

MANUEL CABELLO RIVERO



ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

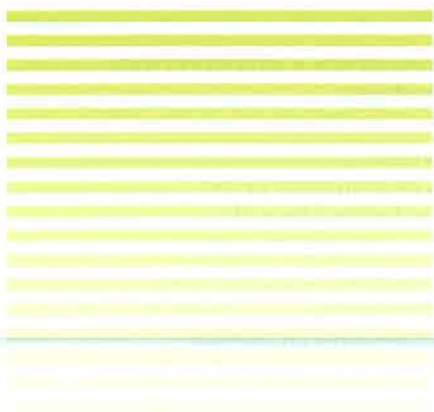
Instalaciones eléctricas interiores


EDITEX



MANUEL CABELLO RIVERO

Instalaciones eléctricas interiores



ÍNDICE

1. Circuitos eléctricos básicos I.....	6	Test de evaluación.....	78
1. El circuito eléctrico	7	Actividades finales	79
2. Simbología eléctrica.....	12	Práctica profesional propuesta:	
3. Esquemas eléctricos.....	14	■ Identificación de los diferentes equipos de medida y descripción del ensayo para el que se utilizan	81
4. Mecanismos, cajas de mecanismos, cajas de registro y bornes de conexión	16	■ Determinación de qué instalaciones eléctricas en BT necesitan proyecto	82
5. Circuitos básicos	19	En resumen	83
6. Magnitudes y medidas eléctricas	24	4. Instalaciones eléctricas en viviendas ...	84
Práctica profesional resuelta:		1. Introducción a las instalaciones domésticas	85
■ Montaje de circuitos básicos de un punto de luz, una conmutada, una toma de corriente y un timbre..	26	2. El Cuadro General de Mando y Protección (CGMP)..	85
■ Montaje de una instalación eléctrica de fluorescentes accionados desde un punto y desde tres puntos.....	29	3. Grados de electrificación y previsión de potencia..	87
Test de evaluación.....	32	4. Características eléctricas de los circuitos en viviendas	94
Actividades finales	33	5. Puntos de utilización	97
Práctica profesional propuesta:		6. Instalaciones específicas en viviendas	102
■ Montaje de un circuito conmutado mediante telerruptor y pulsadores	35	7. Representación esquemática de las instalaciones en viviendas	104
En resumen	37	Práctica profesional resuelta:	
2. Circuitos eléctricos básicos II	38	■ Montaje eléctrico de una vivienda de grado elevado..	106
1. Dispositivos libres de potencial y no libres de potencial.....	39	Test de evaluación.....	112
2. Mecanismos automáticos temporizados.....	40	Actividades finales	113
3. Sensores	46	Práctica profesional propuesta:	
4. Reguladores de luminosidad.....	48	■ Diseño de una instalación eléctrica de una vivienda..	117
5. Relés, contactores y temporizadores	50	En resumen	119
6. Otros dispositivos de aplicación a las instalaciones eléctricas.....	53	5. Conductores eléctricos.....	120
Práctica profesional resuelta:		1. Materiales, secciones, aislamientos y constitución de conductores.....	121
■ Instalación de un alumbrado de un pequeño pabellón deportivo controlada por un interruptor horario y un interruptor crepuscular	54	2. Designación de conductores	124
■ Instalación eléctrica de alumbrado temporizado y por detector de presencia	56	3. Cálculo de sección de conductores	129
Test de evaluación.....	58	Práctica profesional resuelta:	
Actividades finales	59	■ Cálculo de secciones de una instalación de alumbrado led de un jardín y montaje de la instalación.....	144
Práctica profesional propuesta:		Test de evaluación.....	146
■ Montaje de automáticos de escalera en un edificio..	61	Actividades finales	147
En resumen	63	Práctica profesional propuesta:	
3. Normativa y reglamentación	64	■ Cálculo de secciones mediante software	149
1. El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT). Objeto y campo de aplicación	65	En resumen	151
2. Empresas e instaladores de baja tensión.....	67	6. Canalizaciones y envolventes	152
3. Documentación técnica en las instalaciones eléctricas de baja tensión	72	1. Canalizaciones	153
4. Verificaciones iniciales, tramitación de documentación y puesta en servicio	74	2. Trazado y canalización de conductores.....	167
Práctica profesional resuelta:		3. Envolventes	169
■ Documentación para una instalación eléctrica de un edificio de viviendas.....	76	4. Grados de protección (IP, IK).....	173
		Práctica profesional resuelta:	
		■ Montaje en bandeja de rejilla	174
		Test de evaluación.....	176
		Actividades finales	177
		Práctica profesional propuesta:	
		■ Instalación de una nave industrial con canalización en montaje superficial.....	181
		En resumen	185

7. Protecciones eléctricas 186

1. Sistemas de protección eléctrica..... 187
 2. Fusibles 190
 3. Interruptores magnetotérmicos o automáticos... 194
 4. Interruptor diferencial..... 200
 5. Selectividad..... 202
 6. Protección contra sobretensiones..... 206
 7. Instalaciones de puesta a tierra 209
- Práctica profesional resuelta:
- Instalación eléctrica de un local comercial 212
- Test de evaluación..... 216
- Actividades finales 217
- Práctica profesional propuesta:
- Ajuste de un interruptor automático de caja moldeada..... 219
- En resumen 221

8. Instalaciones en edificios de viviendas.. 222

1. Partes que componen la electrificación de un edificio..... 223
 2. Previsión de carga 224
 3. Instalación de enlace 227
 4. Instalaciones receptoras en los edificios 235
- Práctica profesional resuelta:
- Instalación eléctrica de un garaje en un edificio de viviendas 238
- Test de evaluación..... 242
- Actividades finales 243
- Práctica profesional propuesta:
- Diseño de una instalación de enlace en un edificio de viviendas 245
- En resumen 249

9. Luminotecnia..... 250

1. Magnitudes características en luminotecnia..... 251
 2. Lámparas led..... 254
 3. Lámparas de descarga..... 257
 4. Regulación y control de iluminación..... 263
 5. Luminarias 264
 6. Diseño de alumbrado de interiores 265
- Práctica profesional resuelta:
- Instalación de un sistema de alumbrado led con tres escalones de potencia..... 268
 - Fabricación de un expositor de lámparas con diferentes tipos de regulación y control 272
- Test de evaluación..... 274
- Actividades finales 275
- Práctica profesional propuesta:
- Estudio comparativo entre lámparas led y lámparas de descarga para iluminación interior de una nave industrial..... 277
- En resumen 279

10. Instalaciones eléctricas en industrias..... 280

1. Suministro eléctrico en instalaciones industriales.. 281
 2. Simultaneidad, separación de circuitos y reparto de cargas..... 283
 3. Cuadros secundarios, canalizaciones, clavijas y bases de corriente industriales 289
- Práctica profesional resuelta:
- Montaje de la instalación eléctrica en un taller de construcciones metálicas 292
 - Montaje de un cuadro secundario en un taller de construcciones metálicas..... 296
- Test de evaluación 298
- Actividades finales..... 299
- Práctica profesional propuesta:
- Montaje de un equipo de medida y compensación del factor de potencia en una industria..... 301
- En resumen..... 303

11. Instalaciones interiores especiales..... 304

1. Instalaciones en locales de pública concurrencia.. 305
 2. Locales de características especiales..... 313
 3. Instalaciones eléctricas con fines especiales.... 315
- Práctica profesional resuelta:
- Montaje de la instalación eléctrica de un bar-cafetería 320
 - Montaje eléctrico de una fuente pública 324
- Test de evaluación 326
- Actividades finales..... 327
- Práctica profesional propuesta:
- Diseño de un cuadro de obra..... 329
- En resumen..... 331

12. Mantenimiento eléctrico 332

1. Tipos de mantenimiento 333
 2. Verificaciones e inspecciones iniciales previas a la puesta en servicio de una instalación 333
 3. Mantenimiento preventivo 340
 4. Mantenimiento correctivo. Averías tipo 342
 5. Mantenimiento mediante termografía 343
- Práctica profesional resuelta:
- Montaje de un entrenador de averías y ensayos.. 344
- Test de evaluación 348
- Actividades finales..... 349
- En resumen..... 351

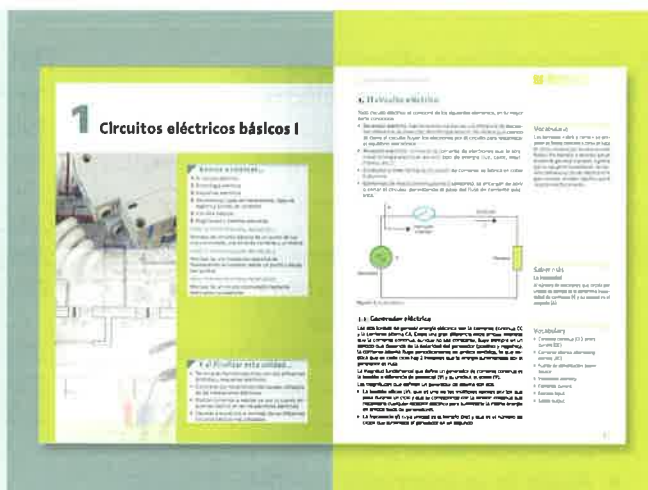
Anexos..... 352

- A. Intensidades admisibles según Norma UNE HD 60.364-5-52 353
- B. Localización de averías 354
- C. Tablas para diseño de canalizaciones..... 356

ORGANIZACIÓN DE LA UNIDAD

Cada unidad didáctica se inicia con una gran imagen motivadora, un breve índice de contenidos con los epígrafes que presenta la unidad en el apartado **Vamos a conocer**, y los objetivos a alcanzar al término de la misma en el apartado **Y al finalizar esta unidad**.

A continuación comienza el **desarrollo de contenidos**. Para apoyar y reforzar los contenidos se presentan ejemplos, tablas, esquemas y numerosas ilustraciones, seleccionadas de entre los equipos y herramientas más frecuentes que te vas a encontrar al realizar tu trabajo.



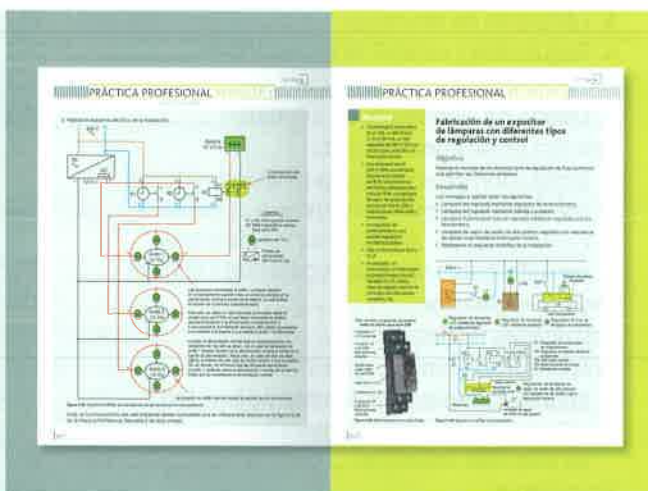
En los márgenes se desarrollan multitud de textos complementarios de ampliación de información, consejos de seguridad, vocabulario técnico, diccionario español-inglés y enlaces web, que permiten profundizar en los conocimientos expuestos.

A lo largo del texto se incorporan **casos, ejemplos y actividades prácticas**. Estas actividades por un lado, ayudan a asimilar los conceptos, y por otro, promueven la realización en el taller de los procesos explicados.



En la sección **Práctica profesional resuelta** se plantea el desarrollo de un caso práctico, en el que se describen las operaciones que se realizan, se detallan las herramientas y el material necesario, y se incluyen fotografías que ilustran los pasos a seguir.

Estas prácticas profesionales representan los resultados de aprendizaje que debes alcanzar al terminar tu módulo formativo.



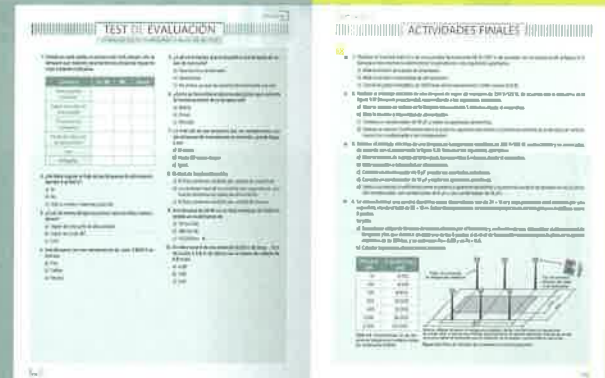
IMPORTANTE: Todas las actividades propuestas en este libro deben realizarse en un cuaderno de trabajo, **nunca en el propio libro.**



Regístrate en nuestra web y accede a los **recursos adicionales:** <www.editex.es>.

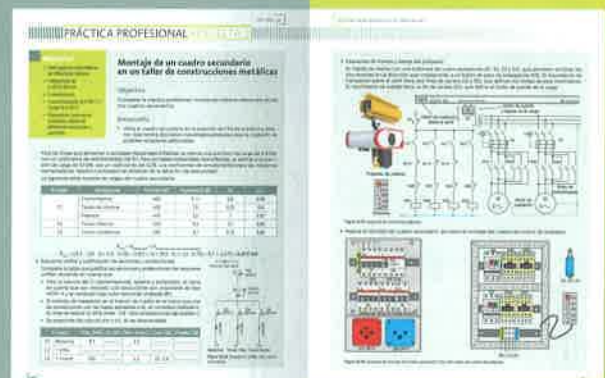
El **Test de evaluación** consta de una batería de preguntas centradas en los conceptos más importantes de la unidad. Este test permite comprobar el nivel de conocimientos adquiridos tras el estudio de la misma.

Tras ello se proponen una serie de **Actividades finales** para aplicar y repasar los conceptos y procedimientos explicados a lo largo de la unidad.

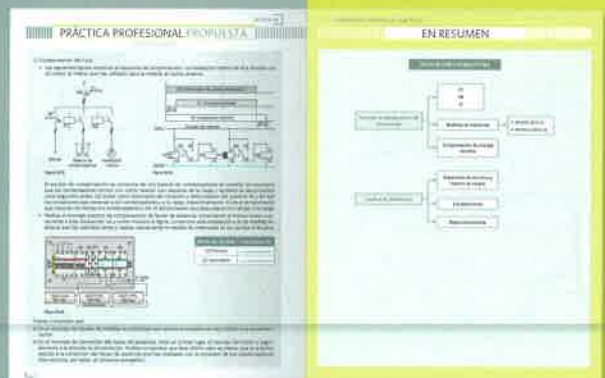


En la **Práctica profesional propuesta** se plantean actividades prácticas y, al igual que en la Práctica profesional resuelta, se detallan las herramientas y el material necesario para su desarrollo.

Con la práctica profesional propuesta se pretende potenciar tu autonomía y tu espíritu emprendedor, fomentando la metodología de aprender haciendo. Puedes descargar estas páginas profesionales propuestas y otros recursos si te registras en nuestra web: <www.editex.es>.



La unidad finaliza con el apartado **En resumen**, un mapa conceptual que relaciona los conceptos claves de la unidad. Este apartado sirve para recapitular todo lo tratado en la unidad.



1

Circuitos eléctricos básicos I

Vamos a conocer...

1. El circuito eléctrico
2. Simbología eléctrica
3. Esquemas eléctricos
4. Mecanismos, cajas de mecanismos, cajas de registro y bornes de conexión
5. Circuitos básicos
6. Magnitudes y medidas eléctricas

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

Montaje de circuitos básicos de un punto de luz, una conmutada, una toma de corriente y un timbre

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 2

Montaje de una instalación eléctrica de fluorescentes accionados desde un punto y desde tres puntos

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Montaje de un circuito conmutado mediante telerruptor y pulsadores

Y al finalizar esta unidad...

- Terminarás familiarizándote con los diferentes símbolos y esquemas eléctricos.
- Conocerás los mecanismos más usuales utilizados en las instalaciones eléctricas.
- Podrás comenzar a realizar ya por tu cuenta esquemas básicos en las instalaciones eléctricas.
- Llevarás a la práctica el montaje de los diferentes circuitos básicos más utilizados.

1. El circuito eléctrico

Todo circuito eléctrico se compone de los siguientes elementos, en su mayor parte conocidos:

- **Generador eléctrico:** mantiene entre sus bornes una diferencia de electrones (diferencia de potencial) denominada *tensión*, de manera que cuando se cierre el circuito fluyan los electrones por el circuito para restablecer el equilibrio electrónico.
- **Receptor eléctrico:** convierte la corriente de electrones que lo atraviesa (energía eléctrica) en otro tipo de energía (luz, calor, movimiento, etc.).
- **Conductor o línea:** facilita la circulación de corriente, se fabrica en cobre o aluminio.
- **Elementos de mando (interruptores o sensores):** se encargan de abrir o cerrar el circuito, permitiendo el paso del flujo de corriente eléctrica.

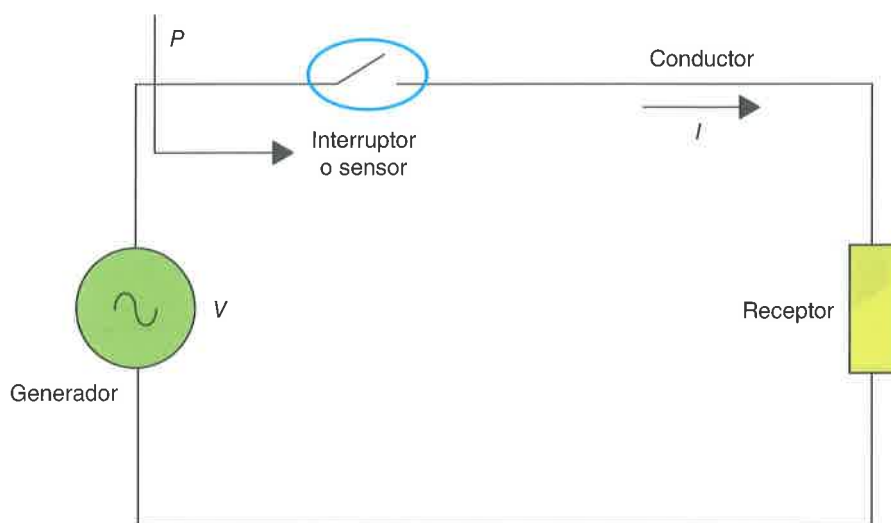


Figura 1.1. El circuito eléctrico.

1.1. Generador eléctrico

Las dos formas de generar energía eléctrica son la corriente continua CC y la corriente alterna CA. Existe una gran diferencia entre ambas: mientras que la corriente continua, aunque no sea constante, fluye siempre en un sentido que depende de la polaridad del generador (positivo y negativo), la corriente alterna fluye periódicamente en ambos sentidos, lo que implica que en cada ciclo hay 2 instantes que la energía suministrada por el generador es nula.

La magnitud fundamental que define un generador de corriente continua es la **tensión o diferencia de potencial (V)** y su unidad, el **voltio (V)**.

Las magnitudes que definen un generador de alterna son dos:

- La **tensión eficaz (V)**, que es uno de los múltiples valores por los que pasa durante un ciclo y que se corresponde con la tensión continua que necesitaría cualquier receptor eléctrico para suministrar la misma energía en ambos tipos de generadores.
- La **frecuencia (f)** cuya unidad es el **hertzio (Hz)** y que es el número de ciclos que suministra el generador en un segundo.

Vocabulario

Los términos «abrir y cerrar» se emplean de forma contraria a como se hace en otros circuitos por los que circulan fluidos. Por ejemplo, si decimos que un circuito de gas está «cerrado» significa que no hay gas en la instalación, de manera contraria a un circuito eléctrico en el que «circuito cerrado» significa que el receptor está funcionando.

