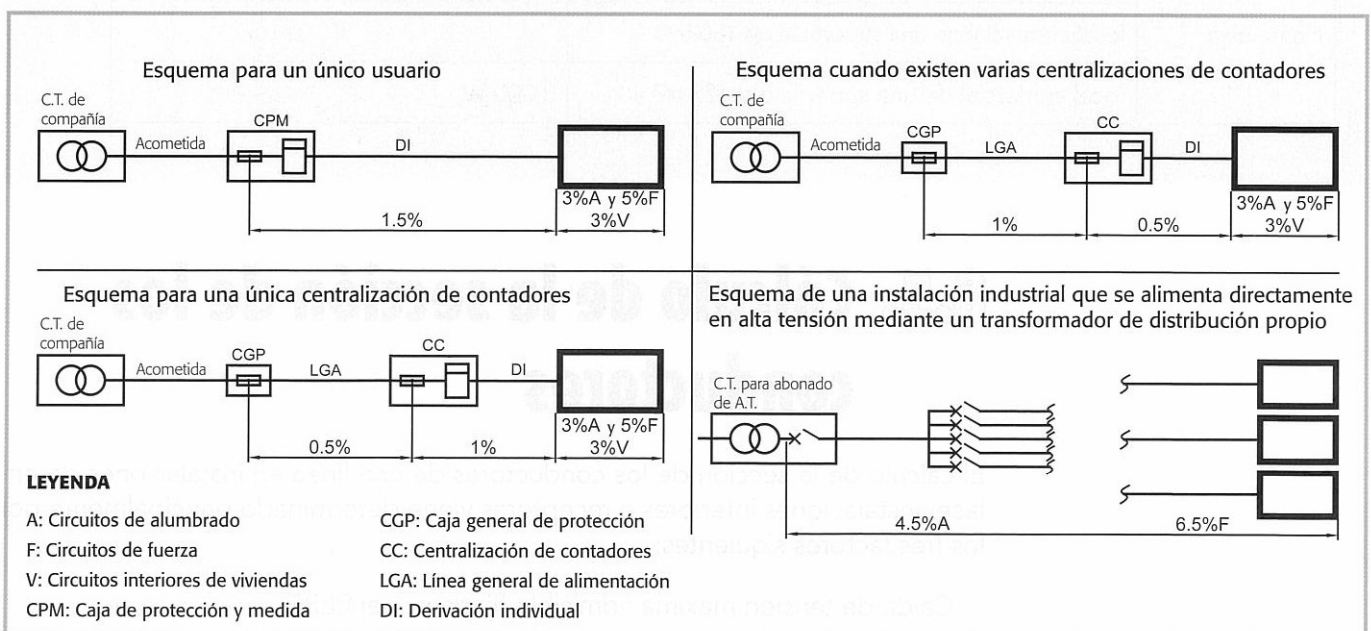


Fig. 8.14.
Caídas de tensión admisibles en instalaciones de enlace e
instalaciones interiores o receptoras según ITC-BT-19.

También se utiliza frecuentemente la expresión anterior, sustituyendo la resistividad (ρ) por la conductividad (γ), que como es sabido son conceptos inversos, teniendo presente el valor de la conductividad a la temperatura de trabajo, según la *tabla 8.7*.

$$R = \frac{2 \cdot L}{\gamma \cdot S}$$

Tabla 8.7. Valores de la conductividad y coeficientes de temperatura

Material	γ a 20 °C	γ a 40 °C	γ a 70 °C	γ a 90 °C	α (°C ⁻¹)
Cobre	56	52	48	44	0,00392
Aluminio	35	32	30	28	0,00403
Almelec	31	29	26	24	0,00360

Recuerda que la resistividad (ρ) y la conductividad (γ) son conceptos inversos, por lo que:

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

Tenlo en cuenta para la resolución del cálculo de caída de tensión, cuando en lugar de la conductividad te den la resistividad.

Sustituyendo el valor de la resistencia en la fórmula de la caída de tensión tendremos:

$$e = R \cdot I = \frac{2 \cdot L}{\gamma \cdot S} \cdot I = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot S}$$

Si deseamos conocer la sección teórica del conductor, despejamos S en la fórmula anterior y tenemos:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot e}$$

Si el valor conocido es la potencia, en lugar de la intensidad, las expresiones para el cálculo de la caída de tensión y de la sección de los conductores es la siguiente:

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

Sustituyendo este valor en la fórmula de la caída de tensión resulta:

$$e = R \cdot I = \frac{2 \cdot L}{\gamma \cdot S} \cdot \frac{P}{U} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot U}$$

Despejando el valor de la sección tenemos:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Siendo:

e = Caída de tensión en voltios (V).

P = Potencia de la carga en vatios (W).

U = Tensión aplicada al circuito en voltios (V).

I = Intensidad en amperios (A).

L = Distancia entre inicio y final de la línea en metros (m).

R = Resistencia del conductor en ohmios (Ω).

S = Sección del conductor en milímetros cuadrados (mm²).

ρ = Coeficiente de resistividad a la temperatura de trabajo en Ω mm²/m.

γ = Conductividad a la temperatura de trabajo en m/ Ω mm².

Ejemplo 4

Una línea de corriente continua de 120 m de longitud alimenta un local cuya potencia es de 50 kW a una tensión al inicio de la línea U_1 de 500 V. Si los conductores son de cobre, la sección de 10 mm² y la resistividad a una temperatura media que no supera los 40 °C ($\rho_{40} = 0,0194 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$). Calcula:

- La caída de tensión e .
- La tensión al final de la línea U_2 .
- La potencia perdida en la instalación P_j .

Solución:

- a) Caída de tensión e :

$$e = \rho_{40} \cdot \frac{2 \cdot L}{S} \cdot \frac{P}{U} = 0,0194 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} \cdot \frac{2 \cdot 120 \text{ m} \cdot 50.000 \text{ W}}{10 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ V}} = 46,56 \text{ V}$$

- b) Tensión al final de la línea U_2 :

$$U_2 = U_1 - e = 500 \text{ V} - 46,56 \text{ V} = 453,44 \text{ V}$$

- c) Potencia perdida en la instalación P_j :

$$R = \rho_{40} \cdot \frac{2 \cdot L}{S} = 0,0194 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} \cdot \frac{2 \cdot 120 \text{ m}}{10 \text{ mm}^2} = 0,4656 \Omega$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{50.000 \text{ W}}{500 \text{ V}} = 100 \text{ A}$$

$$P_j = R \cdot I^2 = 0,4656 \Omega \cdot 100^2 \text{ A}^2 = 4.656 \text{ W}$$

Corriente alterna monofásica

Cuando el factor de potencia o coseno de φ de la carga vale 1 (carga óhmica pura) la caída de tensión y la sección de los conductores se calculan igual que en corriente continua.

Si el factor de potencia ($\cos\varphi$) de la carga es menor que la unidad hay que tener presente que la línea en sí constituye un circuito mixto formado por una resistencia R y una reactancia jX como muestra el esquema de la figura 8.15 cuyo diagrama vectorial se representa en la figura 8.16.