Saber más

La intensidad

Al número de electrones que circula por unidad de tiempo se le denomina **intensidad de corriente (I)** y su unidad es el **amperio (A)**.

Vocabulary

- Corriente continua (CC): *direct current (DC)*.
- Corriente alterna: *alternating current (AC)*.
- Fuente de alimentación: *power source*.
- Intensidad: *intensity*.
- Corriente: *current*.
- Entrada: *input*.
- Salida: *output*.

Saber más

El sistema eléctrico tiene su origen en el conjunto de empresas generadoras de energía eléctrica, cuya finalidad es la producción mediante la transformación de otras energías (tales como térmicas, nucleares, etc.), el transporte y la distribución. Consta de tres partes:

Producción: constituido por las centrales productoras de energía.

Transporte: las líneas de transporte en muy alta tensión conducen la energía hasta las subestaciones de transformación.

Distribución: encargadas de repartir la energía en media o baja tensión a los abonados.

Nuestros teléfonos móviles, los ordenadores e incluso los vehículos eléctricos funcionan, a grandes rasgos, con corriente continua pero no así nuestros electrodomésticos.

La mayoría de los receptores domésticos son de 230 V/50 Hz; esto quiere decir que se apagan 100 veces en un segundo (2 veces por ciclo) aunque el ojo humano no sea capaz de apreciarlo. Aun así suministran la misma energía que si estuvieran conectados a 230 V de corriente continua.

La forma de señal y símbolos de ambos tipos de generadores viene expresado en la siguiente gráfica:

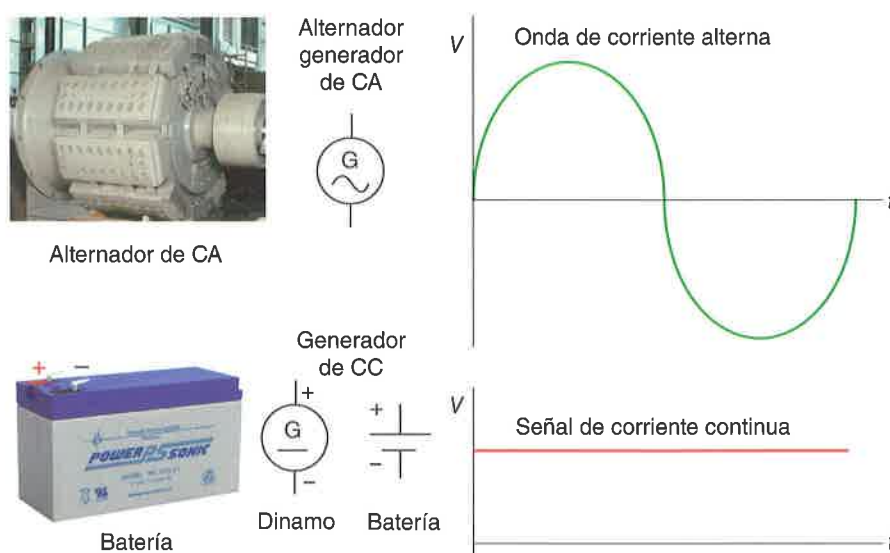


Figura 1.2. Generadores de CA y CC, símbolos y formas de onda.

El 99 % de la energía eléctrica que se consume es en forma de corriente alterna, ya que puede ser transportada a largas distancias, pues es la única que puede elevar o reducir su tensión mediante transformadores. El uso de CC se limita a aparatos de audio, vídeo, máquinas portátiles, etc., que si bien cuantitativamente no es muy importante, el hecho de que se pueda almacenar y transportar mediante baterías o acumuladores, le confiere grandes prestaciones.

Saber más

Según el REBT

Las instalaciones eléctricas de baja tensión se clasifican, según las tensiones nominales que se le asignen, para corriente alterna en la forma siguiente:

- Muy baja tensión: $U_n \leq 50 \text{ V}$
- Tensión usual: $50 < U_n \leq 500 \text{ V}$
- Tensión especial: $500 < U_n \leq 1000 \text{ V}$

Las tensiones nominales usualmente utilizadas en las distribuciones de corriente alterna son:

- a) 230 V entre fases para redes trifásicas de tres conductores.
- b) 230 V entre fase y neutro, y 400 V entre fases para las redes trifásicas de 4 conductores.

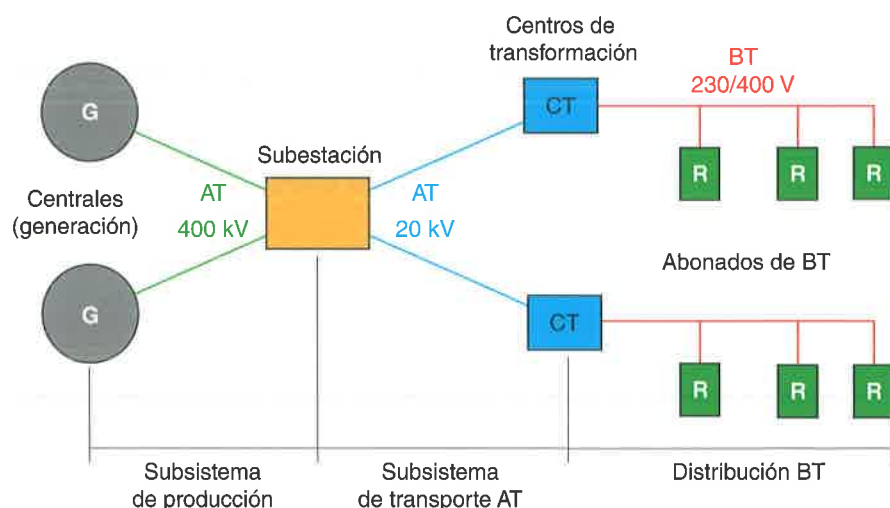


Figura 1.3. Sistema eléctrico de generación, transporte y distribución.

La corriente continua se obtiene de **dinamos** (generadores electrodinámicos), baterías y células solares fotovoltaicas, y la corriente alterna exclusivamente mediante el **alternador**, que es un generador electrodinámico de características constructivas similares a la dinamo, pero con mayor rendimiento y fiabilidad. Su funcionamiento se basa en la tensión que proporciona un conductor sometido a un campo magnético variable debido al movimiento.

1.2. Líneas de distribución en corriente alterna

Si bien podemos encontrar líneas de alimentación en baja tensión de varias tipologías, las dos más frecuentes son:

- **Líneas trifásicas de CA a 4 hilos de 230/400 V.** Como podemos apreciar en la figura 1.5, a las fases las denominamos L1, L2 y L3 o bien R, S, T y al neutro como N. La tensión entre cualquiera de las fases es de 400 V y la tensión entre cualquiera de las fases y neutro es de 230 V.

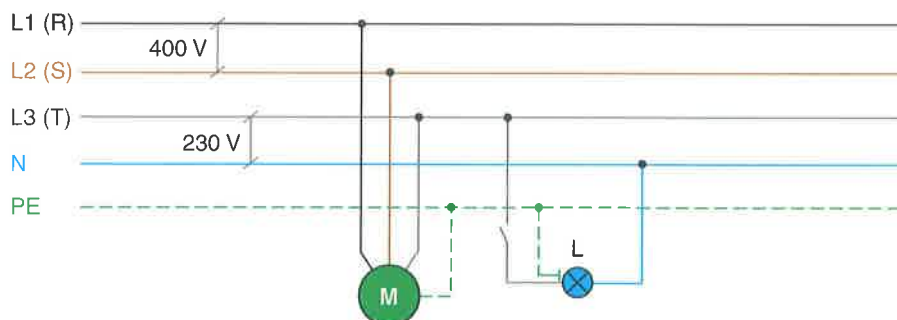


Figura 1.5. Esquema de distribución de CA trifásica a 4 hilos.

- **Línea monofásica de CA a 2 hilos de 230 V.** Como los alternadores monofásicos se limitan a pequeñas aplicaciones (por ejemplo, pequeños grupos electrógenos), este tipo de suministro partirá de un sistema trifásico donde, simplemente, hay que distribuir entre una fase (L) y el neutro (N).

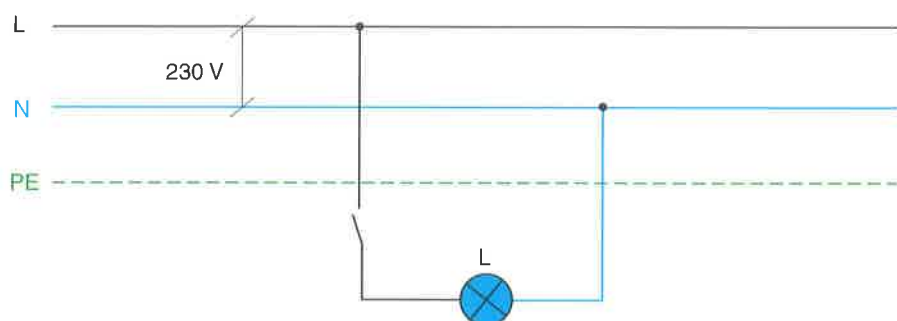


Figura 1.6. Esquema de distribución de CA monofásica.

Vocabulario

A la corriente continua se le denomina también DC y a la corriente alterna AC, que son sus acrónimos en inglés.

Símbolos de las redes de alimentación

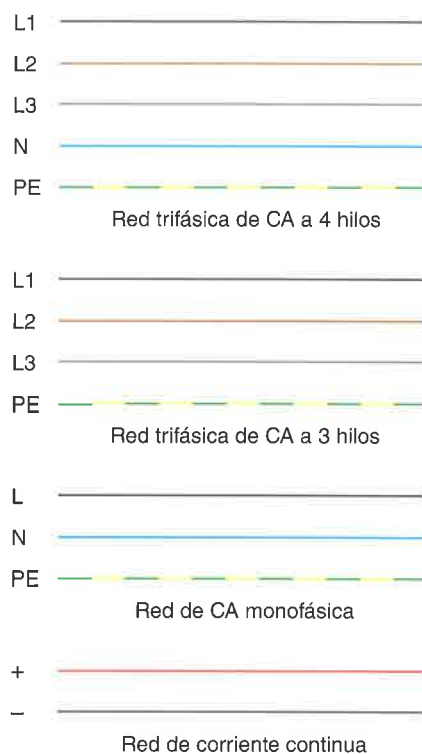


Figura 1.4.

PE indica conductor de protección o tierra. Este conductor es obligatorio distribuirlo a partir de una toma de tierra que se colocará en la propia instalación, con el objeto de enviar a tierra las corrientes de defecto que puedan aparecer, pudiendo así ser detectadas por un dispositivo de protección (diferencial) que corta el suministro cuando esto ocurre. Las corrientes de defecto circulan a tierra debido a la conexión del neutro a tierra que se hace en las redes de distribución pública; esto se conoce como *red de distribución TT*.

Saber más

Según el REBT

Cuando en el reglamento electrotécnico se indique conductores activos o polares, el término activo se aplica a los conductores de fase y neutro de corriente alterna, y el término polar a los conductores de corriente continua.

Ejemplo

Supongamos que queremos alimentar un compresor de muy alta presión y de gran potencia destinado a alimentar todo el sistema neumático de un hangar de un aeropuerto. ¿Qué tensión utilizarías?

Solución:

Es lógico pensar con lo expuesto anteriormente que, al demandar una elevada potencia, una tensión usual de 230/400 V no sería la más idónea. Por lo tanto, la mejor opción es elevar la tensión utilizando una tensión especial, por ejemplo, hasta 750 V.

Se va a realizar la instalación de iluminación de una piscina. ¿Qué tensión utilizarías?

Solución:

El interior de una piscina es un emplazamiento conductor donde, por seguridad, se requiere que las tensiones de los receptores sean muy bajas. De este modo, la tensión a utilizar será de 12 V, que es denominada MBTS (Muy Baja Tensión de Seguridad).

Saber más

La potencia, en este contexto, es la energía consumida por un receptor en la unidad de tiempo. Por ejemplo, una lámpara de incandescencia de 100 W de potencia encendida durante 7 horas consumirá una energía de $100 \text{ W} \times 7 \text{ h} = 0,7 \text{ kWh}$. Este cálculo es el realizado por las compañías de distribución para facturar la energía consumida por sus abonados.

1.3. El receptor

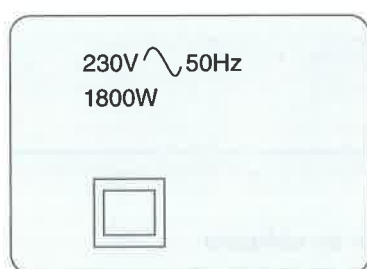
El receptor eléctrico es el encargado de convertir la energía eléctrica suministrada por el generador en otro tipo de energía (luz, calor, movimiento, etc.) para ser utilizada por los usuarios.

Atendiendo al tipo de suministro, los receptores pueden ser:

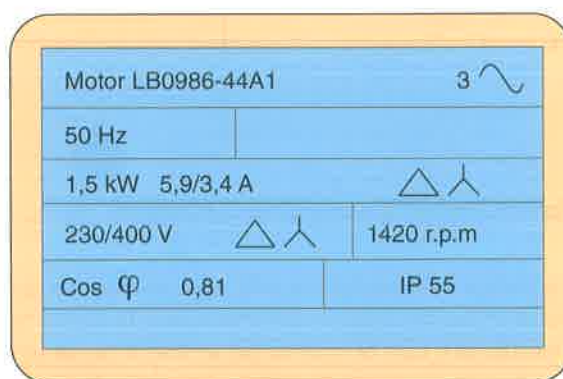
- **Monofásicos:** se alimentan a dos hilos.
- **Trifásicos:** se alimentan a tres hilos.

Como se ha dicho antes, los alternadores, transformadores o receptores trifásicos poseen mayor rendimiento y prestaciones que los monofásicos; por tanto, podemos concluir que, para potencias altas (industria), se utilizarán receptores trifásicos con objeto de evitar al máximo las pérdidas energéticas y, para potencias bajas, donde no importa tanto el rendimiento, receptores monofásicos.

Los receptores incluyen en la mayoría de los casos una placa de características donde se indican las magnitudes y datos más significativos del mismo.



Receptor monofásico de 230 V en alterna frecuencia de 50 Hz y protección de clase II



Receptor trifásico con funcionamiento a 230 V o 400 V

Figura 1.7. Ejemplo de placa de características de un receptor monofásico y un receptor trifásico.

1.4. Conductores o líneas

Se denomina *cable eléctrico* al conjunto formado por uno o varios conductores y el aislante que los recubre, así como los posibles revestimientos que garanticen su protección. Las características principales del conductor son el material conductor fabricado de cobre o aluminio y su sección (véase tabla 1 de secciones normalizadas) y los materiales aislantes que recubren.

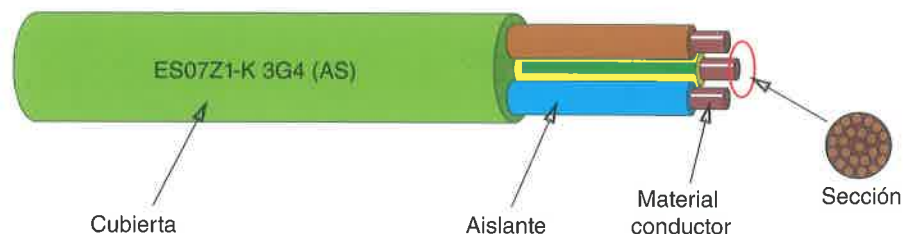
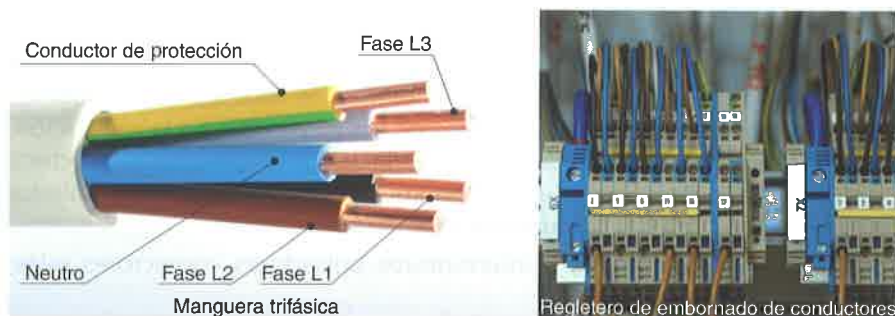


Figura 1.8. Manguera monofásica (fase + neutro + TT).

Para líneas de distribución eléctricas en interiores, los conductores deben ser fácilmente identificables, identificación que se realiza por el color que presenta el aislamiento, siendo estos los siguientes:

- Negro: fase L1 (R)
- Marrón: fase L2 (S)
- Gris: fase L3 (T)
- Azul claro: neutro (N)
- Verde/amarillo: conductor de protección o conductor de tierra (PE)

En instalaciones monofásicas, las líneas de fase serán de color negro o marrón y el color gris se utiliza para identificación de circuitos.



Saber más

Según el REBT

Las redes de distribución pública en baja tensión tienen la obligación de no distribuir el conductor de protección. Por eso, cualquier instalación receptora debe generar su propia puesta a tierra y distribuir el conductor de protección a lo largo de toda la instalación interior.

Vocabulary

Los colores.

- Marrón: brown.
- Verde: green.
- Azul: blue.
- Amarillo: yellow.
- Blanco: white.

Secciones de conductores en mm²

1,5	25	150	630
2,5	35	185	
4	50	240	
6	70	300	
10	95	400	
16	120	500	

Las secciones de 1,5 a 10 mm² no están disponibles en aluminio y las secciones de 400 a 630 mm² solo se utilizan en canalizaciones enterradas.

Tabla 1.1. Secciones de conductores de cobre y aluminio.

Saber más

El factor de potencia (FP)

Todos los receptores de corriente alterna que llevan un electroimán o bobinado se denominan receptores inductivos y deben contar entre sus características con un coeficiente llamado factor de potencia o $\cos \varphi$, cuyo valor es siempre menor que la unidad y que nos indica la reducción de potencia que produce un bobinado respecto a otro receptor que no incluya bobinado (receptor resistivo) y posea la misma tensión e intensidad.

Vocabulary

- Interruptor: switch.

1.5. El sensor o interruptor

En esta parte del circuito, se incluye no solo el interruptor convencional que accionamos manualmente, sino todos los sensores cuya finalidad será igualmente la apertura o cierre de un contacto.

En el término *sensor* se incluyen todos aquellos dispositivos que accionan un contacto cuando captan una señal externa, por ejemplo:

- Interruptor: pulsación manual.
- Presostato: la presión de un fluido.
- Termostato: temperatura.
- Interruptor horario: tiempo.
- Otros tales como detector de movimiento, sensores crepusculares, sensores de viento, solares, de lluvia y un largo etcétera de sensores.

Dada la gran variedad de sensores existentes, se profundizará en su estudio a lo largo de este libro.

La principal característica es la intensidad máxima que es capaz de conectar o desconectar. Generalmente, va acompañado de un segundo valor que se corresponde también con su intensidad máxima, si el receptor o carga que vamos a conectar es inductivo.

Por ejemplo, si en un interruptor horario aparece la inscripción 16 (10 A), querrá decir que es capaz de soportar 16 A si se accionan cargas resistivas y 10 A si se accionan cargas inductivas.

2. Simbología eléctrica

En cualquier ámbito científico o técnico, la simbología es la base fundamental de la comunicación. Las autoridades internacionales, en el campo de la electricidad y de cualquier aspecto técnico, trabajan para unificar los símbolos y que un ingeniero u operario de cualquier país pueda entender lo que le comunica otro de una región idiomática distinta. Los esquemas muestran mediante símbolos cada uno de los elementos de la instalación. Quedan representados, por tanto, los conductores, la aparamenta eléctrica y las canalizaciones, todo de una forma abreviada que permite al instalador tener una idea clara del conjunto de la instalación.