Debido al pequeño valor del ángulo α , se puede considerar que el vector U_1 es igual que su proyección horizontal, siendo por tanto el valor de la caída de tensión:

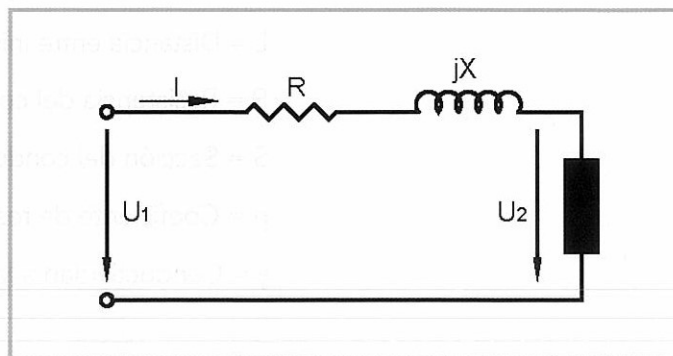


Fig. 8.15.
Circuito equivalente de una línea para corriente alterna.

$$\Delta U = e = U_1 - U_2 \cong AB + BC \cong R \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi$$

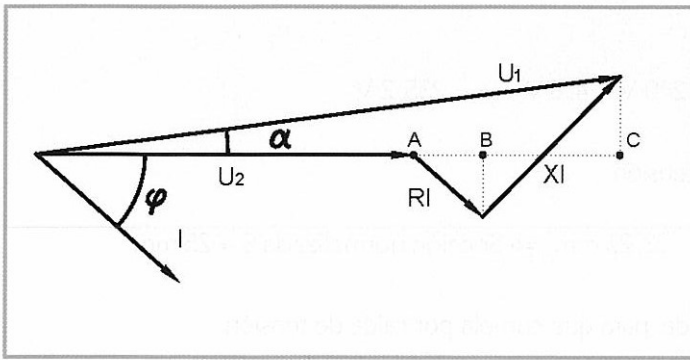


Fig. 8.16.
Diagrama vectorial del
circuito equivalente.

En las instalaciones, el valor de la reactancia inductiva de los conductores (X) varía con la longitud, el diámetro y la separación entre ellos. En ausencia de datos se toma como valor de la reactancia $X = 0,1 \Omega/\text{km}$.

Para distancias cortas y secciones iguales o menores de 120 mm^2 , como es habitual en las instalaciones de enlace e interiores, se desprecia el valor de la reactancia inductiva ($X = 0 \Omega$), así como los efectos *skin* y *proximidad*.

Con las simplificaciones enumeradas y conociendo la intensidad, se obtendrán la caída de tensión y la sección de los conductores en corriente alterna monofásica aplicando las expresiones:

$$e = U_1 - U_2 = R \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Sustituyendo R por su valor tendremos:

$$e = R \cdot I \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S}$$

Y si despejamos la sección del conductor nos queda:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e}$$

La potencia en corriente alterna monofásica se calcula mediante la expresión:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Si despejamos la intensidad tenemos:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

Si el valor conocido es la potencia, la caída de tensión vale:

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot U}$$

Despejando la sección nos queda:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Ejemplo 5

Una línea monofásica de corriente alterna alimenta a un local que tiene instalada una potencia de 18 kW con un $\cos \varphi = 0,85$. Si la tensión al inicio de la línea es $U_1 = 240 \text{ V}$, su longitud $L = 35 \text{ m}$, la conductividad del cobre para una temperatura de trabajo de 70°C ($\gamma_{70} = 48 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2$) y la caída de tensión máxima admitida es del 2% , calcula:

- Tensión U_2 al final de la línea.
- Sección S del conductor para que cumpla por caída de tensión.
- Caída de tensión real e_r .
- Intensidad I que recorre la línea.
- Potencia perdida P_p en la línea.

Solución:

a) Tensión U_2 al final de la línea:

$$U_2 = U_1 - e = U_1 - 2\% \cdot U_1 = 240 \text{ V} - \frac{2 \cdot 240 \text{ V}}{100} = 240 \text{ V} - 4,8 \text{ V} = 235,2 \text{ V}$$

b) Sección S del conductor para que cumpla por caída de tensión:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma_{70} \cdot e \cdot U} = \frac{2 \cdot 35 \text{ m} \cdot 18.000 \text{ W}}{48 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 4,8 \text{ V} \cdot 235,2 \text{ V}} = 23,25 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{Sección normalizada } S = 25 \text{ mm}^2$$

Se elige la sección normalizada igual o superior a la calculada, para que cumpla por caída de tensión.

c) Caída de tensión real e_r :

$$e_r = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma_{70} \cdot S \cdot U} = \frac{2 \cdot 35 \text{ m} \cdot 18.000 \text{ W}}{48 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 25 \text{ mm}^2 \cdot 235,2 \text{ V}} = 4,46 \text{ V} < 4,8 \text{ V} = e_{\text{máx}}$$

d) Intensidad I que recorre la línea:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{18.000 \text{ W}}{235,2 \text{ V} \cdot 0,85} = 90 \text{ A}$$

e) Potencia perdida P_p en la línea:

$$P_p = P_1 - P_2 = U_1 \cdot I \cdot \cos \varphi - U_2 \cdot I \cdot \cos \varphi = (U_1 - U_2) \cdot I \cdot \cos \varphi = e \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Sustituyendo e por su valor en función de la potencia, tenemos:

$$P_p = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma_{70} \cdot S \cdot U} \cdot I \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot L \cdot I^2 \cdot \cos^2 \varphi}{\gamma_{70} \cdot S} = \frac{2 \cdot 35 \text{ m} \cdot 90^2 \text{ A}^2 \cdot 0,85^2}{48 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 25 \text{ mm}^2} = 341,4 \text{ W}$$

Corriente alterna trifásica

Recuerda que la potencia en corriente alterna trifásica se calcula mediante la expresión:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Si despejamos la intensidad tenemos:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Por tanto, la caída de tensión en un sistema de corriente alterna trifásica valdrá:

$$e = U_1 - U_2 = \sqrt{3} \cdot R \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Sustituyendo R por su valor, tendremos:

$$e = \sqrt{3} \cdot R \cdot I \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S}$$

Y si despejamos la sección del conductor, nos queda:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e}$$

Si el valor conocido es la potencia, la caída de tensión vale:

$$e = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot U}$$

Y despejando la sección nos queda:

$$S = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Ejemplo 6

Una línea trifásica alimenta a una nave industrial, que tiene previsto instalar una carga de 32 kW a 400 V con un $\cos \varphi = 0,8$. Si la distancia entre el transformador y la nave es de 150 m, la conductividad de los conductores de cobre es $\gamma_{70} = 48 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2$ para una temperatura de trabajo de 70°C y la caída de tensión máxima admitida es del 4 %, calcula: a) Tensión en bornes del transformador U_1 . b) Intensidad I que recorre la línea. c) Sección S del conductor para que cumpla por caída de tensión. d) Caída de tensión real e_r .

Solución:

a) Tensión en bornes del transformador U_1 :

$$U_1 = \frac{100 \% \cdot U_2}{96 \%} = \frac{100 \cdot 400 \text{ V}}{96} = \frac{40000 \text{ V}}{96} = 416,7 \text{ V}$$

b) Intensidad I que recorre la línea:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{32.000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,8} = 57,74 \text{ A}$$

c) Sección S del conductor para que cumpla por caída de tensión:

$$e = U_1 - U_2 = 416,7 \text{ V} - 400 \text{ V} = 16,7 \text{ V}$$

$$S = \frac{L \cdot P}{\gamma_{70} \cdot e \cdot U} = \frac{150 \text{ m} \cdot 32.000 \text{ W}}{48 \text{ m} / \Omega \text{ mm}^2 \cdot 16,7 \text{ V} \cdot 400 \text{ V}} = 14,97 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{Sección normalizada } S = 16 \text{ mm}^2$$

Se elige la sección normalizada igual o superior a la calculada, para que cumpla por caída de tensión.

d) Caída de tensión real e_r :

$$e_r = \frac{L \cdot P}{\gamma_{70} \cdot S \cdot U} = \frac{150 \text{ m} \cdot 32.000 \text{ W}}{48 \text{ m} / \Omega \text{ mm}^2 \cdot 16 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ V}} = 15,63 \text{ V} < 16,7 \text{ V} = e_{\text{máx}}$$

8.5.2. Intensidad máxima admisible

Podemos definir la **intensidad máxima admisible** como aquella que, circulando por un conductor de forma permanente, no produce un calentamiento que supere la temperatura máxima asignada a los materiales aislantes del cable.

En España, para las instalaciones al aire, los valores de intensidad máxima admisible para una temperatura ambiente en el aire de 40 °C, se extraen de la tabla A.52-1 bis de la norma UNE 20.460-5-523 (nov. 2004). Para las instalaciones enterradas, los valores de intensidad máxima admisible para una temperatura ambiente en el terreno de 25 °C, se extraen de la tabla A.52-2 bis.

Los valores de temperatura máximos admisibles son: 70 °C para cables con aislamiento tipo termoplásticos (PVC o similar) y 90 °C para los tipo termoestables (XLPE o similar).

Los valores de intensidad máxima admisible se indican en las tablas A.52-1 bis y A.52-2 bis de la norma UNE 20.460-5-523 (nov. 2004). A continuación se muestran en las tablas 8.8, 8.9 y 8.10.

Tabla 8.8. Métodos de instalación de referencia

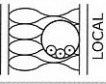

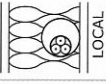





Método de referencia	Instalación de referencia		Método de referencia	Instalación de referencia	
A1		Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	C		Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería
A2		Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	D		Cable multiconductor en conductos enterrados
B1		Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	E		Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable
B2		Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	F		Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable

Tabla 8.9. Intensidades admisibles en amperios (A). Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A1												
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
COBRE Sección (mm²)												
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70				149	160	171	185	199	214	224	244	269
95				180	194	207	224	241	259	271	296	327
120				208	225	240	260	280	301	314	348	380
150				236	260	278	299	322	343	363	404	438
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590
ALUMINIO Sección (mm²)												
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
35		61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
50		73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
70				116	122	136	139	151	162	170	187	206
95				140	148	167	169	183	197	207	230	251
120				162	171	193	196,5	213	228	239	269	293
150				187	197	223	227	246	264	277	312	338
185				212	225	236	259	281	301	316	359	388
240				248	265	300	306	332	355	372	429	461

Tabla 8.10. Intensidades admisibles en amperios (A). Temperatura ambiente 25 °C en el terreno

Método de instalación	Sección (mm²) COBRE	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento				Método de instalación	Sección (mm²) ALUMINIO	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento			
		PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3			PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3
D	1,5	20,5	17	24,5	21	D					
	2,5	27,5	22,5	32,5	27,5		2,5	20,5	17	24,5	21
	4	36	29	42	35		4	27,5	22,5	32,5	27,5
	6	44	37	53	44		6	34	28	40	34
	10	59	49	70	58		10	45	38	53	45
	16	76	63	91	75		16	58	49	70	58
	25	98	81	116	96		25	76	62	89	74
	35	118	97	140	117		35	91	76	107	90
	50	140	115	166	138		50	107	89	126	107
	70	173	143	204	170		70	133	111	156	132
	95	205	170	241	202		95	157	131	185	157
	120	233	192	275	230		120	179	149	211	178
	150	264	218	311	260		150	202	169	239	201
	185	296	245	348	291		185	228	190	267	226
	240	342	282	402	336		240	263	218	309	261
	300	387	319	455	380		300	297	247	349	295

Cuando las condiciones de referencia son diferentes a las indicadas, como por ejemplo, la temperatura ambiente en el aire es distinta de 40 °C, se deben introducir factores de corrección en las intensidades que aparecen en la tabla 8.9 y si la temperatura ambiente en el terreno es distinta de 25°C, los factores de corrección son los que aparecen en la tabla 8.10.

Factores de corrección por temperatura

Tabla 8.11. Factores de corrección para temperatura ambiente diferente de 40 °C a aplicar los valores de intensidad admisible para conductores al aire (Tabla 8.9)

Aislamiento	Temperatura ambiente (°C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tipo PVC	1,40	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57
Tipo XLPE o EPR	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90	0,83	0,78

Tabla 8.12. Factores de corrección para temperatura ambiente en el terreno diferente de 25 °C a aplicar a los valores de intensidad admisible para conductores enterrados (Tabla 8.10)

Aislamiento	Temperatura del terreno (°C)														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Tipo PVC	1,16	1,11	1,06	1,00	0,94	0,88	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47	-	-	-	-
Tipo XLPE o EPR	1,11	1,08	1,05	1,00	0,97	0,93	0,86	0,83	0,79	0,74	0,68	0,62	0,55	0,48	0,39

Factores de corrección por resistividad del terreno

Tabla 8.13. Factores de corrección en terrenos de resistividad diferente de 2,5 K·m/W a aplicar a los valores de intensidad admisible para conductores enterrados (Tabla 8.10)

Resistividad térmica (K·m/W)	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección	1,18	1,1	1,05	1	0,96

Factores de corrección por agrupamiento

Tabla 8.14. Factores de corrección por agrupamiento de varios circuitos o de varios cables multiconductores a aplicar a los valores de intensidad admisible para conductores al aire (Tabla 8.9)

Punto	Disposición de los cables (En contacto)	Método instalación aplicable	Número de circuitos o de cables multiconductores											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	Agrupados en el aire sobre una superficie, embutidos o empotrados	A a F	1	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
2	Capa única sobre pared, suelo o superficie sin perforar	C	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	-	-	-
3	Capa única fijada bajo techo de madera		0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	-	-	-
4	Capa única sobre bandeja perforada horizontal o vertical	E y F	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	-	-	-
5	Capa única sobre escalera, abrazaderas, etc.		1	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	-	-	-

Para otras disposiciones más complejas (capas superpuestas de conductores) y para agrupamientos de cables enterrados se puede consultar la norma UNE 20.460-5-523 (nov. 2004).

Factores de corrección por tipo de receptor o de instalación

- En circuitos con lámparas de descarga: Potencia $\times 1,8$ según ITC-BT-44.
- Circuito para un solo motor: Intensidad a plena carga $\times 1,25$ según ITC-BT-47.
- Circuito para varios motores: Intensidad a plena carga del mayor $\times 1,25$ + resto de intensidades según ITC-BT-47.
- Motores de aparatos de elevación: Intensidad a plena carga $\times 1,3$ para todos los motores ITC-BT-47.

Ejemplo 7

Calcular la sección normalizada S (por caída de tensión y por calentamiento) y la caída de tensión real e , de una línea general de alimentación L.G.A. trifásica, de una longitud $L = 22$ m y una previsión de potencia $P = 100$ kW con un $\cos \varphi = 0,9$. La tensión entre fases U es de 400 V y los contadores se encuentran todos centralizados en un local. La instalación se realizará bajo tubo en montaje empotrado, utilizando conductores de cobre unipolares aislados con XLPE (3F+N), de una tensión asignada de 0,6/1 kV. Temperatura ambiente 40 °C en el aire.