Todos los símbolos tales como interruptores, pulsadores, contactores, relés, etc. se representan:

- En base a sus contactos cuando están en reposo; es decir, no accionados, en el caso de que sea un contacto **normalmente abierto (NA)**, o accionados, en el caso de que sea un contacto **normalmente cerrado (NC)**.
- En base a su accionamiento, que es la parte del símbolo que indica el modo en el que se accionan los contactos, como pulsador, interruptor, palanca, pedal, etc. (si son de tipo manual), o accionados por algún tipo de magnitud física, como temporizadores, presostatos, termostatos, etc.

Existen una gran cantidad de símbolos eléctricos, pero para comenzar representaremos los símbolos más significativos que utilizaremos en los circuitos básicos, representándolos de las dos formas esquemáticas (multifilar y unifilar).

El multifilar representa todos sus contactos mientras que el unifilar representa de forma simplificada el mecanismo en concreto. Más adelante, veremos cuándo es conveniente la utilización de uno u otro símbolo en un esquema eléctrico.

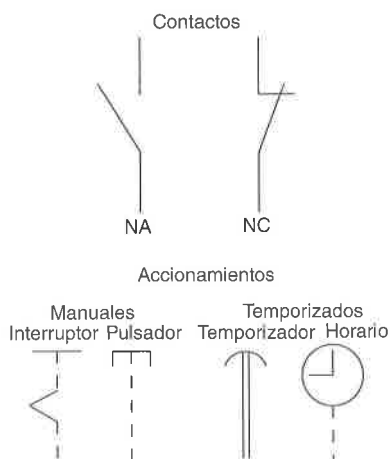


Figura 1.9. Representación simbólica de contactos en reposo y algunos de sus accionamientos.

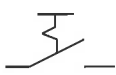
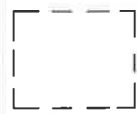
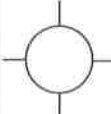
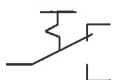
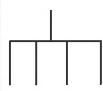
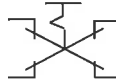
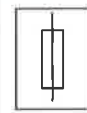
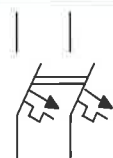
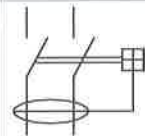
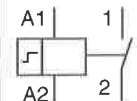
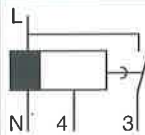
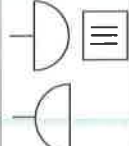
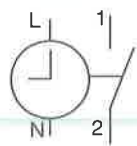
Mecanismo	Multifilar	Unifilar	Descripción	Mecanismo	Multifilar	Unifilar	Descripción
			Interruptor				Caja de registro
			Conmutador				Cuadro de distribución
			Conmutador de cruce				Caja general de protección
			Pulsador				Fusible
			Toma de corriente 2p+T 16A				Interruptor automático
			Toma de corriente 2p+T 25A				Interruptor diferencial
			Toma de corriente 3p+T 16A				Telerruptor
			Lámpara o punto de luz				Automático de escalera
			Lámpara fluorescente				Detector de presencia
	 Timbre Zumbad.		Timbre y zumbador				Interruptor horario

Tabla 1.2. Símbolos eléctricos básicos.

3. Esquemas eléctricos

A la representación gráfica del conjunto de conexiones entre símbolos eléctricos de los distintos dispositivos de un circuito, o bien a la representación de estos sobre un plano, se le denomina *esquema*. Su objetivo es facilitar la comprensión de una instalación eléctrica para su posterior ejecución.

Podemos distinguir los siguientes tipos de esquemas eléctricos:

3.1. Esquema multifilar

Representa de forma detallada una instalación representando todos los conductores, apartamentación eléctrica, receptores, etc., y sus conexiones. Y se utiliza cuando se necesita una representación muy clara de las conexiones de los dispositivos que la componen para ser comprendidos por el instalador en el momento de la instalación.

3.2. Esquema funcional

Representa el circuito de una forma esquemática simple y ordenada para su fácil interpretación. Muestra todos y cada uno de los elementos del circuito con todas sus conexiones. Su simbología es la multifilar.

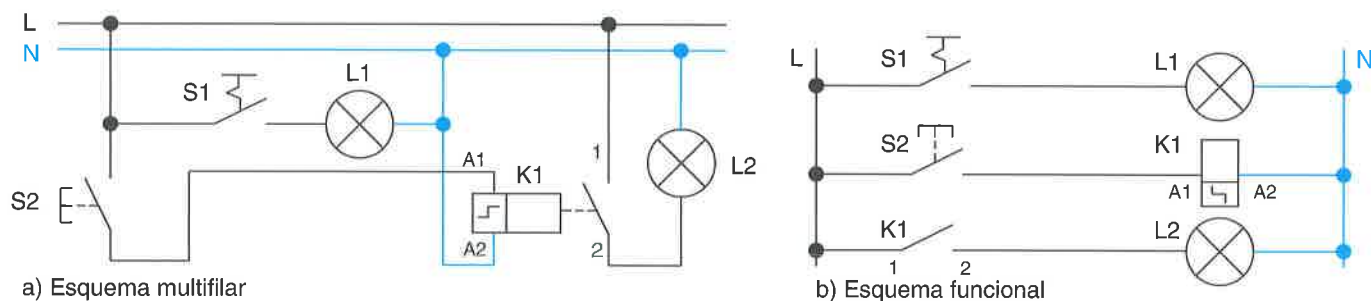


Figura 1.10. Esquema multifilar y esquema funcional de un mismo circuito.

3.3. Esquema unifilar

Es una representación abreviada donde se representan las líneas compuestas por varios conductores con símbolos de apartamentación y receptores eléctricos en un mismo trazado.

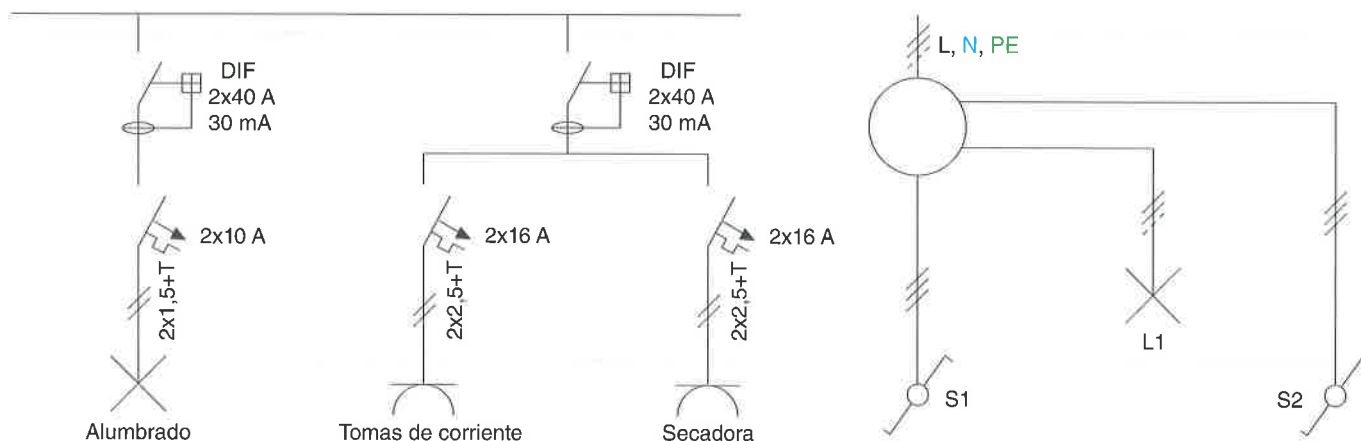


Figura 1.11. Diferentes esquemas unifilares.

3.4. Esquema de distribución en planta (o topográfico)

Se utiliza para representar la ubicación de la aparamenta eléctrica y/o trazado de canalización sobre un plano de planta. La simbología utilizada es la unifilar.

Este esquema es muy importante en las instalaciones eléctricas debido a que ofrece al instalador una idea clara de la ubicación de los mecanismos en el emplazamiento o local. Igualmente ofrece gráficamente, mediante línea discontinua, como podemos apreciar en la figura 1.12, el mecanismo o mecanismos que accionan un determinado punto de luz, así como una indicación del circuito al que pertenece cada toma de corriente.

Vocabulary

- Esquema topográfico: topographic outline.

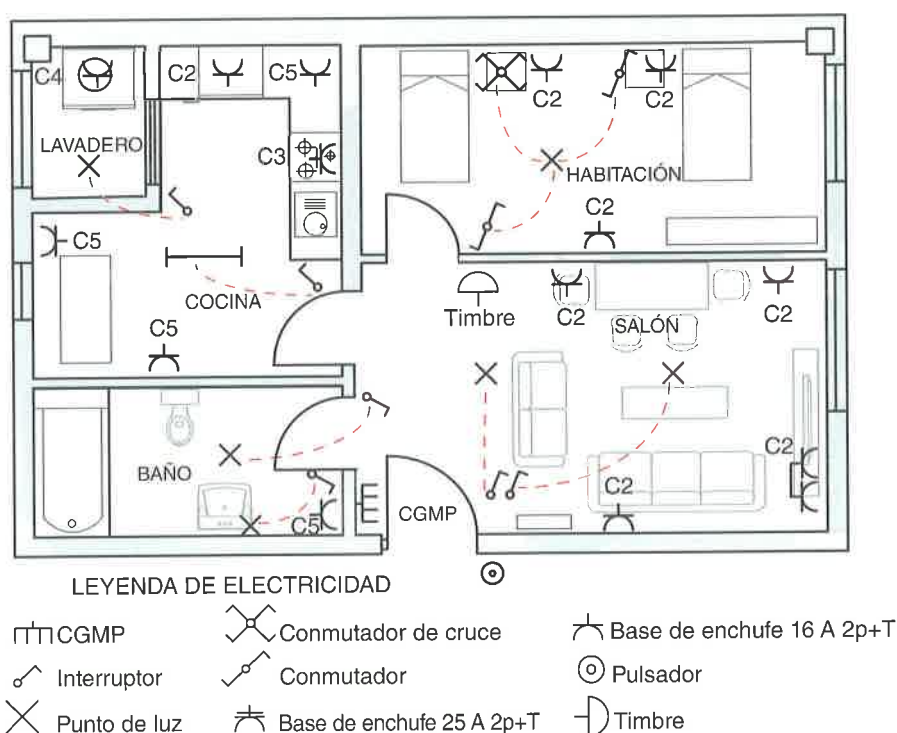


Figura 1.12. Esquema de distribución en planta o topográfico de una vivienda.

Como vemos en el esquema multifilar, se representan el conexionado y el cableado de los dispositivos de forma simbólica; con esto, se consigue comprender rápidamente el circuito. En cuanto a los esquemas unifilares, representan de una forma abreviada los circuitos teniendo en cuenta que el instalador, debido a sus conocimientos, sabrá interpretar correctamente dicho esquema para su montaje. Estos esquemas deben ir acompañados de la mayor indicación textual posible, como podemos apreciar en el esquema de la figura 1.11, en el cual se especifica claramente el calibre de las protecciones, el número de conductores y sección de los mismos, el circuito al que pertenecen, el diámetro del tubo, etc. Los esquemas de distribución en planta o topográficos se realizan con el objeto de señalar la ubicación de los dispositivos de la instalación sobre un plano en planta de la vivienda, local, edificio, etc. También pueden ir acompañados de una leyenda que especifique el significado de cada uno de los elementos eléctricos a instalar, así como una descripción sobre el circuito al que pertenece un mecanismo.

4. Mecanismos, cajas de mecanismos, cajas de registro y bornes de conexión

Denominamos *mecanismo* al dispositivo destinado al accionamiento de puntos de luz u otros tipos de receptor (timbre, extractor, persiana motorizada, etc.). Los más usuales son el interruptor, el conmutador y el pulsador.

Los mecanismos se insertan en bastidores metálicos y estos, a su vez, sobre la caja de mecanismos a través de tornillos (o garras) para que queden fuertemente fijados.

La magnitud característica del mecanismo es su intensidad nominal, que es la intensidad máxima que puede conectar y desconectar, llegando a averiarse si se sobrepasa dicho valor.

Vocabulary

- Enchufe: plug.

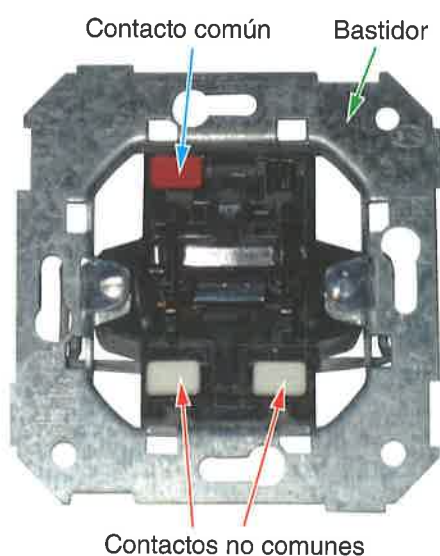


Figura 1.13. Conmutador ancho insertado en bastidor.

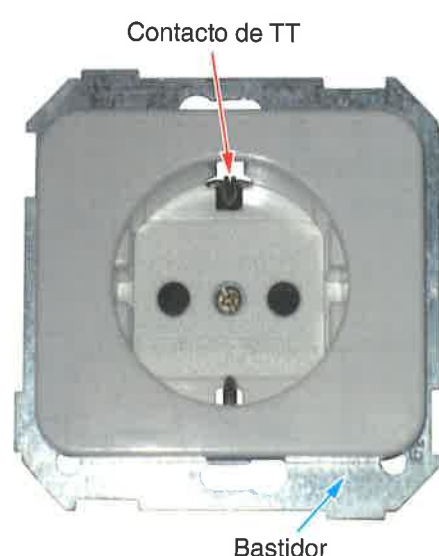


Figura 1.14. Base de corriente schuko de 16 A 2p+T.

Los conductores se conectan a los mecanismos usualmente de forma cómoda sin necesidad de utilizar herramienta alguna. El sistema consiste en insertar los conductores en su base de conexión pulsando una simple pestaña.

Las pestañas, a su vez, identifican los contactos del mecanismo con un color, que dependerá de cada fabricante; por ejemplo, para identificar un conmutador, el común tendrá un color diferente a los otros. Dos contactos con pestañas del mismo color identifican que dichos contactos no entrarán nunca en conexión.

Denominamos *toma de corriente* o base de enchufe al dispositivo que nos permite conectar los receptores al suministro, utilizando otro dispositivo denominado *clavija de enchufe*. Es frecuente que, en el lenguaje cotidiano, la palabra «enchufe» se use indistintamente para las clavijas y las bases de corriente. En este caso, las clavijas serán «machos» y las bases, «hembras».

Su característica principal es la intensidad máxima que soporta cuando está conectado un receptor. El procedimiento correcto es conectar y desconectar la toma de corriente con el receptor apagado y posteriormente accionarlo o apagarlo desde el interruptor del receptor.

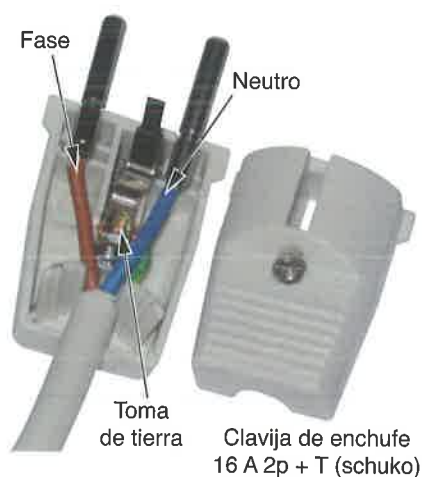


Figura 1.15. Clavija de enchufe schuko de 16 A 2p+T.

En la mayoría de los casos, los conductores se conectan a las bases de corriente a través de tornillería y no con pestañas como en el caso de los mecanismos.

Los mecanismos suelen llevar dos bornes de conexión por contacto. Esto permite realizar *puentes* en la propia caja de mecanismos entre distintos elementos conectados al mismo conductor. Este puenteo es muy útil cuando se alojan interruptores o conmutadores en una misma caja o en cajas enlazables. En estos casos se reduce el cableado ya que cuando dos o más mecanismos tienen contactos conexonados a un mismo punto, solo será necesario canalizar un solo cable desde las cajas de derivación hasta los mecanismos realizando el embornado en ellos mismos a través de puentes.

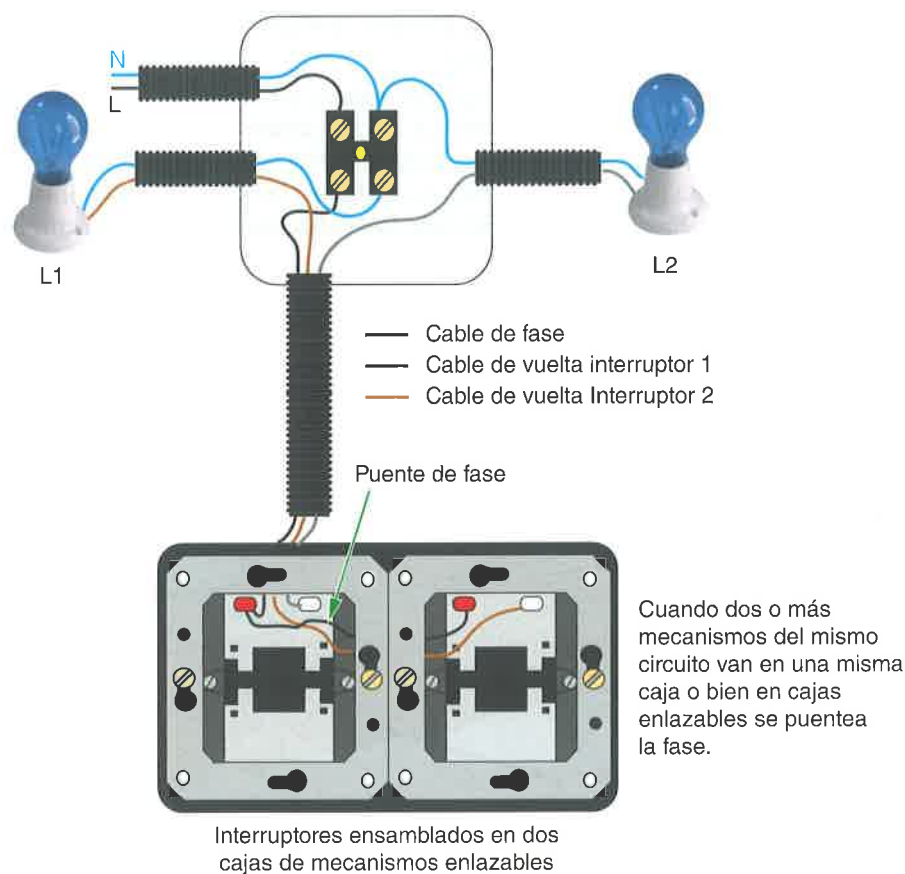


Figura 1.17. Conexión de dos interruptores en dos cajas de mecanismos enlazables.

Una vez alojados en el bastidor, a los mecanismos se les acopla la tecla (en el caso interruptores, conmutadores, y pulsadores) y después un embellecedor. Hoy en día, los fabricantes de las distintas marcas comerciales ofrecen una gran cantidad de teclas y embellecedores de diferentes colores y tonalidades para aplicaciones domésticas.

Las necesidades de instalación de mecanismos pueden ser tantas como problemas se nos presenten. Cuando se requiere unir en una misma posición dos o tres mecanismos de tipo ancho, las cajas de mecanismos poseen unas rejillas de inserción que las hace *enlazables*; de esta forma, podemos crear bases de enchufe, interruptores, etc., dobles o triples.

También existe la posibilidad de insertar en una misma caja de mecanismos dos interruptores, conmutadores o pulsadores, o una combinación de ellos utilizando mecanismos y teclas de tipo estrecho.

Saber más

Las bases de enchufe convencionales utilizadas en aplicaciones domésticas con toma de tierra lateral se denominan **schuko** y las bases de enchufe de 25 A se utilizan en aplicaciones domésticas para conectar las cocinas eléctricas.



Figura 1.16. Toma de corriente de 25 A 2p+T.

Rail para enlace
de cajas



Troquelado para
inserción de tubos

Figura 1.18. Caja de mecanismos.

Saber más

Según el REBT

Las cajas de registro deberán estar separadas como máximo 15 m de distancia, de forma que si la distancia fuese mayor se deberá incorporar una caja de registro de paso a 15 m de la de partida únicamente con el propósito de facilitar el montaje y mantenimiento de las instalaciones.

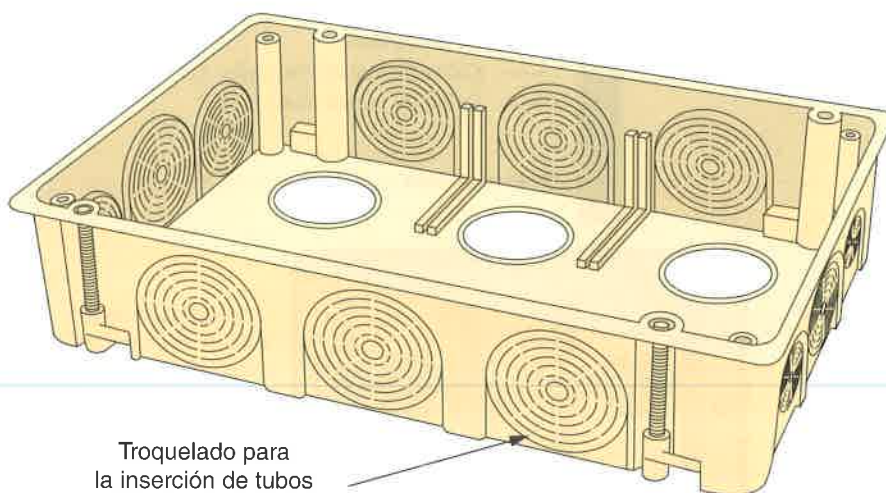
Cajas de mecanismos

Se destinan a alojar en su interior los dispositivos de accionamiento, tales como conmutadores, pulsadores, interruptores, etc. Son de PVC y las podemos encontrar en dos versiones: en montaje **superficial** o en montaje **empotrado** de forma cuadrada o circular. Sus dimensiones son de 75×75×41 mm y la distancia entre los orificios para sujetar los bastidores donde se colocan los mecanismos está estandarizada a 60 mm.

Cajas de registro

Se destinan para alojar en su interior los empalmes de conductores y se construyen en PVC para montaje **empotrado** o de PVC y metálicas para montaje **superficial**. Tanto las cajas de mecanismos como las cajas de registro en montaje empotrado tienen «troquelados», tanto en los laterales como el fondo para la inserción de los tubos.

El uso de cajas de mecanismos y cajas de registro en montaje superficial o empotrado depende de la instalación. En instalaciones domésticas, locales de pública concurrencia, oficinas, etc., la instalación es empotrada, excepto cuando se necesita realizar reformas para evitar así la realización de obras. Sin embargo, en ambientes industriales, las cajas suelen ser en montaje superficial.



Troquelado para
la inserción de tubos

Figura 1.19. Detalle interno de una caja de registro para montaje empotrado.

Las cajas en montaje en superficie pueden disponer de unos conos (pasacables) que se cortan fácilmente a la medida de la manguera a insertar. También podría retirarse dicho pasacables para alojar un racor para la inserción de tubos, o un prensaestopas para la inserción de mangueras. Otras, sin embargo, necesitan algún tipo de mecanizado si las medidas no coinciden con las del tubo o manguera a insertar.



Figura 1.20. Cajas de registro: empotrable y de superficie de PVC y metálica (GEWISS).

Regletas de conexión

En las cajas de registro las conexiones se deben hacer con dispositivos adecuados de empalme, ya que no se permite el empalme mediante arrollamiento con cinta aislante. Uno de los medios de empalme es la típica **regleta de conexión** que permite la conexión mediante tornillo, proporcionando una fijación fiable y asilamiento de los conductores. Las regletas a utilizar están estandarizadas a las medidas de 4, 6, 10, 16 y 25 mm² y se comercializan en tiras de 12 bornes.

5. Circuitos básicos

Existen una gran variedad de circuitos eléctricos. Comenzaremos por ver los circuitos más usuales en las instalaciones eléctricas.

5.1. Circuito con accionamiento por interruptor

El interruptor dispone dos contactos, uno fijo y otro móvil, cuando se acciona ambos entran en contacto. Los interruptores tienen dos posiciones: *abierto* y *cerrado* y permite el accionamiento de un receptor desde un solo punto.

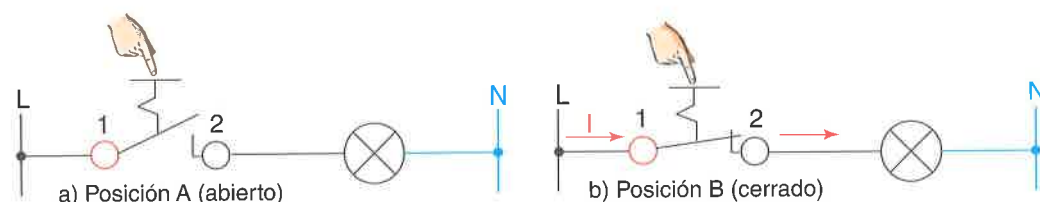


Figura 1.22. Posiciones de un interruptor.

5.2. Circuito con accionamiento por conmutador

El conmutador dispone de tres contactos: el primero es «común» denominado **punte**, y los otros dos son contactos **independientes** «no comunes». Con cada accionamiento el contacto punte entra en conexión con uno u otro de los contactos independientes. El circuito formado por dos de estos mecanismos se denomina **conmutada simple** y permite el accionamiento de receptores desde dos puntos.

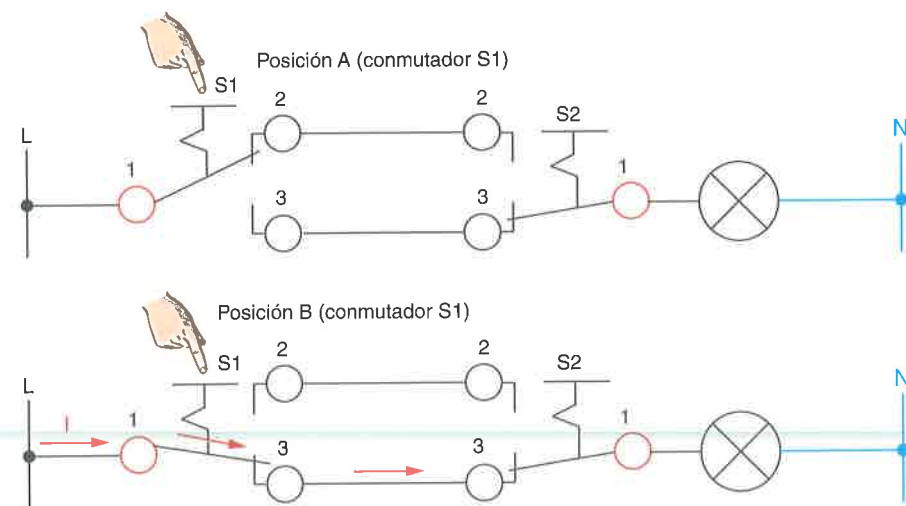


Figura 1.23. Posiciones de un conmutador.



Figura 1.21. Regletas de conexión.

Recuerda

Como se ha dicho, hoy en día los fabricantes de mecanismos ofrecen una alta gama de productos en cuanto a placas embellecedoras y teclas, que aparecen con diferentes colores y tonalidades, adaptándose al entorno donde vayan a colocarse.



Figura 1.24. Interruptor y toma de corriente con placa embellecedora y tecla (BJC serie CORAL).

5.3. Circuito con accionamiento por conmutador de cruce

Con ellos se pueden realizar circuitos de conmutación desde tres o más puntos. El mecanismo posee cuatro contactos conectándose dos a dos según la posición del mismo.

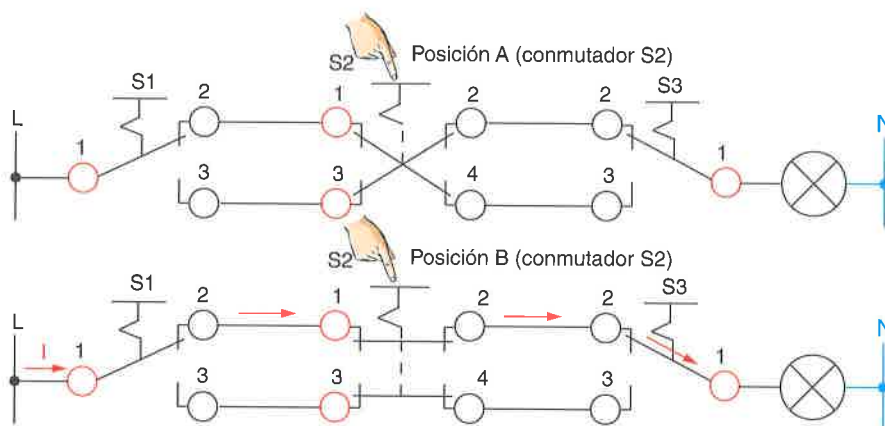


Figura 1.25. Posiciones de un conmutador de cruce.

5.4. Circuito con accionamiento por pulsador

El pulsador tiene un funcionamiento prácticamente igual al interruptor. Su función es abrir o cerrar un circuito, con la diferencia de que mientras el interruptor adopta dos posiciones (abierto o cerrado), el pulsador únicamente permanece cerrado mientras se ejerce presión sobre él, volviendo a su posición de reposo (abierto) en el momento en que se deja de hacer presión, siendo en definitiva un interruptor con un muelle.

También hay pulsadores normalmente cerrados que abren sus contactos al ser accionados; aunque estos mayormente son utilizados en instalaciones de control eléctrico.

5.5. La toma de corriente

Este mecanismo es el que permite conectar receptores a la red eléctrica. En las instalaciones monofásicas, este dispositivo consta de tres contactos: dos de alimentación conectados a la fase y al neutro, y uno de conexión a tierra. Principalmente, se clasifican por su intensidad, siendo estas (exceptuando las bases de corriente para aplicaciones industriales) de 16 A y de 25 A.

5.6. Timbres y zumbadores

Estos dispositivos se utilizan para la señalización acústica. Los más utilizados en las instalaciones eléctricas convencionales son el timbre y el zumbador.

- **El timbre:** consta de una bobina de accionamiento, una pieza móvil denominada martillo y una campana. Cuando la bobina es accionada mediante una tensión entre sus contactos atrae al martillo, que realiza un golpe sobre la campana.
- **El zumbador:** no consta de campana ni de martillo, únicamente de una bobina de accionamiento y una placa o pletina vibratoria que golpea la caja del mecanismo.

Vocabulario

Cuando vamos a ver si funciona una toma de corriente, se suele emplear la expresión «comprueba a ver si hay corriente», cuando lo más exacto sería decir «comprueba a ver si hay tensión», ya que la corriente o intensidad no existe hasta que no se conecte algún receptor.

La diferencia entre ambos no es solo su forma de funcionamiento, sino que mientras el timbre puede funcionar tanto con corriente alterna como continua, el zumbador no lo hace así, ya que funciona por vibración de frecuencia, con lo que solo puede utilizarse con corriente alterna.



Figura 1.26. Timbre.



Figura 1.27. Zumbador.

5.7. La lámpara fluorescente

Además de las lámparas estándar de incandescencia, una de las lámparas más comunes utilizadas en las instalaciones eléctricas interiores es la lámpara fluorescente. Para que esta lámpara funcione, se necesitan varios elementos: el tubo fluorescente, una reactancia o balasto, un cebador, dos portatubos y un portacebador.

El **tubo** es de vidrio y puede tener dos formas: lineal o circular. Su potencia está en función de su volumen total. En el interior del tubo, hay una mezcla de argón y una gota de mercurio, y en cada extremo hay dos filamentos a los que se conectan las 4 patillas metálicas, dos en cada extremo del tubo, que hacen conexión con el portatubos, sirviendo además de soporte para el tubo fluorescente.

La **reactancia** se compone de un bobinado sobre un núcleo metálico. Su misión es lanzar el impulso de tensión que provoca la descarga y estabilizar la corriente al producirse dicha descarga en la lámpara.

El **cebador** se encarga del arranque inicial de la lámpara.

Tanto la reactancia como el cebador deben ser de una potencia determinada para el tubo fluorescente al que se conectan.

Los **portatubos** y **portacebadores** sirven para conectar el tubo y el cebador, respectivamente.

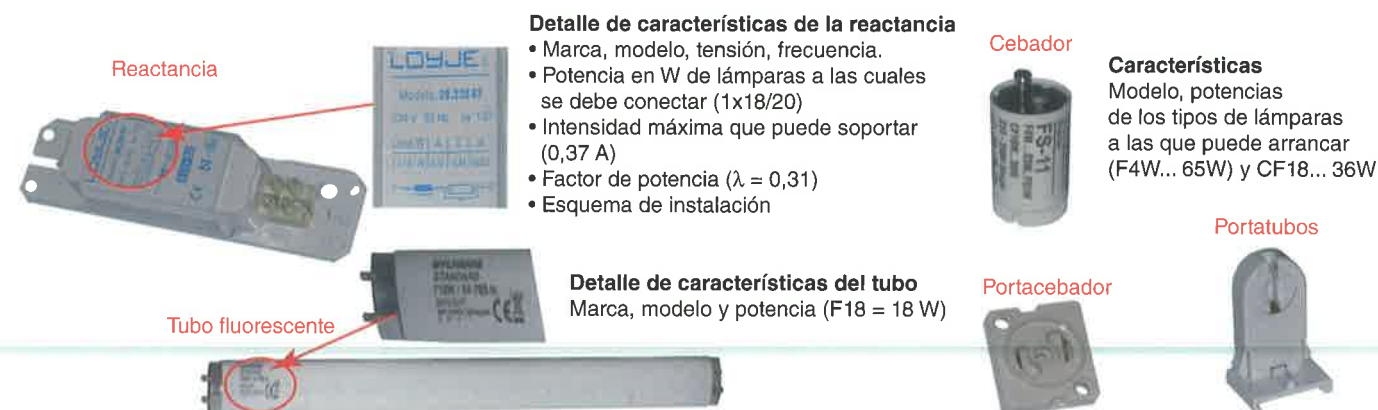


Figura 1.29. Conjunto de elementos para lámparas fluorescentes.

Saber más

Según el REBT

Todos los receptores, tanto de alumbrado como de fuerza, que tengan partes metálicas accesibles deberán estar conectados al conductor de protección. Por este motivo, todas las tomas de corriente llevarán el conector de tierra y se conectarán al cable de tierra, ya que en una base de enchufe no se puede estimar qué receptor se va a conectar. En cuanto a las líneas de alumbrado, siempre hay que distribuir el cable de tierra; ahora bien, si el dispositivo a conectar no necesita, por sus características, la conexión a tierra, este cable quedará desconectado; sin embargo, si el receptor de alumbrado tuviera, por ejemplo, partes metálicas, se deberá conectar a este el conductor de tierra.



Figura 1.28. Toma de corriente sin TT no permitida en las instalaciones eléctricas.

5.8. Esquemas de circuitos básicos

El siguiente esquema muestra la conexión multifilar de los dispositivos anteriormente vistos.

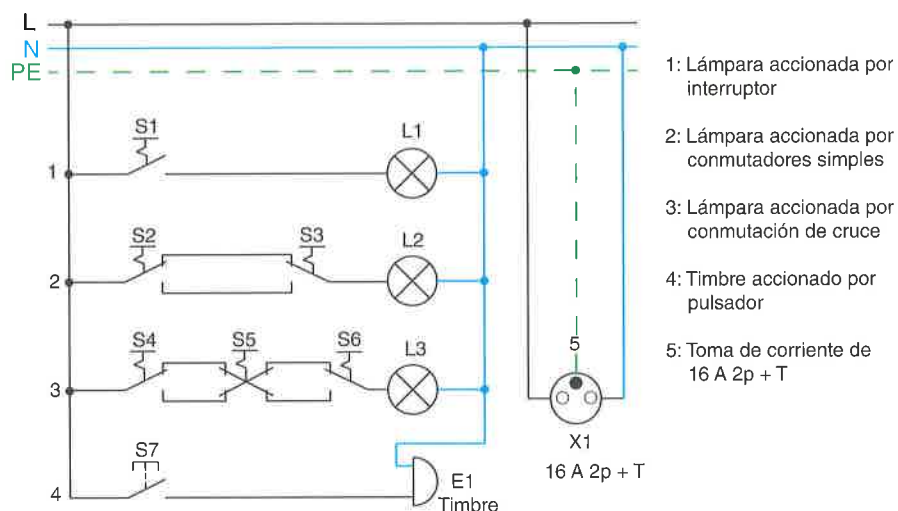


Figura 1.30. Esquemas de conexión multifilar de interruptor, conmutador, conmutador de cruce, pulsador y toma de corriente.

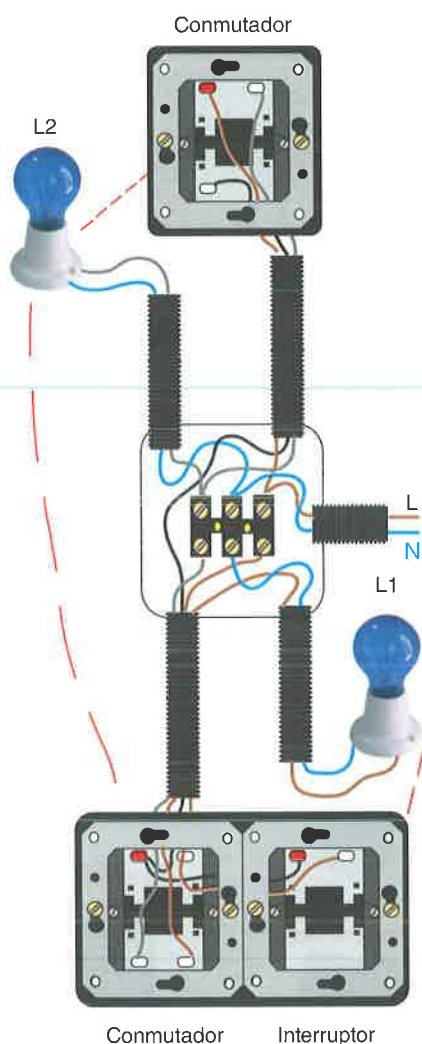


Figura 1.32. Instalación de conmutadas en modo puente.

Ejemplo

Realiza el esquema multifilar de una conmutada simple en un pasillo con una variación de conexionado, utilizando el conexionado en puente; es decir, en este montaje se unirán los «comunes» y se unirán dos «no comunes» por un lado conectándolos a la fase y por otro lado se unirán los otros dos «no comunes» conectándolos a la lámpara.