Solución:

- La caída de tensión máxima permitida por el REBT para una L.G.A. con los contadores totalmente centralizados es $e(\%) = 0,5\% \cdot U$.

$$e = \frac{0,5 \cdot U}{100} = \frac{0,5 \cdot 400 \text{ V}}{100} = 2 \text{ V}$$

- El valor de la temperatura máxima de trabajo para un aislamiento de XLPE es de 90°C, el valor de la conductividad del cobre a esta temperatura $\gamma_{90} = 44 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$.
- Cálculo de la sección S para una línea trifásica para que cumpla por caída de tensión:

$$S = \frac{L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot e \cdot U} = \frac{22 \text{ m} \cdot 100.000 \text{ W}}{44 \text{ m} / \Omega\text{mm}^2 \cdot 2 \text{ V} \cdot 400 \text{ V}} = 62,5 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{Sección normalizada } S = 70 \text{ mm}^2$$

Se elige la sección normalizada igual o superior a la calculada, para que cumpla por caída de tensión.

- La intensidad I que circula por cada una de las fases, para una línea trifásica, es igual:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{100.000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,9} = 160,38 \text{ A}$$

- Comprobación de que la sección calculada por caída de tensión, cumple por calentamiento (intensidad admisible):

Para una instalación de conductores aislados unipolares, bajo tubo en montaje empotrado, el método de instalación de referencia elegido es *B1* según la Tabla 8.8.

A continuación, se comprueba en la tabla 8.9 si cumple por calentamiento (intensidad admisible), la sección normalizada calculada por caída de tensión:

- Método instalación: *B1*
- Aislamiento del conductor XLPE y 3 conductores cargados: *XLPE3*
- Sección normalizada calculada por caída de tensión y material conductor: *70 mm² COBRE*
- Factor de corrección de temperatura ambiente en el aire de 40 °C: *1 (lectura directa sobre la tabla)*

Método de instalación		Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1 →				PVC3	PVC2		XLPE3 ↓		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
COBRE													
Sección (mm²)													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24		
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33		
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45		
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57		
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76		
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105		
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70 →				149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95				180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120				208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150				236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590	

Intensidades admisibles en amperios (A). Temperatura ambiente 40 °C en el aire.

Se obtiene de la tabla 8.9 que la intensidad admisible máxima $I_{\text{admisible}}$ en estas condiciones es mayor que la intensidad I calculada:

$$I_{\text{admisible}} > I \\ 185 \text{ A} > 160,38 \text{ A}$$

La sección normalizada para las 3 fases que cumple por caída de tensión y por calentamiento es: $S_{\text{fase}} = 70 \text{ mm}^2$.

La sección normalizada para el neutro: $S_{\text{neutro}} = 0,5 \cdot 70 = 35 \text{ mm}^2$.

- Caída de tensión real e_r .

$$e_r = \frac{L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot S \cdot U} = \frac{22 \text{ m} \cdot 100.000 \text{ W}}{44 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 70 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ V}} = 1,79 \text{ V} < 2 \text{ V} = e_{\text{máx}}$$

Ejemplo 8

Calcular la sección normalizada S (por caída de tensión y por calentamiento) y la caída de tensión real e_r de una derivación individual D.I. monofásica (contadores concentrados en un local) de una longitud $L = 32 \text{ m}$ y una previsión de potencia $P = 5.750 \text{ W}$ (vivienda de grado de electrificación básica) con un $\cos \varphi = 1$. La tensión entre fase y neutro U es de 230 V . La instalación se realizará bajo tubo en montaje superficial, utilizando conductores de cobre multipolares aislados con PVC (F+N), de una tensión asignada de $450/750 \text{ V}$. Temperatura ambiente 40°C en el aire.

Solución:

- La caída de tensión máxima permitida por el REBT para una D.I. con los contadores totalmente centralizados es $e(\%) = 1\% \cdot U$.

$$e = \frac{1 \cdot U}{100} = \frac{1 \cdot 230 \text{ V}}{100} = 2,3 \text{ V}$$

- El valor de la temperatura máxima de trabajo para un aislamiento de PVC es de 70°C , el valor de la conductividad del cobre a esta temperatura $\gamma_{70} = 48 \text{ m}/\Omega \text{mm}^2$.
- Cálculo de la sección S para una línea monofásica para que cumpla por caída de tensión:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma_{70} \cdot e \cdot U} = \frac{2 \cdot 32 \text{ m} \cdot 5.750 \text{ W}}{48 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 2,3 \text{ V} \cdot 230 \text{ V}} = 14,5 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{Sección normalizada } S = 16 \text{ mm}^2$$

Se elige la sección normalizada igual o superior a la calculada, para que cumpla por caída de tensión.

- La intensidad I que circula por la fase y el neutro, es igual:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{5.750 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 1} = 25 \text{ A}$$

- Comprobación de que la sección calculada por caída de tensión, cumple por calentamiento (intensidad admisible):

Para una instalación de conductores aislados multipolares, bajo tubo en montaje superficial, el método de instalación de referencia elegido es $B2$ según la Tabla 8.8.

A continuación, se comprueba en la tabla 8.9 si cumple por calentamiento (intensidad admisible), la sección normalizada calculada por caída de tensión:

- Método instalación: $B2$
- Aislamiento del conductor PVC y 2 conductores cargados: $PVC2$
- Sección normalizada calculada por caída de tensión y material conductor: 16 mm^2 COBRE
- Factor de corrección de temperatura ambiente en el aire de 40°C : 1 (lectura directa sobre la tabla)

Método de instalación		Número de conductores cargados y tipo de aislamiento										
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2 →			PVC3	PVC2 ↓		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
COBRE												
Sección (mm²)												
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	
16 →	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70				149	160	171	185	199	214	224	244	269
95				180	194	207	224	241	259	271	296	327
120				208	225	240	260	280	301	314	348	380
150				236	260	278	299	322	343	363	404	438
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590

Intensidades admisibles en amperios (A). Temperatura ambiente 40 °C en el aire.

Se obtiene de la tabla 8.9 que la intensidad admisible máxima $I_{\text{admisible}}$ en estas condiciones es mayor que la intensidad I calculada:

$$I_{\text{admisible}} > I$$

$$59 \text{ A} > 25 \text{ A}$$

La sección normalizada para la fase y el neutro que cumple por caída de tensión y por calentamiento es: $S = 16 \text{ mm}^2$.

● Caída de tensión real e_r .

$$e_r = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma_{70} \cdot S \cdot U} = \frac{2 \cdot 32 \text{ m} \cdot 5.750 \text{ W}}{48 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 16 \text{ mm}^2 \cdot 230 \text{ V}} = 2,08 \text{ V} < 2,3 \text{ V} = e_{\text{máx}}$$

8.5.3. Intensidad de cortocircuito

Este factor generalmente no se tiene en cuenta en las instalaciones de enlace, instalaciones interiores o receptoras, al estar alejadas del centro de transformación. La impedancia de los conductores limita los valores de la intensidad de cortocircuito; pero sí se debe comprobar que las protecciones por sobreintensidad en dichas instalaciones aseguren que los aislamientos de los conductores no sobrepasen su máxima temperatura de trabajo.

Se considera como **intensidad de cortocircuito** aquella que circula por los conductores de una instalación, cuando se produce un contacto directo entre dos conductores de distinto potencial.

Si la duración del cortocircuito no supera los 5 segundos, la elevación de la temperatura de los conductores no debe superar los valores máximos asignados por el fabricante de los cables, que aproximadamente son 160 °C en cables con aislamientos termoplásticos y de 250 °C para los termoestables.