Solución:

El esquema es el de la siguiente figura:

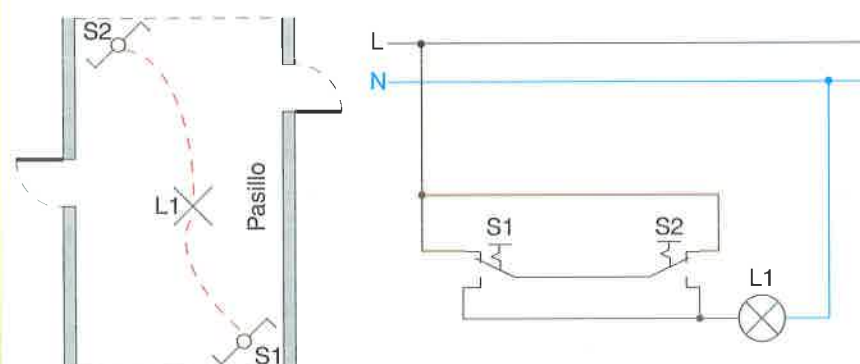


Figura 1.31. Montaje de conmutadas en modo puente.

La diferencia de este montaje es que siempre está presente la fase en ambos conmutadores y es muy útil cuando se requiere una base múltiple en la que los conmutadores están junto a otros conmutadores, interruptores o pulsadores. De esta forma, al tener la fase presente, se puede puentear la fase del conmutador con los otros mecanismos con los que comparte alojamiento y así ahorrar un cable, como muestra la figura 1.32.

5.9. El telerruptor

También conocido como **relé de impulsos**. Es un interruptor que funciona por impulsos eléctricos. Consta de una bobina y unos contactos. Cuando le llega corriente a la bobina del telerruptor los contactos cambian de posición (de abierto a cerrado o viceversa). Cuando le deja de llegar corriente, los contactos mantienen su posición, y para volver a cambiar su estado es necesario que le llegue a la bobina un nuevo impulso de corriente, por eso para su mando se suelen utilizar pulsadores.

Este modo de funcionamiento, entre otras aplicaciones, le permite ser utilizado en sistemas de conmutación utilizando pulsadores como mecanismo de accionamiento. Su aplicación reduce el cableado en el caso de haber un gran número de puntos de conmutación. El telerruptor, por tanto, simplifica la instalación. Su única desventaja es que la avería en uno de los pulsadores (que se quede enganchado) provoca que los demás no funcionen y la bobina del telerruptor corre el riesgo de quemarse.

Se clasifican, por un lado, en función del tipo de corriente (AC o DC) y tensión (230 V, 24 V o 12 V) a la que funciona su bobina y, por otro, según el tipo de contactos (NO o NC) y número de ellos (1 o 2).



Figura 1.33. Telerruptor.

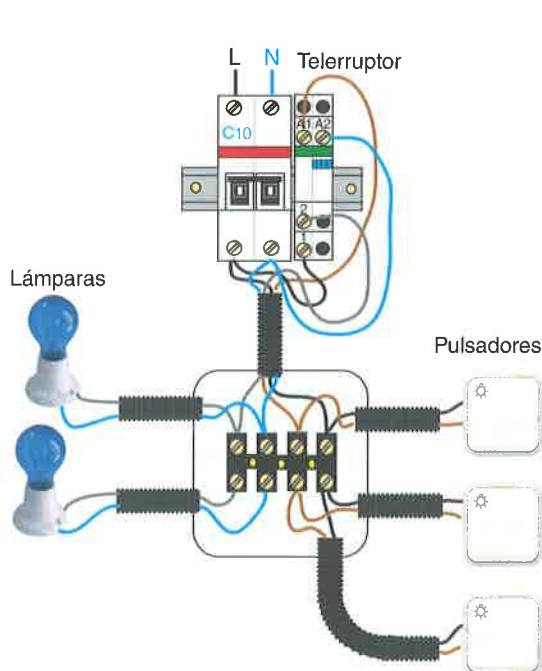


Figura 1.34. Montaje conmutado con telerruptor.

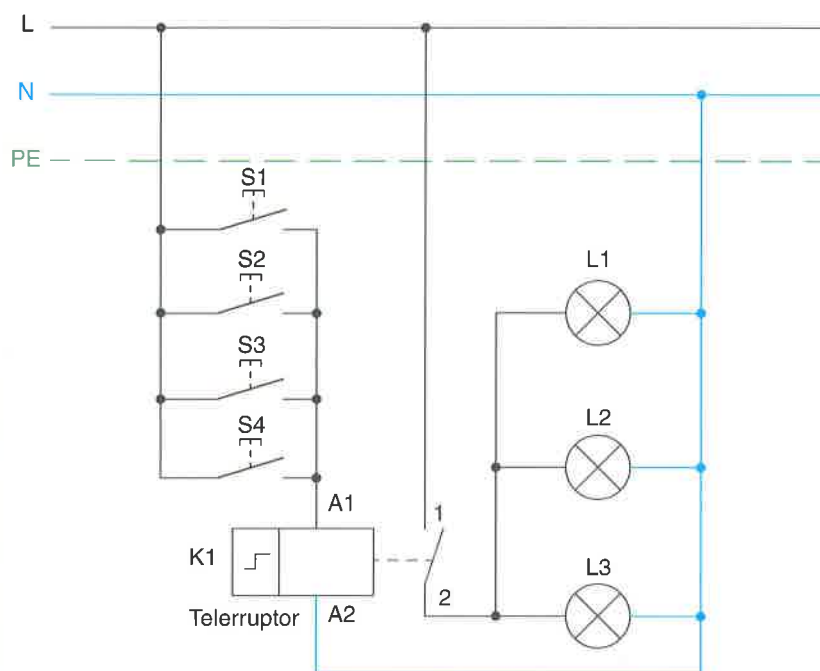


Figura 1.35. Esquema multifilar de instalación conmutada con telerruptor.

Actividades

1. Realiza sobre el panel de prácticas una conexión de dos lámparas accionadas por dos interruptores, los cuales se encuentran en dos cajas de mecanismos. Fíjate en el esquema de la figura 1.17, donde verás que puedes puentear la fase entre ambos interruptores.
2. Sustituye uno de los interruptores de la actividad anterior por un conmutador y añade un nuevo conmutador al montaje para accionar desde dos puntos una de las lámparas de la práctica.
3. Imagina un pasillo de gran longitud de un hotel en el que se debe ubicar un sistema de conmutación para accionar las diferentes lámparas conectadas en paralelo. En dicho pasillo, se ubican pulsadores cercanos a las diferentes habitaciones que realizarán la función de conmutación junto a un telerruptor ubicado en una caja en carril DIN.

Dibuja un croquis de dicho pasillo con las habitaciones que creas convenientes y, sobre dicho esquema topográfico, ubica las lámparas y pulsadores. Finalmente, dibuja el esquema multifilar para el control conmutado mediante telerruptor.

Saber más

El buscapolos

Es una herramienta en forma de destornillador que permite verificar si hay tensión en una línea activa (es decir, la fase y no el neutro). Está compuesto por una punta y un contacto en el extremo superior del mango. Para la verificación de tensión, se debe colocar la punta en un contacto de la línea y tocar en el contacto del extremo superior de tal forma que, si hay tensión, se enciende una pequeña lamparita colocada en el interior del mango. Esta herramienta es muy útil no solo para detectar averías sino también para diferenciar el neutro y la tierra de la fase, ya que tanto en el neutro como en conductores de tierra no debe haber tensión alguna.



Figura 1.36. Buscapolos.



Figura 1.37. Polímetro.

6. Magnitudes y medidas eléctricas

Las magnitudes eléctricas a medir son las representadas en la siguiente tabla:

Magnitud	Unidad	Aparato de medida
Resistencia (R) (y continuidad)	Ohmio (Ω)	Óhmetro
Tensión (V)	Voltio (V)	Voltímetro
Intensidad (I)	Amperio (A)	Amperímetro
Potencia activa (P)	Vatio (W)	Vatímetro
Potencia reactiva (Q)	Voltiamperio reactivo (VAr)	Varímetro (no se mide)
Energía activa (E)	Kilowatio hora (kWh)	Contador de energía activa
Energía reactiva (Er)	Kilovoltio amperios hora (kVArh)	Contador de energía reactiva
Frecuencia	Hertzio (Hz)	Frecuencímetro

Tabla 1.3. Magnitudes, unidades y aparatos de medida eléctricos.

De todas ellas, las magnitudes más frecuentes a medir en las instalaciones eléctricas son:

La tensión, la intensidad, la resistencia y la continuidad ($R = 0$), y la potencia. Para medir las tres primeras magnitudes, se utilizan el polímetro y la pinza amperimétrica; para medir la potencia, el vatímetro. El polímetro y la pinza amperimétrica se comportan de un modo similar, aunque pueden distinguirse dos diferencias: la pinza permite medir la corriente sin necesidad de interrumpir la línea y, aunque realiza las mismas funciones que el polímetro, suele dar la solución con un número de escalas menor. La medida de potencia es algo más compleja que las anteriores, ya que es necesario cuantificar tanto la tensión como la intensidad. En la figura 1.39, se muestra un ejemplo de medida de potencia de una carga monofásica.

El polímetro

Este dispositivo, en su formato más básico, está formado por un *display*, donde se indica el valor a medir, un selector para elegir la medición, una serie de bloques de medida de tensión en alterna, de tensión en continua, de intensidad en alterna, de intensidad en continua y de resistencia, junto con los bornes de conexión de las puntas de medida.

Antes de realizar cualquier medida, es importante conectar las puntas en los bornes correspondientes siempre entre el común de color negro y el borne de tensión/resistencia de color rojo, para medir tensiones o resistencias, y entre el común y los bornes de intensidad correspondientes también de color rojo, para medir intensidades. Este punto es importante, ya que si se realiza una medida de tensión con las puntas conectadas a los bornes de intensidad en su mejor caso saltarán las protecciones internas del polímetro o podrá llegar a averiarlo en el peor de los casos.

Las medidas de tensión y resistencia se realizan en paralelo con los puntos a medir, de forma que en tensión se elige el bloque de medida (corriente alterna o corriente continua) y se selecciona la escala.

Para que una medida sea lo más exacta posible, es importante elegir la escala más cercana al valor de medida; si, por ejemplo, estamos realizando una medida de tensión en corriente alterna cuya tensión desconocemos y elegimos una escala de 20 Vac siendo, por ejemplo, el valor de la tensión de 230 Vac, aparecerá un valor infinito (representado como un 1 en el *display*) que nos indica que el valor es superior al límite de la escala, con lo cual subiremos de escala hasta obtener la medida más exacta posible.

En cuanto a medidas de resistencia, el método es el mismo. Respecto a las anteriores, esta medida tiene una importancia especial, pues es muy utilizada por los instaladores electricistas para verificar la denominada **continuidad**.

Como sabemos, un cable o un contacto cerrado ofrece una resistencia prácticamente igual a $0\ \Omega$. De esta forma, en la escala mas baja de la resistencia, podemos verificar, por ejemplo, si un cable está partido, si los contactos de un mecanismo están en buen estado o, incluso, si hay una correcta conexión de conductores en los bornes.

Los polímetros pueden ofrecer un selector de continuidad audible que emite un pitido cuando hay continuidad.

Para las medidas de intensidad, es importante como se ha dicho antes conectar las puntas en los bornes de medida de intensidad y la medida se realiza en serie; es decir, es necesario desconectar la línea y hacer pasar la corriente a través del polímetro para realizar dicha medida. Igualmente, hay que buscar la escala más próxima a la medición para obtener un valor lo más veraz posible.

La pinza amperimétrica

Este aparato es de gran utilidad para medidas de intensidad, ya que permite la realización de las mismas sin cortar la línea; tan solo basta con abrazar el conductor sobre el que se desea realizar la medida. En algunos modelos, la pinza amperimétrica también permite realizar las medidas de tensión y resistencia.

Medidas

La figura 1.38 representa la forma de realizar las medidas en un circuito eléctrico. Como podemos comprobar, la tensión se mide directamente entre los dos puntos de medición y la intensidad se mide colocando el amperímetro en serie con el circuito cuando se utiliza un polímetro o bien abrazando el conductor con la pinza.

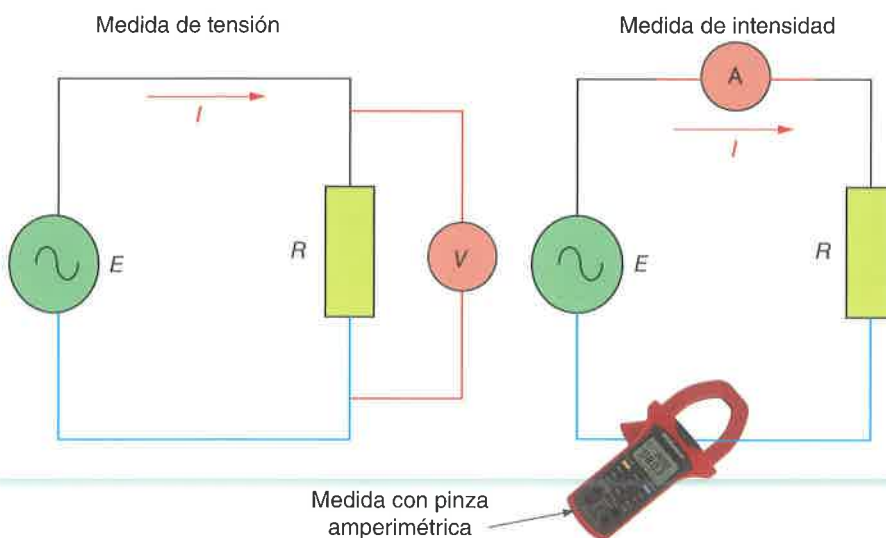


Figura 1.38. Medidas de tensión e intensidad.

Saber más

El vatímetro permite realizar la medida de potencia y consta de dos bobinas, una llamada amperimétrica, de muy baja resistencia conectada en serie en el circuito a medir, y otra denominada voltimétrica, de muy alta resistencia conectada en paralelo.

La figura 1.39 muestra la conexión de un vatímetro para realizar una medida de potencia en una línea monofásica.

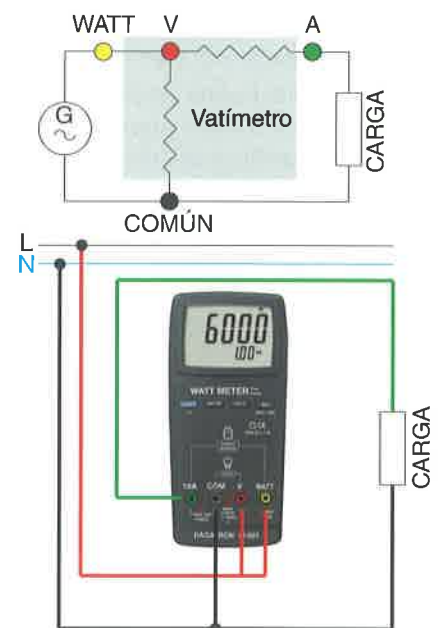


Figura 1.39. Medida de potencia de un receptor en una línea monofásica.



Figura 1.40. Pinza amperimétrica.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

Material

- Cable de 1,5 mm² para el circuito de alimentación de alumbrado y timbre
- Cable de 2,5 mm² para alimentar la toma de corriente
- Un interruptor, dos conmutadores, un pulsador y una toma de corriente de 16 A 2p+T
- Dos lámparas
- Un zumbador o timbre
- Un interruptor automático de 2x10 A y un interruptor automático de 2x16 A
- Dos portalámparas, cinco cajas de mecanismos, dos cajas de registro de 100x100, tubo corrugado, abrazaderas y carril DIN

Montaje de circuitos básicos de un punto de luz, una conmutada, una toma de corriente y un timbre

Objetivo

Familiarizarse con los circuitos más básicos que son utilizados en la práctica totalidad de las instalaciones eléctricas de interiores.

Desarrollo

Se realizará sobre un panel didáctico un montaje que simula una pequeña parte de una instalación de una vivienda que incluirá los siguientes circuitos básicos:

- Un punto de luz accionado por un interruptor.
- Un punto de luz accionado por un conmutador.
- Un timbre o zumbador accionado por un pulsador.
- Una toma de corriente.

1. Dibuja el esquema multifilar con las conexiones entre los dispositivos de la instalación.

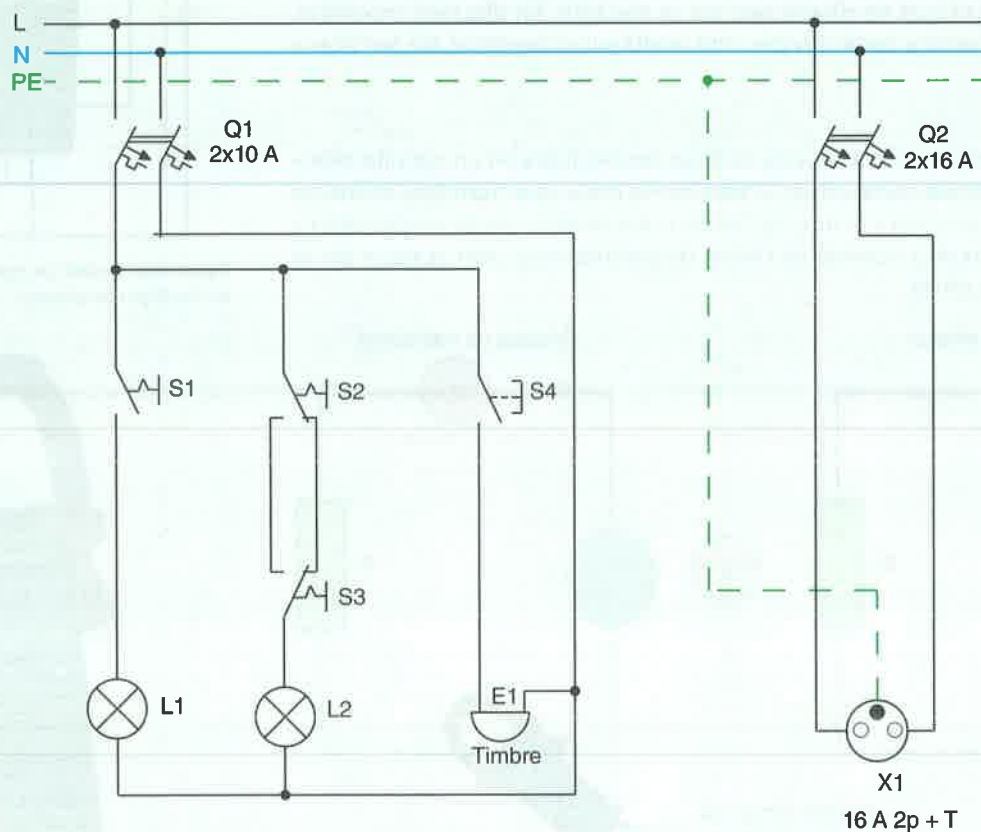


Figura 1.41. Esquema multifilar.