Dado que generalmente se desconoce el valor de la impedancia de las fuentes que alimentan la línea (transformador, red de distribución y acometida), se admite que en caso de cortocircuito la tensión en el inicio de la instalación de los usuarios se considere como 0,8 veces la tensión de suministro.

Suponiendo despreciable la inductancia de los cables, la intensidad de cortocircuito se calcula con la siguiente fórmula simplificada:

$$\text{Intensidad de cortocircuito: } I_{cc} = \frac{0,8 \cdot U}{R}$$

Donde:

I_{cc} = Intensidad de cortocircuito en el punto considerado.

U = Tensión de alimentación entre fase y neutro (230 V).

R = Resistencia del conductor de fase entre la alimentación y el punto considerado.

El valor total de R a la entrada de una vivienda se obtendrá sumando las resistencias de la línea general de alimentación (LGA) y la derivación individual (DI), considerando una temperatura de los conductores de 20 °C con lo cual la resistividad vale $\rho = 0,018 \, \Omega \, \text{mm}^2/\text{m}$ para el cobre.

Ejemplo 9

Calcula la intensidad de cortocircuito producida en los bornes del interruptor diferencial (ID) de una vivienda, sabiendo que la derivación individual (DI) tiene una sección de 6 mm² y 20 m de longitud y la línea general de alimentación (LGA) es de 50 mm² y 30 m de longitud. El valor de la tensión U es de 230V.

Solución:

Calculamos primero el valor total de la resistencia (R_t):

$$R_{DI} = \rho \cdot \frac{2 \cdot L}{S} = 0,018 \, \Omega \, \text{mm}^2/\text{m} \cdot \frac{2 \cdot 20 \, \text{m}}{6 \, \text{mm}^2} = 0,12 \, \Omega$$

$$R_{LGA} = \rho \cdot \frac{2 \cdot L}{S} = 0,018 \, \Omega \, \text{mm}^2/\text{m} \cdot \frac{2 \cdot 30 \, \text{m}}{50 \, \text{mm}^2} = 0,0216 \, \Omega$$

$$R_t = R_{DI} + R_{LGA} = 0,12 \, \Omega + 0,0216 \, \Omega = 0,1416 \, \Omega$$

Y después la intensidad de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{0,8 \cdot U}{R_t} = \frac{0,8 \cdot 230 \, \text{V}}{0,1416 \, \Omega} = 1299,4 \, \text{A}$$

Actividades

9. Calcular la sección normalizada S (por caída de tensión y por calentamiento) y la caída de tensión real e_r de una línea general de alimentación L.G.A. trifásica, de una longitud $L = 18$ m y una previsión de potencia $P = 120$ kW con un $\cos \varphi = 0,85$. La tensión entre fases U es de 400 V y los contadores se encuentran centralizados por plantas. La instalación se realizará bajo tubo en montaje enterrado, utilizando conductores de cobre unipolares aislados con XLPE (3F+N), de una tensión asignada de 0,6/1 kV. Temperatura ambiente 25 °C en el terreno y la resistividad del terreno 2,5 K · m/W.
10. Calcular la sección normalizada S (por caída de tensión y por calentamiento) y la caída de tensión real e_r de una derivación individual D.I. monofásica (contadores concentrados por plantas) de una longitud $L = 24$ m y una previsión de potencia $P = 9.200$ W (vivienda de grado de electrificación elevada) con un $\cos \varphi = 0,95$. La tensión entre fase y neutro U es de 230 V. La instalación se realizará bajo tubo en montaje superficial, utilizando conductores de cobre multipolares aislados con PVC (F+N), de una tensión asignada de 450/750 V. Temperatura ambiente 40 °C en el aire.
11. Calcular la sección normalizada S (por caída de tensión y por calentamiento) y la caída de tensión real e_r de una línea general de alimentación L.G.A. trifásica, de una longitud $L = 25$ m y una previsión de potencia $P = 80$ kW con un $\cos \varphi = 0,90$. La tensión entre fases U es de 400 V y los contadores se encuentran todos centralizados en un local. La instalación se realizará bajo tubo en montaje empotrado, utilizando conductores de cobre unipolares aislados con XLPE (3F+N), de una tensión asignada de 0,6/1 kV. Temperatura ambiente 40 °C en el aire.
12. Calcular la sección normalizada S (por caída de tensión y por calentamiento) y la caída de tensión real e_r de una derivación individual D.I. monofásica (contadores concentrados en un local) de una longitud $L = 16$ m y una previsión de potencia $P = 5.750$ W (vivienda de grado de electrificación básica) con un $\cos \varphi = 1$. La tensión entre fase y neutro U es de 230 V. La instalación se realizará bajo tubo en montaje superficial, utilizando conductores de cobre unipolares aislados con PVC (F+N), de una tensión asignada de 450/750 V. Temperatura ambiente 40 °C en el aire.

El proyecto

Pliego de condiciones

El **pliego de condiciones** es el documento que establece las condiciones de cómo ha de ejecutarse una instalación, requisitos que deben cumplir los materiales y equipos, responsabilidades de los agentes que intervienen en el proyecto, normativas aplicables, etc. En resumen, se deben tener en cuenta los condicionantes de tipo técnico, económico, formativo, laboral y administrativo que le afecten.

Un índice del pliego de condiciones genérico se podría componer de:

- Definición y alcance.
- Condiciones particulares.
- Condiciones facultativas.
- Condiciones legales.
- Condiciones y normas de carácter general.
- Condiciones técnicas.
- Condiciones económicas.

Veamos a continuación el índice de un pliego de condiciones "tipo" de un proyecto de electrificación de viviendas:

- Características y calidades de los materiales empleados en la instalación.
- Normas de ejecución de las instalaciones eléctricas.
- Pruebas, ensayos y verificaciones reglamentarias.
- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.
- Certificados y documentación.
- Libro de órdenes.

Actividades finales

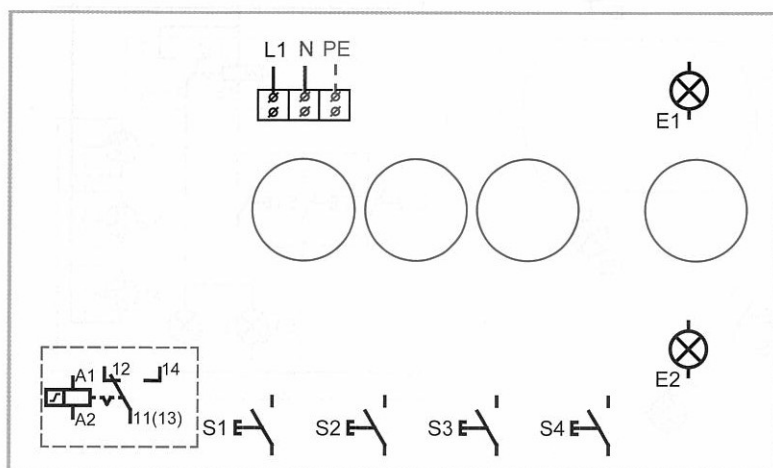
1. La sección de un conductor la determinan los factores:
 - a) La potencia, la tensión y la resistencia.
 - b) La caída de tensión máxima admisible.
 - c) El calentamiento y la resistencia.
 - d) La intensidad de cortocircuito, la intensidad máxima y la caída de tensión máxima admisible.
2. La intensidad de cortocircuito se define como:
 - a) La que se origina cuando se produce un contacto entre conductores de distinto potencial.
 - b) La máxima que puede soportar un cable.
 - c) La que soporta un cable sin dañar el aislante.
 - d) Una que vale aproximadamente 5 veces la nominal.
3. El valor de la intensidad de cortocircuito lo determina:
 - a) La potencia del circuito.
 - b) La sección de los conductores.
 - c) La tensión y la resistencia de la instalación.
 - d) La calidad del aislamiento de los conductores.
4. La caída de tensión máxima admisible en un circuito lo determina:
 - a) El instalador.
 - b) El REBT.
 - c) El propietario del edificio.
 - d) La consejería de industria.
5. Una instalación de enlace se compone de:
 - a) Obra civil, tubos, cables y fijaciones.
 - b) Caja general de protección (CGP), línea general de alimentación (LGA), contadores, y derivaciones individuales (DI), caja para ICP y caja general de mando y protección.
 - c) Líneas de fuerza y alumbrado.
 - d) Líneas trifásicas, monofásicas y de corriente continua.
6. La caja general de protección (CGP) se compone de:
 - a) Un interruptor general y protecciones por sobrecorriente.
 - b) Un interruptor general y un interruptor diferencial.
 - c) Tres cortocircuitos fusibles y una conexión amovible para el neutro.
 - d) Otros elementos no descritos.
7. La línea general de alimentación (LGA) enlaza:
 - a) La caja general de protección (CGP) con los contadores.
 - b) Los contadores con los usuarios.
 - c) La caja general de protección (CGP) con el ICP.
 - d) No son ciertas ninguna de las afirmaciones anteriores.
8. La línea general de alimentación (LGA) es:
 - a) Monofásica con neutro.
 - b) Trifásica con neutro.
 - c) De corriente continua o alterna monofásica.
 - d) De media tensión alterna o continua.
9. La caída de tensión máxima admisible en una línea general de alimentación (LGA) depende de:
 - a) La tensión de la línea.
 - b) La naturaleza de la corriente, continua o alterna.
 - c) Del tipo de corriente siendo alterna, monofásica o trifásica.
 - d) Que los contadores estén centralizados o no.
10. ¿La derivación individual (DI) es normalmente una línea de corriente alterna monofásica?
 - a) No.
 - b) Sí.
 - c) Depende de la estación transformadora.
 - d) Depende del usuario del edificio.
11. La situación de los contadores (concentrados o no) determina el valor porcentual de la caída de tensión máxima admisible en una derivación individual.
 - a) No, depende de la intensidad.
 - b) No, depende del tipo de corriente.
 - c) Sí.
 - d) Lo fijan el instalador y el propietario del edificio.
12. La potencia de cálculo en un edificio destinado principalmente a viviendas se obtiene multiplicando:
 - a) El número de viviendas por su potencia.
 - b) La media aritmética de las potencias máximas previstas en cada vivienda por el coeficiente de simultaneidad K.
 - c) El número de viviendas por su potencia y sumando un margen para ampliaciones.
 - d) Negociando con el constructor.

Prácticas de taller

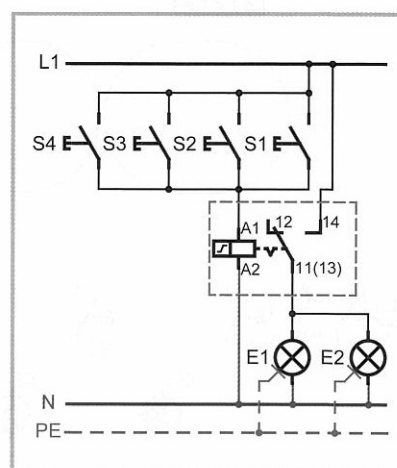
Práctica 35

Montaje de dos lámparas en paralelo con mando por telerruptor y cuatro pulsadores

Esquema de instalación multifilar



Esquema eléctrico funcional



Material necesario para la realización de la práctica

Cantidad	Designación	Observaciones
1	Panel o cuadro de 60 x 50 cm	Los cables serán flexibles e irán en el interior de los tubos corrugados, fijados al panel o al cuadro mediante grapas o similar.
4	Caja de conexiones redonda o cuadrada	
1	Telerruptor	
4	Pulsador unipolar 10 A 250 V	
2	Portalámparas rosca E-27	
2	Lámpara de incandescencia	
-	Regletas de conexión	
-	Tubo corrugado	
-	Cable negro de 1,5 mm ²	
-	Cable azul de 1,5 mm ²	
-	Cable verde-amarillo de 1,5 mm ²	

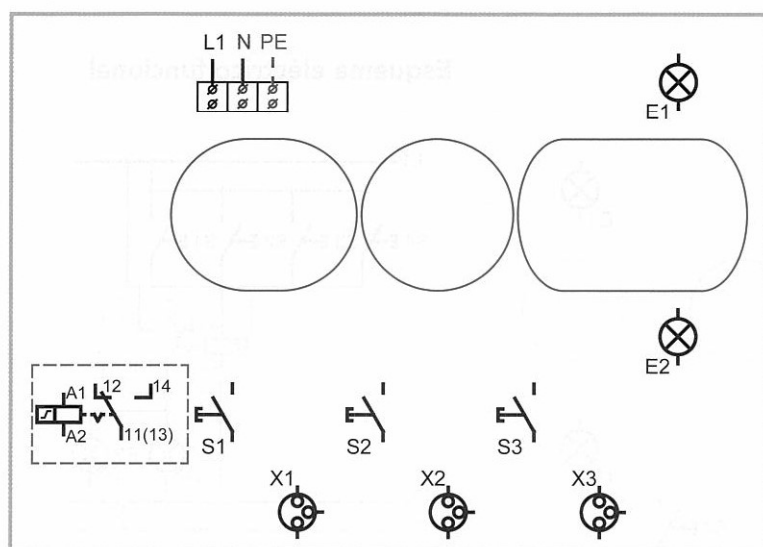
Trabajos a realizar:

- Dibujar el esquema de la instalación multifilar con el material reseñado.
- Sobre un panel o cuadro, realizar el montaje y conectar el circuito del esquema. Antes de aplicar tensión, comprobar con el polímetro que existe continuidad y ausencia de cortocircuitos.
- Probar la instalación accionando de forma aleatoria los pulsadores.
- Explicar el funcionamiento de un telerruptor o relé biestable.

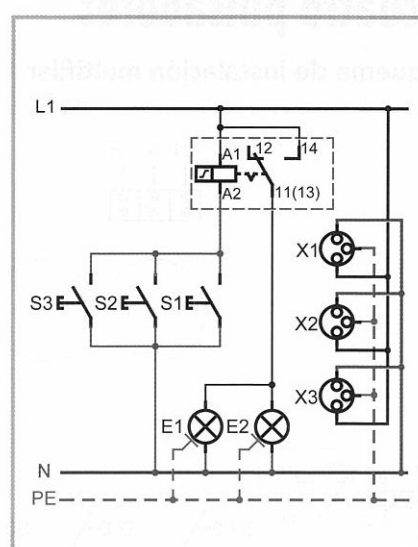
Práctica 36

Montaje de dos lámparas en paralelo con mando por telerruptor y tres pulsadores, más tres tomas de corriente bipolares 2P+TT (Simulación dormitorio)

Esquema de instalación multifilar



Esquema eléctrico funcional



Material necesario para la realización de la práctica

Cantidad	Designación	Observaciones
1	Panel o cuadro de 60 x 50 cm	Los cables serán flexibles e irán en el interior de los tubos corrugados, fijados al panel o al cuadro mediante grapas o similar.
3	Caja de conexiones redonda o cuadrada	
1	Telerruptor	
3	Pulsador unipolar 10 A 250 V	
2	Portalámparas rosca E-27	
2	Lámpara de incandescencia	
3	Base de enchufe bipolar 2P+TT 16A 250V	
-	Regletas de conexión	
-	Tubo corrugado	
-	Cable negro de 1,5 y 2,5 mm ²	
-	Cable azul de 1,5 y 2,5 mm ²	
-	Cable verde-amarillo de 1,5 y 2,5 mm ²	