2. Dibuja el esquema unifilar de la instalación.

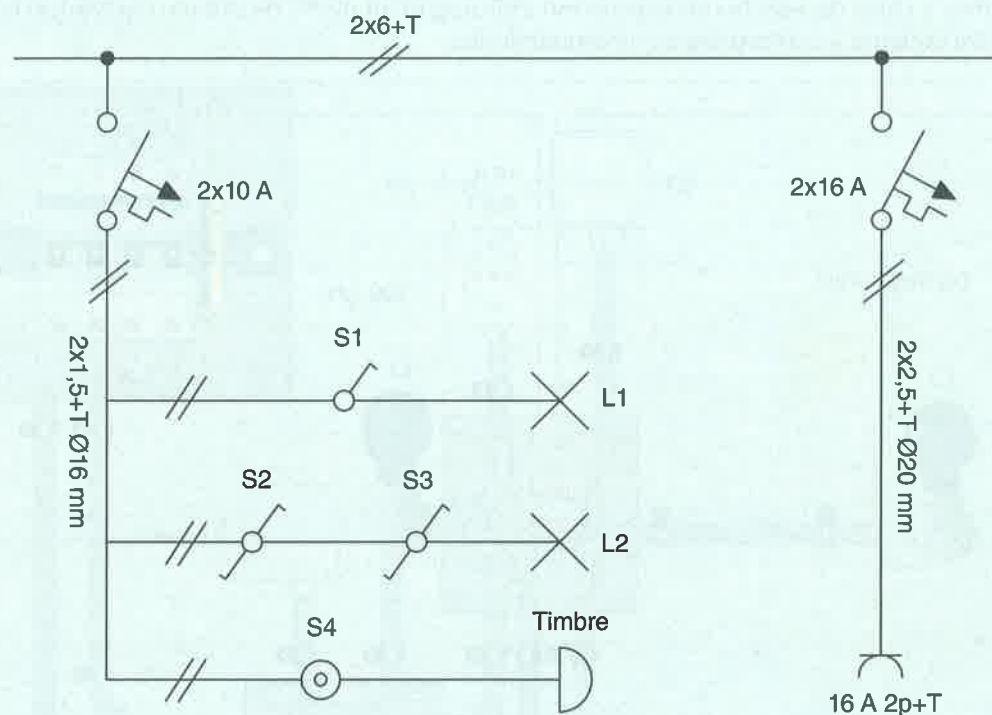


Figura 1.42. Esquema unifilar.

3. Dibuja el esquema de distribución en planta siguiente sobre el panel de trabajo.

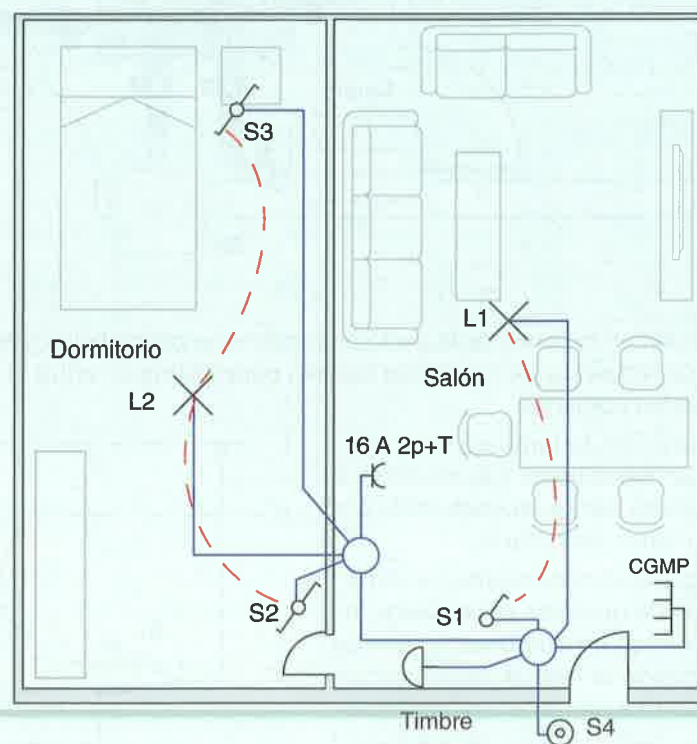


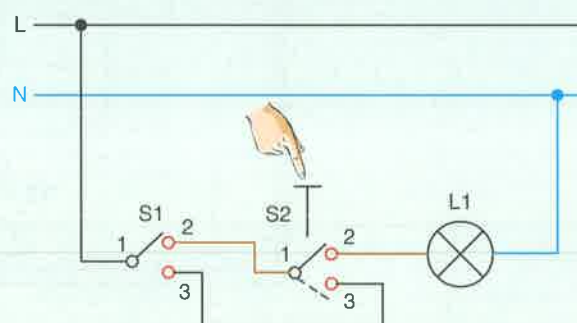
Figura 1.43. Esquema topográfico.

[illegible]

-

5. Realiza la siguiente conexión en la conmutada para comprobar uno de los fallos más comunes. Este consiste en la confusión, como consecuencia de no utilizar colores para distinguir, entre el **común** de los conmutadores y los dos contactos **no comunes**.

Como conclusión, siempre a un conmutador le deberán llegar tres cables: dos de un color, conectados indistintamente a los contactos **no comunes**, y otro de diferente color, que irá desde la fase de alimentación hasta la lámpara. Los colores a utilizar en las conmutadas serán siempre negro, marrón o gris y **nunca** el azul o el verde/amarillo.



28

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 2

Material

- Cable de 1,5 mm²
- Un interruptor, dos conmutadas simples y una conmutada de cruce
- Tres lámparas fluorescentes de 18 W
- Una reactancia de 18/20 W y una reactancia de 36/40 W
- Tres cebadores, tres portacebadores y seis portatubos
- Un interruptor automático de 2×10 A
- Cuatro cajas de mecanismos, 2 cajas de registro de 100×100, carril DIN, tubo corrugado y abrazaderas

Montaje de una instalación eléctrica de fluorescentes accionados desde un punto y desde tres puntos**Objetivo**

Conocer el accionamiento mediante conmutadas de cruce, así como la instalación de lámparas fluorescentes y sus accesorios.

Recomendaciones

Procura respetar los colores de los conductores. Eso te ayudará a evitar errores de conexión en los mecanismos y receptores.

Desarrollo

Se pretende realizar sobre el panel didáctico un montaje para probar el funcionamiento de las conmutadas de cruce y de las lámparas fluorescentes. El montaje es el siguiente:

En la estancia de un local, se instala una luminaria con dos tubos fluorescentes de 18 W. Ambos tubos, cada uno con su cebador independiente, se conectan a una única reactancia de 36/40 W. El accionamiento se realiza mediante un interruptor.

En otra estancia del local, se instala una única luminaria con un tubo fluorescente de 18 W y reactancia de 18/20 W. El accionamiento se realizará desde 3 puntos mediante dos conmutadas simples y una conmutada de cruce.

1. Dibuja el esquema multifilar con las conexiones entre los dispositivos de la instalación.

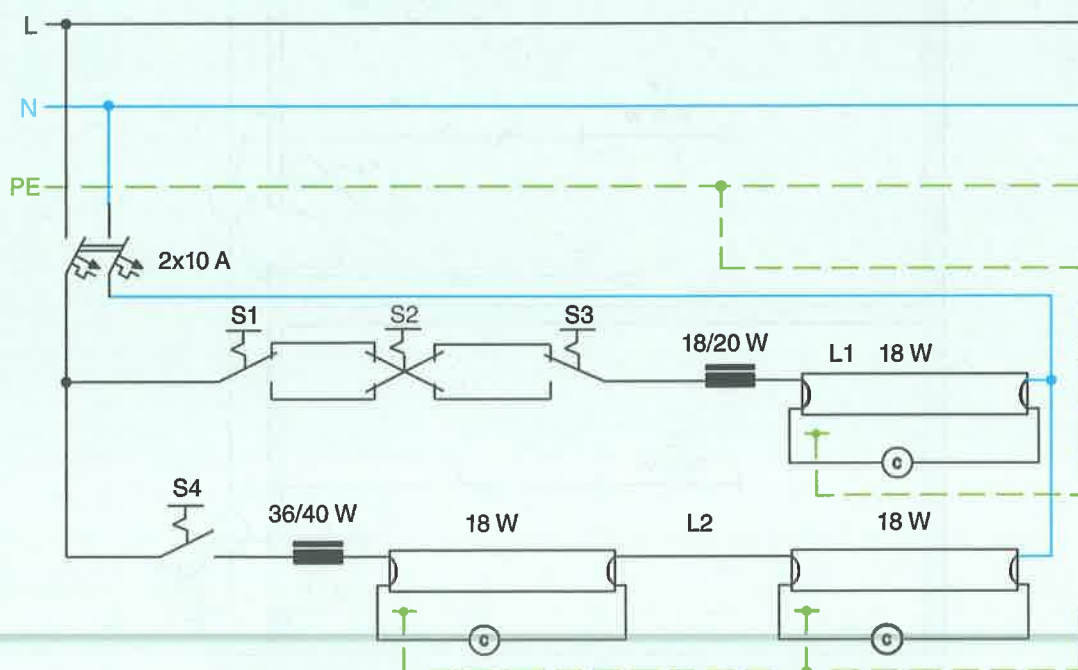


Figura 1.46. Esquema multifilar.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 2

continuación

2. Dibuja el esquema unifilar de la instalación.

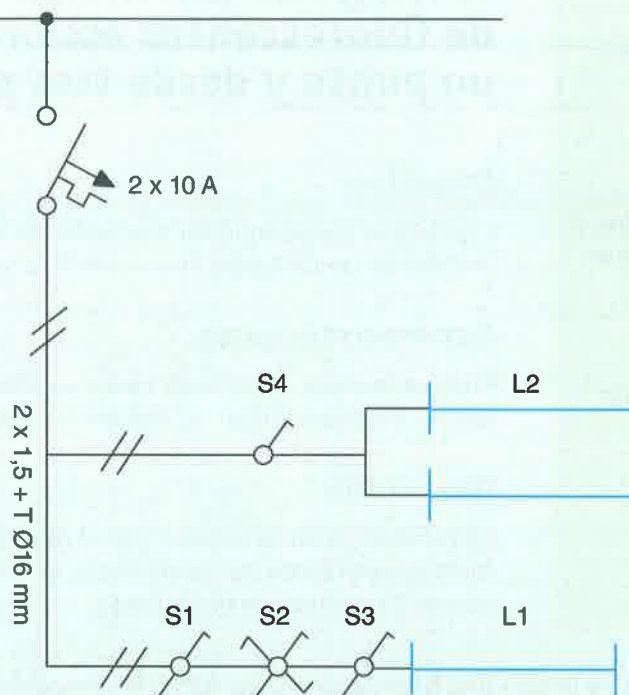


Figura 1.47. Esquema unifilar.

3. Dibuja el esquema de distribución en planta sobre el panel de trabajo.

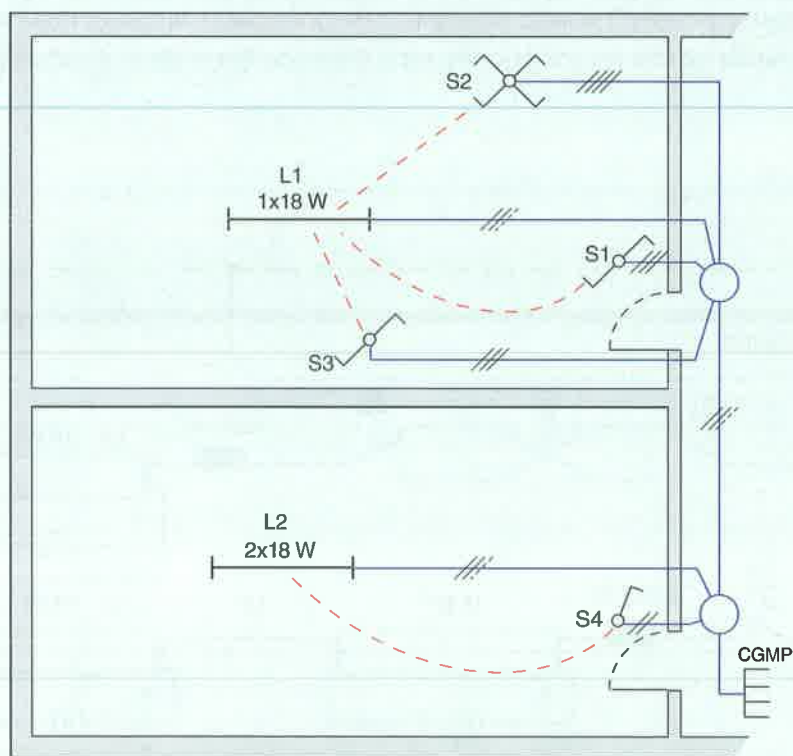


Figura 1.48. Esquema topográfico.

4. En el panel de trabajo, ubica sobre carril DIN el dispositivo de mando y protección, coloca las cajas de mecanismos y cajas de registro en la posición indicada en el plano de planta, realizando la instalación según muestra la figura y comprueba su funcionamiento.

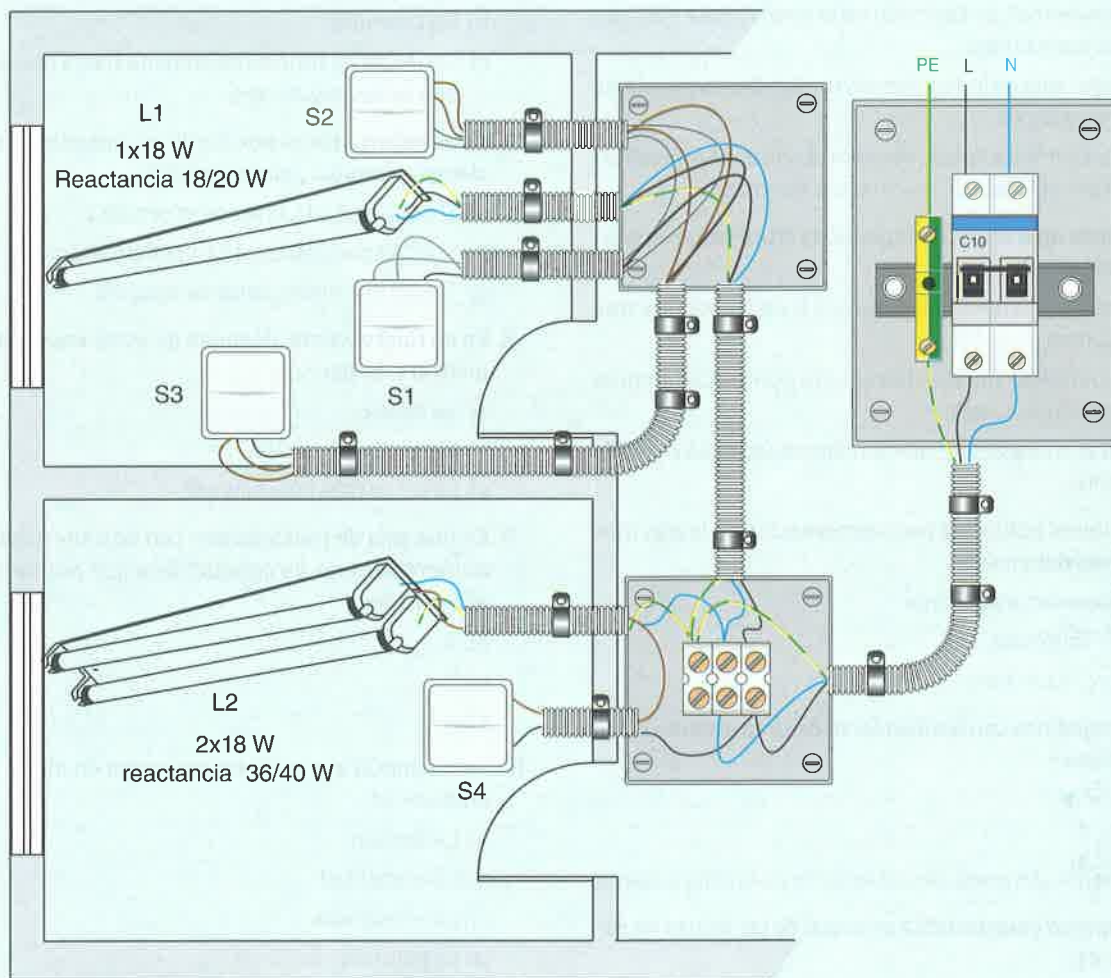


Figura 1.49. Esquema del montaje práctico.

Nota: en las conmutadas, recuerda siempre que el cable conectado al común debe ser de un color diferente. Ocurre de igual modo en la conmutada de cruce: los no comunes procedentes de conmutadores diferentes tendrán colores distintos. Los colores a utilizar son negro, marrón o gris, pero nunca azul o amarillo/verde.

5. Una vez encendidas las lámparas fluorescentes de la luminaria L1, retira el cebador de una de ellas y comprueba qué ocurre; seguidamente, apaga la luminaria L1, retira el cebador de la segunda lámpara fluorescente y pulsa el interruptor S1 comprobando qué ocurre.
6. Añade al circuito otro conmutador de cruce para controlar la luminaria L1 desde 4 puntos.
7. Realiza en el circuito las siguientes modificaciones:
 - Sustituye las dos lámparas fluorescentes de 18 W de la luminaria L1 por una lámpara fluorescente de 36 W.
 - Sustituye la lámpara de la luminaria L2 por una lámpara fluorescente de 36 W.

Asegúrate de que los cebadores tienen la potencia correcta para las nuevas lámparas, comprueba qué ocurre y deduce tus propias conclusiones.

TEST DE EVALUACIÓN

RESUELVE EN TU CUADERNO O BLOC DE NOTAS

1. Un esquema unifilar representa todas las conexiones de forma detallada:

- a) Sí, ya que es el único que representa todos y cada uno de los bornes de conexión de la aparamenta eléctrica y sus conexiones.
- b) Sí, pero solo en los esquemas de distribución en planta o topográficos.
- c) No, ya que este tipo de esquemas son una representación simplificada de los circuitos eléctricos.

2. ¿Se puede utilizar un conmutador de cruce como un conmutador simple?

- a) Sí, obviando uno de los bornes y utilizando los tres restantes.
- b) No, nunca se puede utilizar este conmutador como conmutador simple.
- c) Solo en montajes de conmutadas conectadas en modo puente.

3. Los colores utilizados para alimentación en líneas monofásicas deben ser:

- a) Marrón-amarillo/verde.
- b) Gris-azul claro.
- c) Negro-azul claro.

4. ¿Los empalmes con arrollamiento de cinta aislante están permitidos?

- a) Sí.
- b) No.
- c) Depende del grado de aislamiento de la cinta aislante.

5. La magnitud característica principal de las tomas de corriente es:

- a) La tensión máxima entre bornes.
- b) La intensidad máxima que pueda soportar.
- c) La frecuencia de la red a la que se conecta.

6. En un telerruptor, ¿qué ocurre si se acciona un pulsador y, sin soltarlo, se pulsa otro distinto?

- a) Conmuta.
- b) No conmuta.
- c) Conmuta de forma intermitente hasta que se suelta uno de los pulsadores.

7. En un telerruptor, si por avería un pulsador se quedara siempre cerrado, ¿qué ocurriría?

- a) Si está apagada, la luz se encenderá.
- b) Si está apagada, la luz se quedará apagada.
- c) Si está encendida, la luz se apagará.

8. En un fluorescente, después de estar encendido, si se quita el cebador:

- a) Se apaga.
- b) Se queda encendido.
- c) La luz se hará intermitente.

9. En una caja de mecanismos con dos interruptores, el número mínimo de conductores que podrán llegar a ella será de:

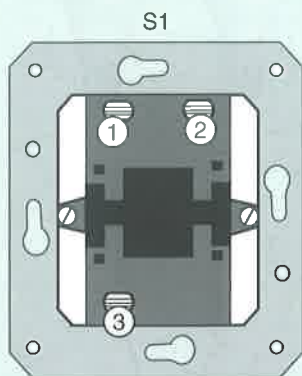
- a) 2.
- b) 3.
- c) 4.

10. La magnitud que mide un polímetro en modo «continuidad» es:

- a) La tensión.
- b) La intensidad.
- c) La resistencia.
- d) La potencia.

ACTIVIDADES FINALES

1. Imagina que tienes un conmutador simple S1 en el que no puedes distinguir por alguna razón los contactos. ¿Cuál sería la forma de poder identificarlos utilizando un polímetro? Para realizar la identificación, utiliza un conmutador simple y con un polímetro en modo continuidad y ve anotando en una tabla si existe o no continuidad entre contactos en una y otra posición. Luego, en función de los datos obtenidos, identifica cuáles son los contactos independientes y el contacto puente del mecanismo.



Posición A		Posición B	
Medida	Continuidad Sí/No	Medida	Continuidad Sí/No
1→2		1→2	.....
1→3		1→3	.....
2→3		2→3	.....

Contacto común: 5 5 5 5 5

Contactos puentes: 5 5 5 5 5

2. Indica el nombre y el tipo (unifilar o multifilar) de cada uno de los símbolos de la tabla.

Símbolo	Tipo	Nombre	Símbolo	Tipo	Nombre

3. Realiza el esquema multifilar de dos puntos de luz en paralelo accionados desde 4 puntos con conmutadas.

4. Realiza el montaje de una galería ciega de 4 zonas. El proceso es el siguiente: al entrar al área A la lámpara L1 se encenderá, al entrar en el área B la lámpara L1 se apagará y se encenderá la lámpara L2, al entrar en el área 3 la lámpara L3 se encenderá y se apagará la lámpara L2 y finalmente al entrar en el área 4 la lámpara L4 se encenderá y se apagará la lámpara L3. En el retroceso el proceso será al contrario.

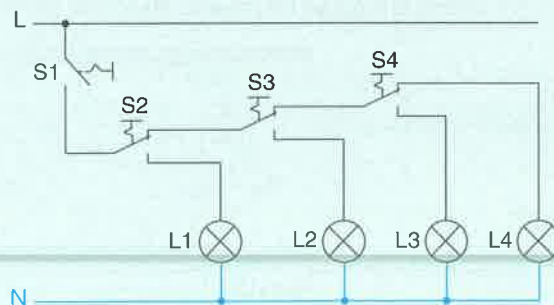
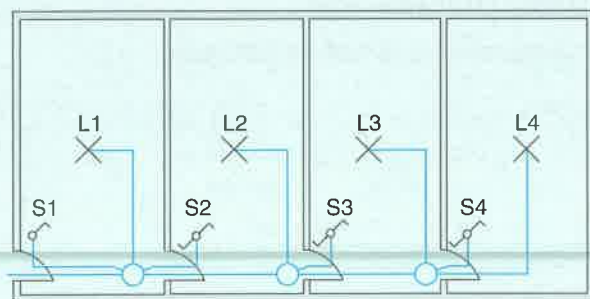


Figura 1.50. Esquema topográfico y multifilar de la galería ciega.

ACTIVIDADES FINALES

5. Monta sobre el panel de pruebas dos lámparas en serie y realiza las siguientes medidas:

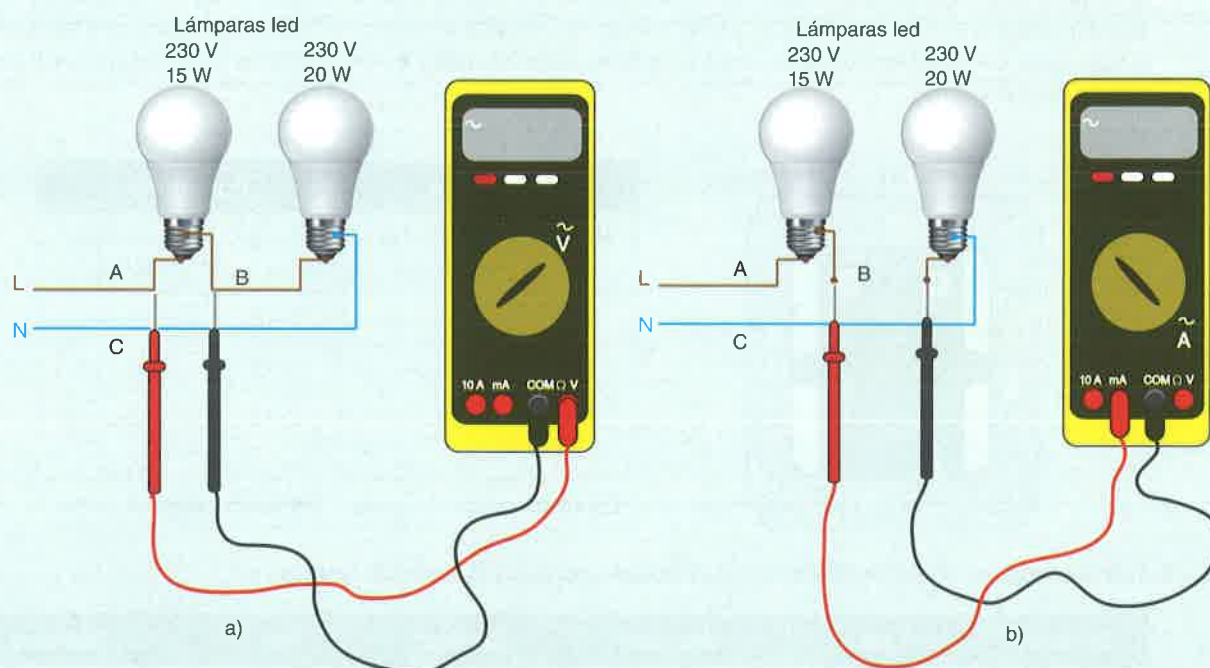


Figura 1.51. Medidas de tensión e intensidad.

Medidas de tensión e intensidad	
1	Conectar dos lámparas led de 15 W y 20 W en serie a la alimentación de 230 V, tal como muestra la figura 1.51a.
2	Realizar la medida de tensión entre los puntos A y B.
3	Realizar la medida de tensión entre los puntos B y C.
4	Cambiar la lámpara de 15 W por una de 20 W y volver a realizar las medidas anteriores, comparando los resultados con los obtenidos anteriormente.
5	Conectar las dos lámparas de 10 W y 20 W en serie a través del polímetro a la alimentación de 230 V, tal como muestra la figura 1.51b, y realizar la medida de intensidad.

6. Realiza el montaje de dos lámparas accionadas desde dos puntos, tal como muestra la figura 1.52. Para ello, deberás utilizar el montaje conmutado en puente que muestra la figura 1.31 de esta unidad.

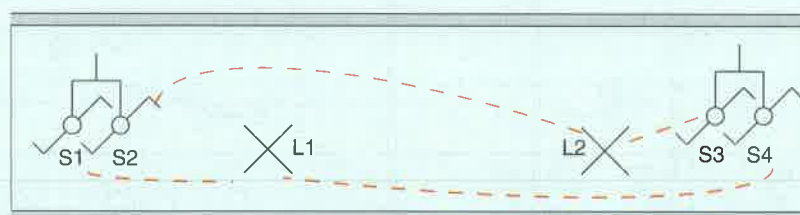


Figura 1.52.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Material

- Cable de 1,5 mm²
- Un interruptor automático de 2x10 A
- Un telerruptor
- 4 pulsadores y 1 interruptor
- 3 lámparas y 3 portalámparas
- 2 cajas de registro de 100x100, perfil DIN, tubo corrugado, abrazaderas y 5 cajas de mecanismos

Montaje de un circuito conmutado mediante telerruptor y pulsadores

Objetivo

Familiarizarse en la ejecución de instalaciones eléctricas montando un sencillo cuadro de mando y una sencilla distribución eléctrica para el montaje de un circuito conmutado utilizando un telerruptor y, una vez montado, se realizarán sencillas ampliaciones.

Desarrollo

La práctica consiste en realizar un sencillo montaje conmutado para el accionamiento de dos lámparas conectadas en paralelo desde tres puntos mediante pulsadores y telerruptor.

1. Completa el esquema multifilar del montaje eléctrico a realizar.

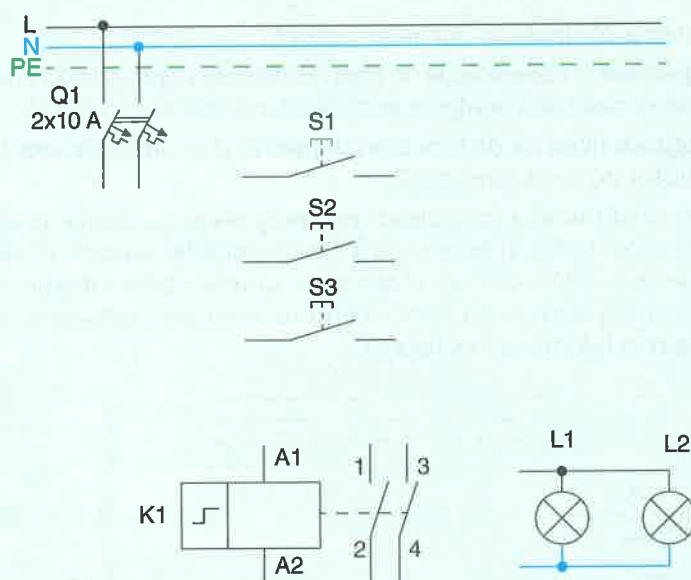


Figura 1.53. Esquema multifilar de la instalación.

2. Dibuja el esquema de distribución en planta sobre el panel de pruebas, tal como muestra la figura 1.54. De esta forma, nos haremos una idea del conjunto de la instalación, de la ubicación de los diferentes mecanismos, de la posición de las cajas de registro y del trazado de los tubos sobre el panel de pruebas.
3. Simboliza mediante líneas el número de conductores que debe llevar cada canalización representada en el esquema de distribución de la figura.

¿Cómo denominarías ahora a este esquema que has completado

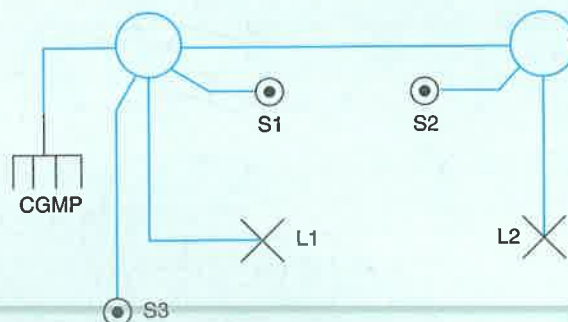


Figura 1.54. Esquema de distribución en planta de la instalación conmutada.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

continuación

4. En el panel de trabajo, monta sobre el carril DIN el interruptor automático y el telerruptor. Seguidamente, coloca en la posición indicada las cajas de registro, las de mecanismos y el portalámparas. Finalmente, realiza el cableado según el esquema multifilar que has diseñado y prueba su funcionamiento.

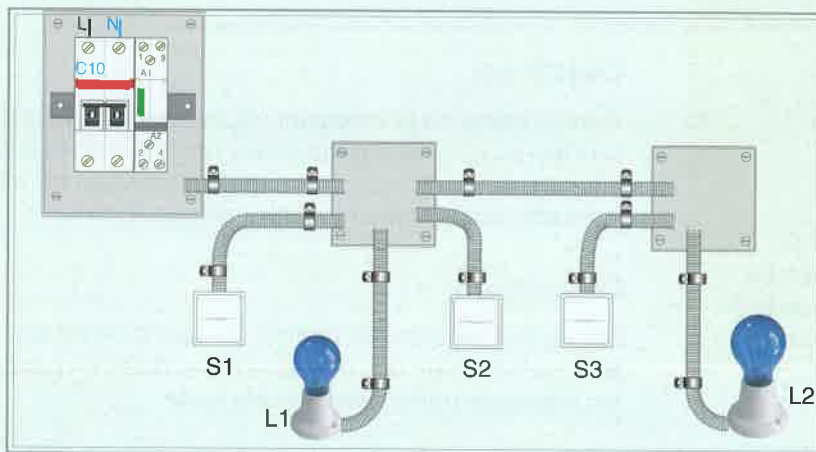


Figura 1.55. Esquema de montaje.

¿Que ventaja ofrece un sistema conmutado con telerruptor?

La ventaja principal es que permite la conexión de un gran número de puntos de conmutación de forma sencilla y con cableado mínimo, debido a que cada punto de accionamiento (pulsador) se coloca en paralelo con el resto.

¿Se podrían aprovechar algunos hilos de distribución del sistema conmutado por telerruptor para el accionamiento mediante interruptor de otras lámparas?

Sí, ya que el hilo de fase es distribuido a los pulsadores, pero en el esquema de la figura 1.57 el telerruptor corta tanto fase como neutro; por tanto, si queremos tener disponibles ambos, el neutro no debe ser cortado por el telerruptor. Realiza esta modificación en el panel de pruebas para incorporar un interruptor (S5) que acciona una nueva lámpara (L3) y aprovecha para incorporar un nuevo pulsador (S4) al circuito conmutado ya existente, tal como muestran las siguientes figuras:

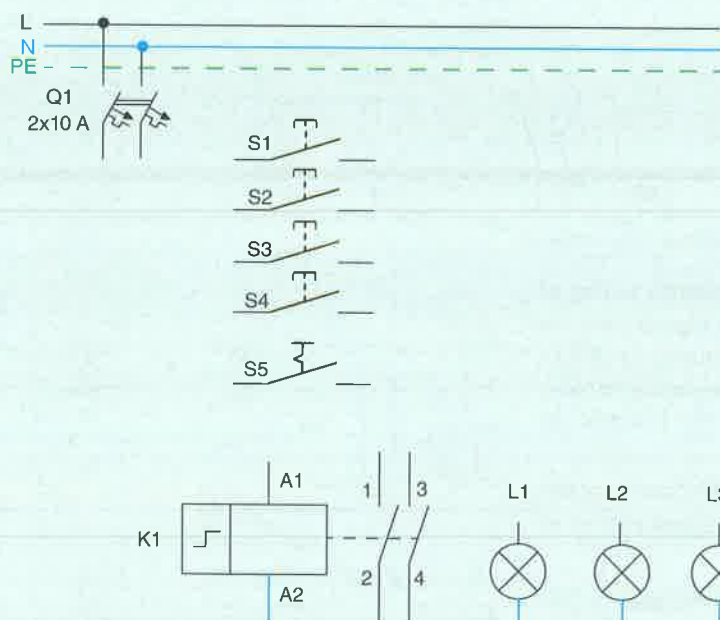


Figura 1.56.

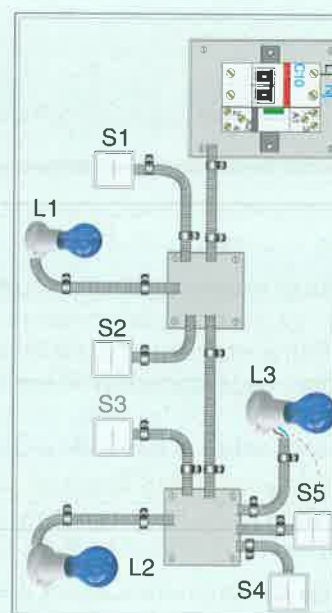
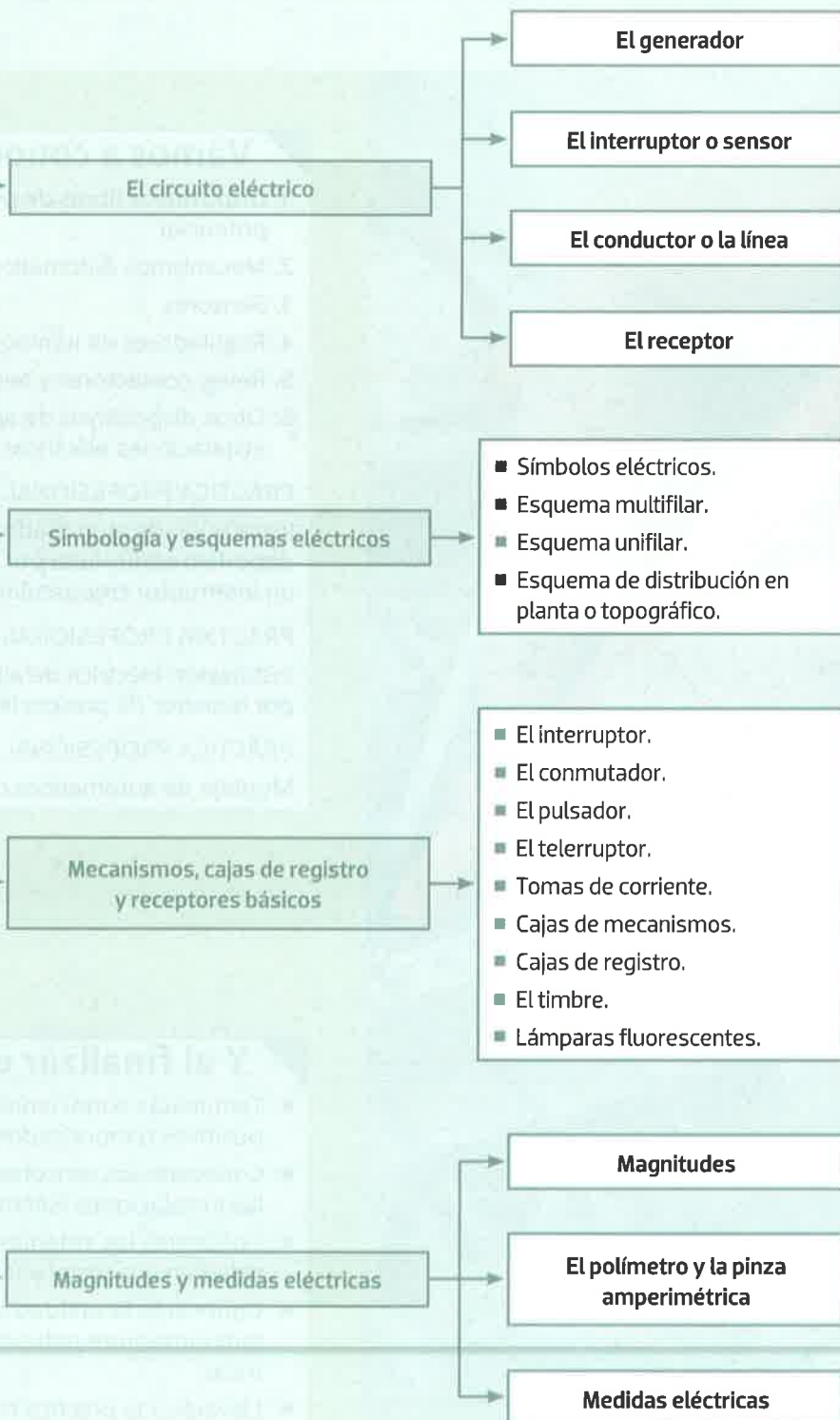


Figura 1.57.

EN RESUMEN

CIRCUITOS ELÉCTRICOS BÁSICOS I



2 Circuitos eléctricos básicos II



Vamos a conocer...

1. Dispositivos libres de potencial y no libres de potencial
2. Mecanismos automáticos temporizados
3. Sensores
4. Reguladores de luminosidad
5. Relés, contactores y temporizadores
6. Otros dispositivos de aplicación a las instalaciones eléctricas

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

Instalación de alumbrado de un pequeño pabellón deportivo controlada por un interruptor horario y un interruptor crepuscular

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 2

Instalación eléctrica de alumbrado temporizado y por detector de presencia

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Montaje de automáticos de escalera en un edificio

Y al finalizar esta unidad...

- Terminarás conociendo el control mediante dispositivos temporizados.
- Conocerás los sensores más usuales utilizados en las instalaciones eléctricas.
- Conocerás los sistemas de regulación de luminosidad en una instalación eléctrica.
- Conocerás la utilidad de los contactores, relés y temporizadores aplicados a las instalaciones eléctricas.
- Llevarás a la práctica el montaje de los diferentes dispositivos y la interconexión entre ellos.