Trabajos a realizar:

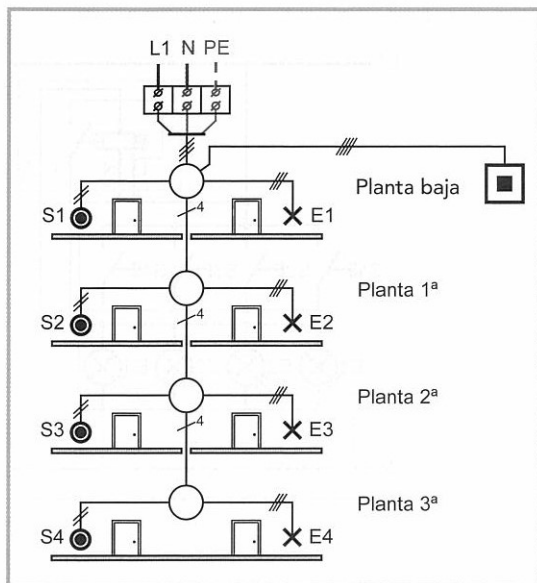
- Dibujar el esquema de la instalación multifilar con el material reseñado.
- Sobre un panel o cuadro, realizar el montaje del circuito de alumbrado y, a continuación, el circuito de las bases de enchufe. Antes de conectar ambos circuitos a la alimentación, comprobar que éstos no están comunicados con ayuda de un polímetro.
- Probar la instalación accionando de forma aleatoria los pulsadores.
- Comprobar que hay tensión en las bases de enchufe con ayuda de un polímetro, con la lámpara apagada o encendida. Razonar la respuesta.

Práctica 37

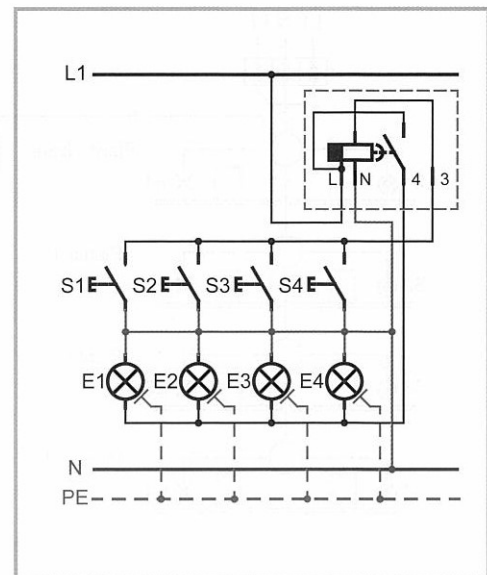


Montaje para iluminar una escalera de cuatro plantas mediante lámparas, con mando por interruptor automático de escalera y pulsadores. Distribución a tres hilos

Esquema de instalación unifilar



Esquema eléctrico funcional



Material necesario para la realización de la práctica

Cantidad	Designación	Observaciones
1	Panel o cuadro de 60 x 50 cm	Los cables serán flexibles e irán en el interior de los tubos corrugados, fijados al panel o al cuadro mediante grapas o similar.
4	Caja de conexiones redonda o cuadrada	
1	Interruptor automático de escalera	
4	Pulsador unipolar 10 A 250 V	
4	Portalámparas rosca E-27	
4	Lámpara de incandescencia	
-	Regletas de conexión	
-	Tubo corrugado	
-	Cable negro de 1,5 mm ²	
-	Cable azul de 1,5 mm ²	
-	Cable verde-amarillo de 1,5 mm ²	

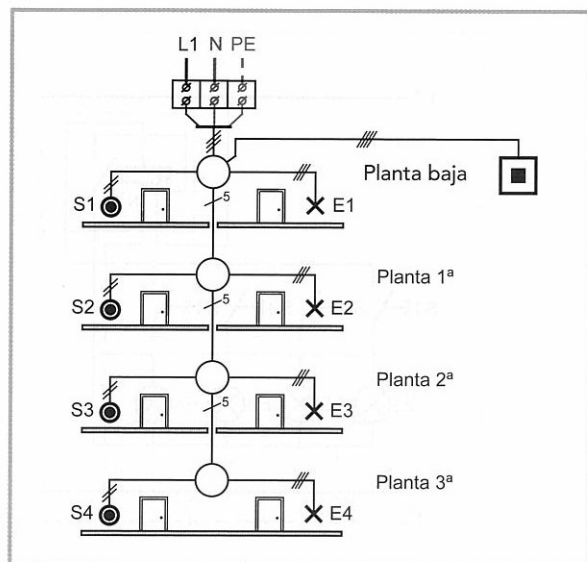
Trabajos a realizar:

- Sobre un panel o cuadro, realizar el montaje y conectar el circuito del esquema unifilar. Antes de aplicar tensión, comprobar con el polímetro que existe continuidad y ausencia de cortocircuitos.
- Probar la instalación accionando de forma aleatoria los pulsadores con el selector del interruptor de escalera en posición "automático". Regular el tiempo de funcionamiento.
- Accionar el selector del interruptor de escalera colocándolo en la posición de "encendido permanente" y "fuera de servicio" para comprobar que funcionan.

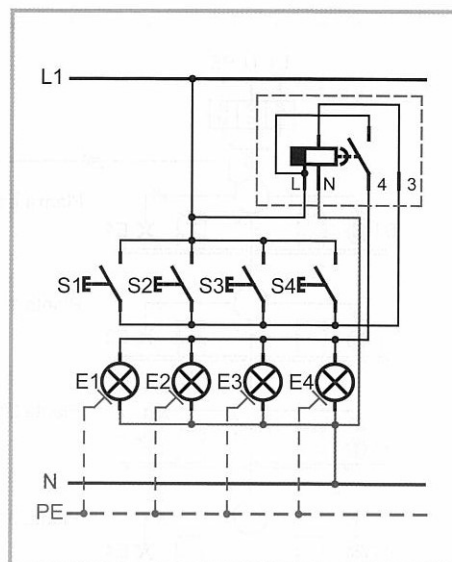
Práctica 38

Montaje para iluminar una escalera de cuatro plantas mediante lámparas, con mando por interruptor automático de escaleras y pulsadores. Distribución a cuatro hilos

Esquema de instalación unifilar



Esquema eléctrico funcional



Material necesario para la realización de la práctica

Cantidad	Designación	Observaciones
1	Panel o cuadro de 60 x 50 cm	Los cables serán flexibles e irán en el interior de los tubos corrugados, fijados al panel o al cuadro mediante grapas o similar.
4	Caja de conexiones redonda o cuadrada	
1	Interruptor automático de escalera	
4	Pulsador unipolar 10 A 250 V	
4	Portalámparas rosca E-27	
4	Lámpara de incandescencia	
-	Regletas de conexión	
-	Tubo corrugado	
-	Cable negro de 1,5 mm ²	
-	Cable azul de 1,5 mm ²	
-	Cable verde-amarillo de 1,5 mm ²	

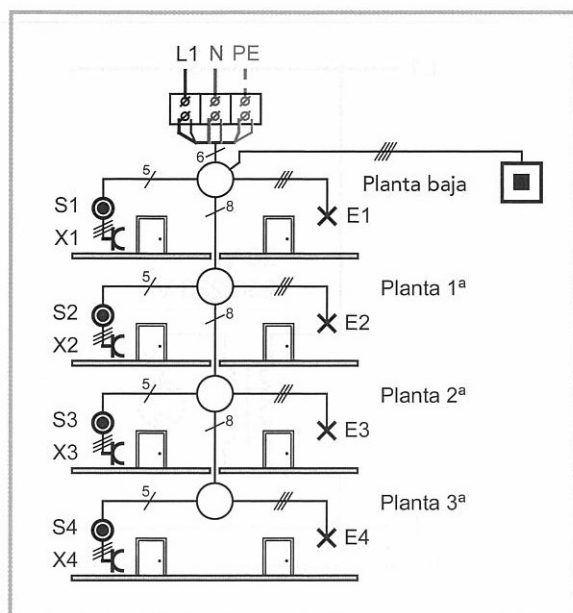
Trabajos a realizar:

- Sobre un panel o cuadro, realizar el montaje y conectar el circuito del esquema unifilar. Antes de aplicar tensión, comprobar con el polímetro que existe continuidad y ausencia de cortocircuitos.
- Probar la instalación accionando de forma aleatoria los pulsadores, con el selector del interruptor de escalera en posición "automático". Regular el tiempo de funcionamiento.
- Accionar el selector del interruptor de escalera colocándolo en la posición de "encendido permanente" y "fuera de servicio" para comprobar que funcionan.

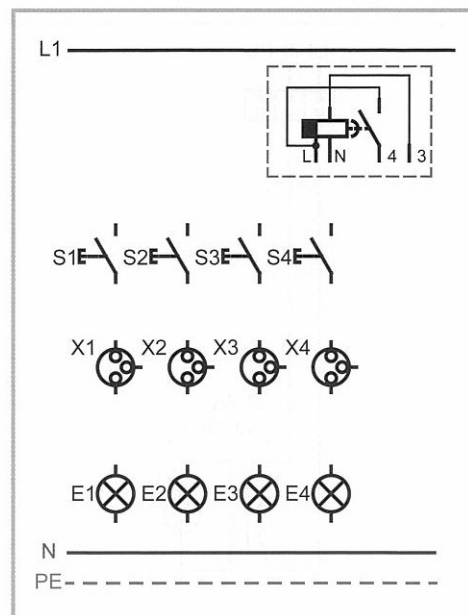
Práctica 39

Ampliar el circuito de la práctica nº 38, incorporando una nueva línea para alimentar cuatro tomas de corriente bipolares 2P+TT

Esquema de instalación unifilar



Esquema eléctrico funcional



Material necesario para la realización de la práctica

Cantidad	Designación	Observaciones
1	Panel o cuadro de 60 x 50 cm	Los cables serán flexibles e irán en el interior de los tubos corrugados, fijados al panel o al cuadro mediante grapas o similar.
4	Caja de conexiones redonda o cuadrada	
1	Interruptor automático de escalera	
4	Pulsador unipolar 10 A 250 V	
4	Portalámparas rosca E-27	
4	Lámpara de incandescencia	
4	Base de enchufe bipolar 2P+TT 16A 250V	
-	Regletas de conexión	
-	Tubo corrugado	
-	Cable negro de 1,5 y 2,5 mm ²	
-	Cable azul de 1,5 y 2,5 mm ²	
-	Cable verde-amarillo de 1,5 y 2,5 mm ²	

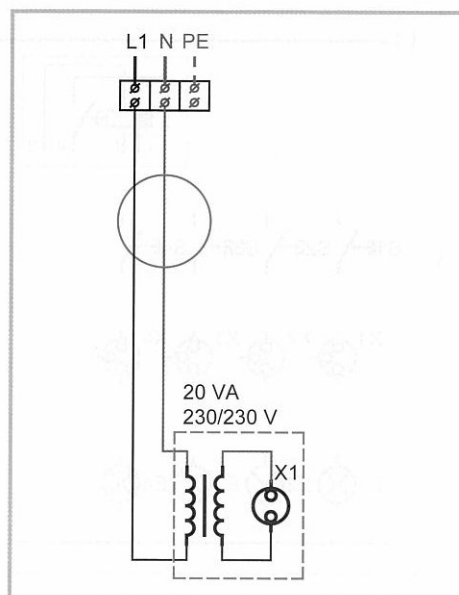
Trabajos a realizar:

- Sobre un panel o cuadro, realizar el montaje del circuito de alumbrado y, a continuación, el circuito de las bases de enchufe. Antes de conectar ambos circuitos a la alimentación, comprobar que éstos no están comunicados con ayuda de un polímetro.
- Probar la instalación accionando de forma aleatoria los pulsadores.
- Dibujar el esquema funcional de la instalación.
- Comprobar que hay tensión en las bases de enchufe con ayuda de un polímetro, con la lámpara apagada o encendida. Razonar la respuesta.

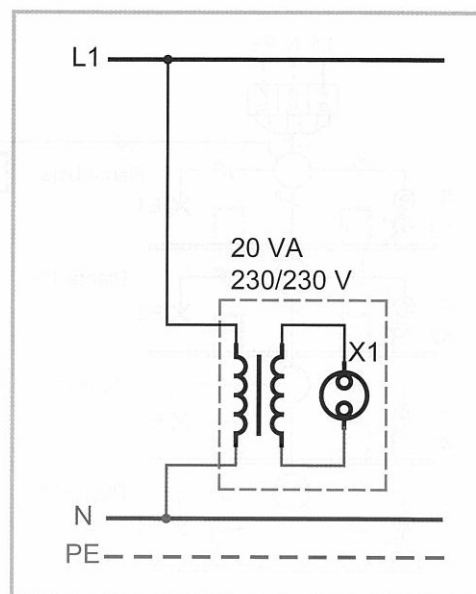
Práctica 40

Montaje de una toma de corriente de seguridad (bloque de alimentación para afeitadoras)

Esquema de instalación multifilar



Esquema eléctrico funcional



Material necesario para la realización de la práctica

Cantidad	Designación	Observaciones
1	Panel o cuadro de 60 x 50 cm	Los cables serán flexibles e irán en el interior de los tubos corrugados, fijados al panel o al cuadro mediante grapas o similar.
1	Caja de conexiones redonda o cuadrada	
1	Base de enchufe de seguridad 230V 20VA	
-	Regletas de conexión	
-	Tubo corrugado	
-	Cable negro de 1,5 mm ²	
-	Cable azul de 1,5 mm ²	

Trabajos a realizar:

- Sobre un panel o cuadro, realizar el montaje y conectar el circuito del esquema. Antes de aplicar tensión, comprobar con el polímetro que existe continuidad y ausencia de cortocircuitos.
- Comprobar que la base de enchufe de seguridad está con tensión, únicamente con la clavija enchufada. Observar que existe un contacto que al presionarlo con la clavija permite conectar a la tensión la base de enchufe.
- Conectar a la base de enchufe de seguridad una lámpara de incandescencia de 25 W con ayuda de un portalámparas y una clavija 2P 2,5 A 250 V. ¿Qué ocurre?
- Conectar a la base de enchufe de seguridad una lámpara de incandescencia de 100 W con ayuda de un portalámparas y una clavija 2P 2,5 A 250 V. ¿Qué ocurre?
- Indicar las partes que componen una base de enchufe de seguridad. ¿Cuál es la función de cada una de ellas?
- Enumerar en qué aplicaciones se recomienda utilizar la base de enchufe de seguridad.