1. Dispositivos libres de potencial y no libres de potencial

Antes de abordar estos mecanismos más complejos, hay que especificar que dependiendo del fabricante existen modelos que ofrecen dos bornes de salida (interruptor) o tres bornes de salida (conmutador).

Si bien, habría varios criterios para clasificarlos, existen dos grandes grupos que es fundamental distinguir, pues afecta en gran medida al conexionado del circuito.

- **Dispositivos libres de potencial:** comúnmente, se denomina con este nombre a aquellos que ofrecen en su salida dos bornes en modo interruptor simple o tres salidas en modo conmutado, que se debe alimentar externamente.
- **Dispositivos no libres de potencial:** también llamados de **contacto de potencial**, son aquellos que únicamente ofrecen un borne de salida y la alimentación al receptor se realiza internamente desde la alimentación del dispositivo.

En el mercado, prácticamente existe toda la gama de dispositivos en ambas versiones.

Vocabulary

- Multímetro digital: *digital multimeter (DMM)*.
- Escala: *range*.
- Autoescala: *autorange*.
- Desbordamiento: *overload (OL)*.
- Resolución: *resolution*.
- Precisión: *accuracy*.
- Sonda de prueba: *test probe*.
- Cable de prueba: *test lead*.
- Retener: *hold*.

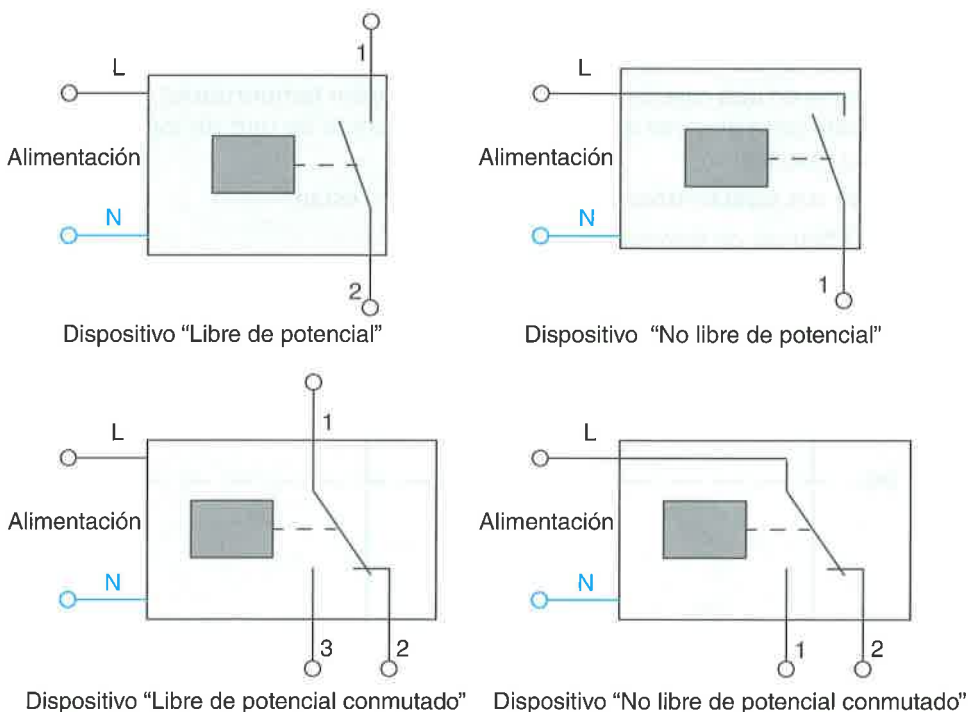


Figura 2.1. Bloque esquemático de dispositivos libres y no libres de potencial.

Actividades

1. Examina todos los dispositivos (temporizadores, interruptores horarios, interruptores crepusculares, detectores de presencia, termostatos, etc.) con los que cuentas en el aula-taller y describe si son o no libres de potencial y si ofrecen una salida a interruptor o a conmutador.
2. Se supone un dispositivo libre potencial alimentado a 230 V. ¿Podrías accionar un receptor alimentado 12 V?
3. Se supone que el dispositivo ahora es de no libre potencial a 230 V. ¿Podrías realizar la operación anterior?
4. Intenta dibujar un esquema de ambos y razona las dos respuestas anteriores.

2. Mecanismos automáticos temporizados

Denominamos mecanismos **automáticos temporizados** a aquellos que no necesitan siempre la acción de una persona para activar o desactivar un determinado receptor; es decir, actúan sobre los receptores con un tiempo de activación o desactivación preestablecido.

Aunque estos dispositivos son muy frecuentes, el más conocido, sin ningún género de dudas, es el de las escaleras de los edificios de viviendas que se explica a continuación.

2.1. El automático de escalera

Este dispositivo se utiliza para proporcionar un **sistema de temporización de alumbrado**, principalmente a escaleras y pasillos de edificios, accionándose mediante pulsadores; transcurrido el tiempo ajustado, se desconecta automáticamente. Estos dispositivos poseen, además de un regulador de tiempo de accionamiento, un conmutador que permite el encendido **automático (temporizado)** o bien el encendido **permanente**; esta última opción es útil cuando se requiere que los receptores permanezcan encendidos durante tiempo indefinido hasta que se accione nuevamente en posición automática.

Existen en el mercado varias versiones: para alojarse en carril DIN, para alojarse en una caja de mecanismos (**interruptor temporizado**) y en formato pastilla para alojarse en la caja de mecanismos de uno de los pulsadores de la instalación.

Entre sus características técnicas principales están:

- El tiempo de temporización.
- La tensión de alimentación.
- La carga máxima del contacto de salida (en A, W o VA).



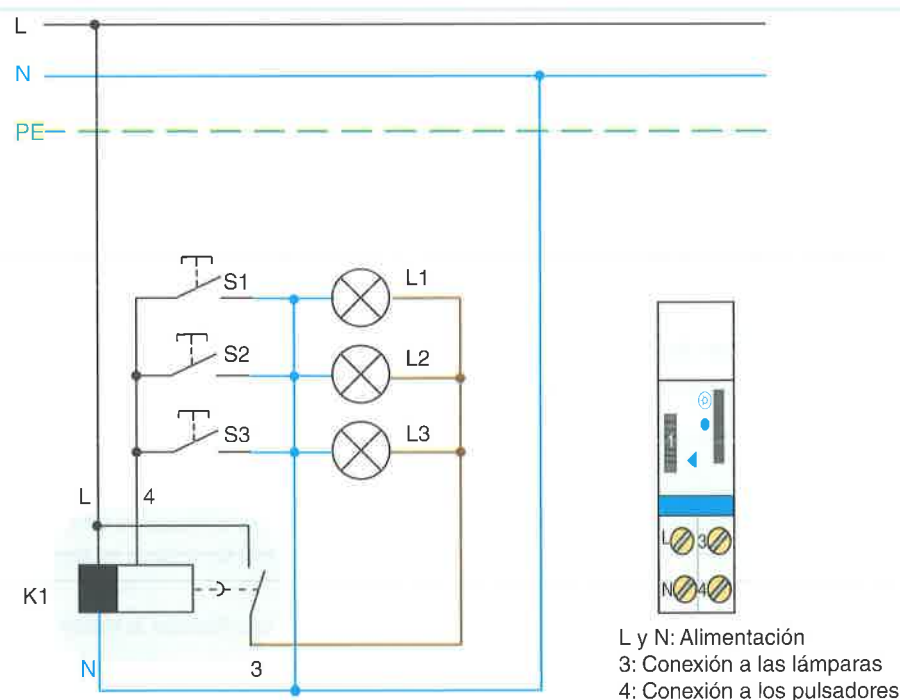
Figura 2.2. Interruptor temporizado (automático de escalera en caja de mecanismos) (ORBIS).



Figura 2.3. Automático de escalera para carril DIN (ORBIS).



Figura 2.4. Temporizador regulable de pastilla a 2 hilos que puede ser utilizado como automático de escalera (VARILAMP).



El automático de escalera para carril DIN puede funcionar de dos formas: a tres hilos y cuatro hilos, y los esquemas correspondientes a estas dos modalidades son los de las figuras 2.5 y 2.6, respectivamente.

La diferencia entre ambos es que a tres hilos todo el alumbrado de la escalera del edificio está temporizado; sin embargo, si utilizamos el sistema de cuatro hilos al distribuir la fase y el neutro, podemos utilizarlas para alimentar una o más lámparas independientes que no requieran temporización.

El automático de escalera para caja de mecanismos (interruptor temporizado) debe distribuir 4 hilos, fase y neutro, vuelta de lámparas y línea de pulsadores.

Por otro lado, en el automático de escalera a dos hilos tipo pastilla, se necesitan tres hilos de distribución: fase, neutro y común (pulsadores y lámparas), con lo que ofrece la ventaja de distribuir la fase y el neutro para accionar lámparas no temporizadas con tres hilos (véase figura 2.10).

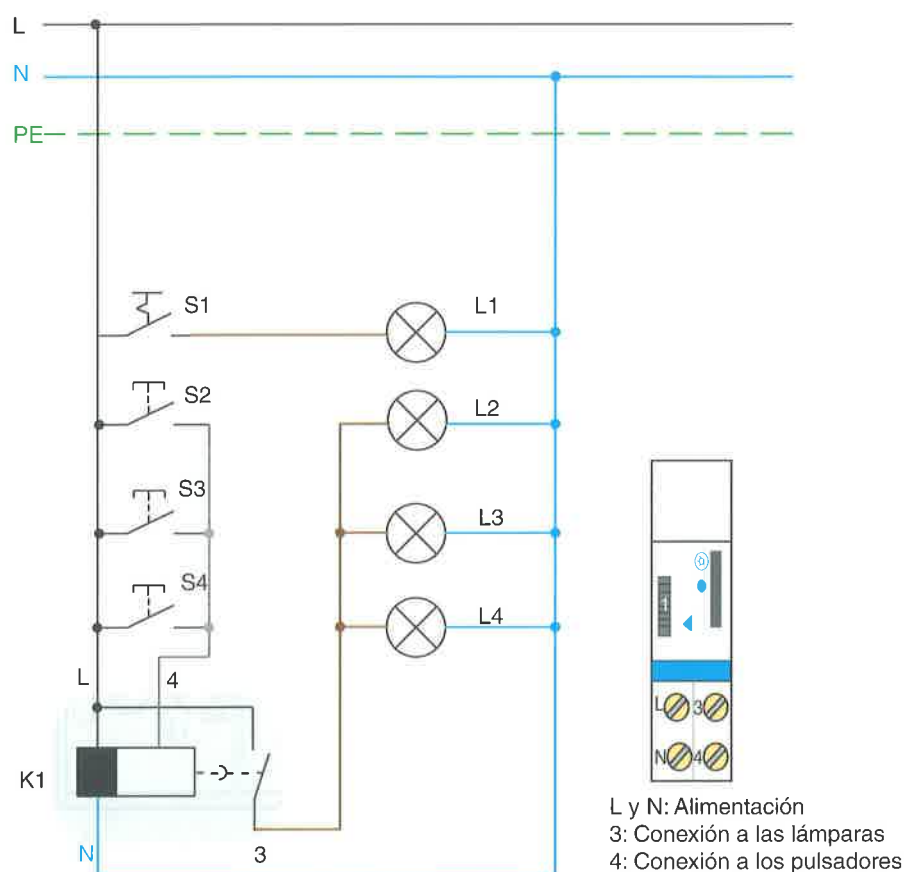


Figura 2.6. Automático de escalera a 4 hilos.

En muchos sensores, figuran dos valores de carga máxima: el de menor valor es el que debemos tomar cuando los receptores que se van a alimentar son cargas inductivas (lámparas de descarga, motores, etc.) y el de mayor valor, cuando los receptores son resistivos (lámparas de incandescencia, resistencias de caldeo, etc.).

Las aplicaciones de los automáticos de escalera pueden ser diversas, pero una de ellas es precisamente disponer de alumbrado temporizado en la escalera y pasillos de los edificios de viviendas. En éstos, los pulsadores deben instalarse de tipo luminoso.

Saber más

Los receptores inductivos (reactancias, motores, etc.), cuando se alimentan en corriente alterna, producen en la conexión y desconexión una sobreintensidad. A este fenómeno se lo conoce como autoinducción.

En cuanto a las lámparas, existen dos grandes grupos de lámparas:

- Lámparas de arranque directo (incandescentes estándar, luz mezcla, led, etc.).
- Lámparas de descarga (fluorescentes, vapor de mercurio, vapor de sodio, etc.), las cuales para su funcionamiento precisan de un bobinado o reactancia; por lo tanto, estas están sometidas a la sobreintensidad de autoinducción.



Figura 2.7. Pulsador luminoso (BJC).

Vocabulary

- Fusible: fuse.
- Categoría: category.
- Pinza amperimétrica: current clamp.
- Sonda de alta tensión: high voltage probe.
- Continuidad: continuity.
- Diodo: diode.
- Divisor de tensión: voltage divider.
- Valor eficaz: root mean square (RMS).
- Verdadero valor eficaz: true root mean square (TRMS).

Ejemplo

Imagina los dos aseos de un bar en los cuales se requiere un sistema de conmutación temporizado de luz desde 3 puntos en cada aseo. Realiza el esquema de distribución en planta y esquema multifilar de la instalación utilizando 2 automáticos de escalera de pastilla ubicados en dos cajas de registro del bar.

Solución:

Como puedes comprobar, se ubican en dos cajas de registro del bar dos automáticos de escalera tipo pastilla (K1 y K2), uno para cada servicio, temporizados a un tiempo restablecido, por ejemplo 4 minutos, ambos conectados a uno de los circuitos de alumbrado. Utilizamos el circuito de 3 hilos y dentro en los aseos colocamos 3 lámparas led y 3 pulsadores luminosos. Cada vez que se accione un pulsador, el automático de escalera accionará su contacto alimentando las lámparas, de forma que transcurrido el tiempo preestablecido (4 minutos en nuestro caso) se apagarán. Cualquier cliente que se encuentre dentro de un aseo pasados los 4 minutos y las lámparas se hayan apagado podrá encenderlas de nuevo accionando el pulsador luminoso más cercano.

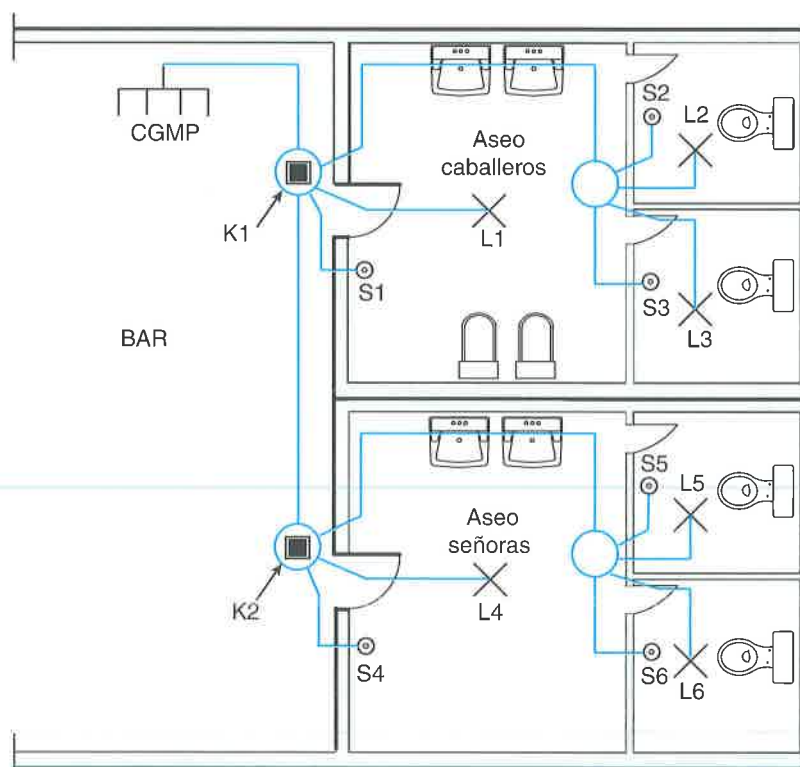


Figura 2.8.

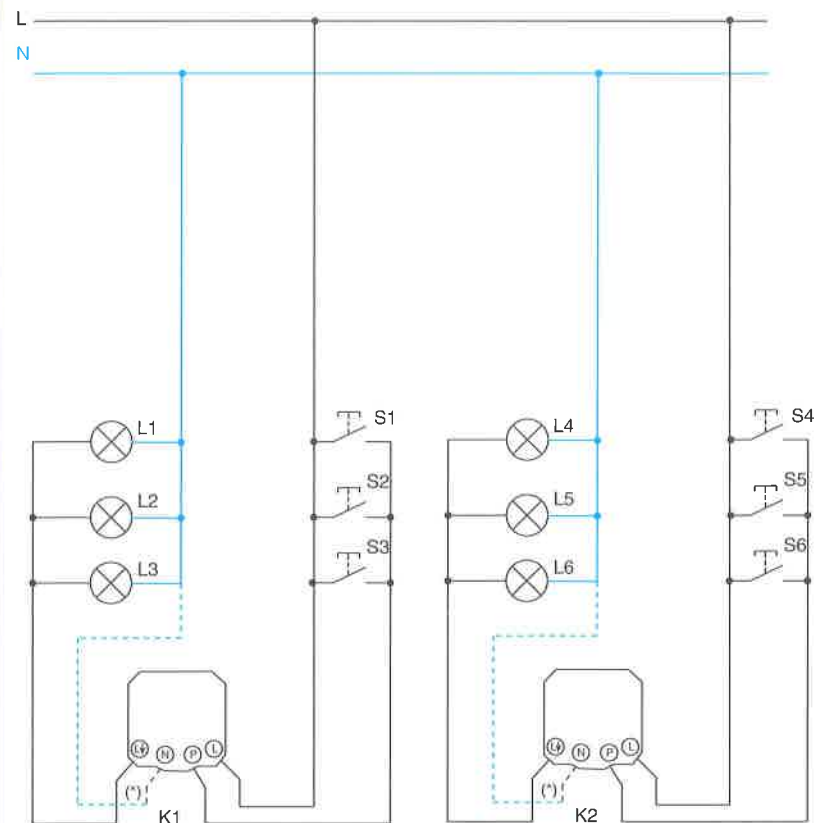
Ventajas y desventajas del uso de automáticos de escalera de pastilla frente a los de carril DIN.

La ventaja principal de los automáticos de escalera de tipo pastilla es que sus pequeñas dimensiones le facilitan la colocación en cajas de registro o tras uno de los pulsadores en una caja de mecanismos. Por el contrario, la ventaja principal de los de carril DIN es que poseen un interruptor para modo permanente que, en caso de obras de fontanería, albañilería, de pintura, etc. en los aseos, al accionar el modo permanente en el automático de escalera quedará desactivada la temporización, de forma que una vez terminado dicho evento se volverá a accionar el modo automático para su normal funcionamiento (temporizado).

continúa »

> continuación

El esquema multifilar de la instalación queda representado del siguiente modo:



(*) En algunos modelos de automáticos de escalera de pastilla, se proporciona un terminal para conexión a neutro necesario en algunos tipos de lámparas Led que producen parpadeos o no apagan completamente a la desconexión.

Figura 2.9.

En el ejemplo anterior también podrían utilizarse pastillas temporizadas de dos terminales, según muestra la figura 2.10. En cualquier caso, las pastillas podrían ser alojadas en cajas de registro o en alguna de las cajas de mecanismos de los pulsadores de la instalación. Algunos fabricantes ofrecen el **modo permanente** que es muy útil para labores de mantenimiento, limpieza, etc., en la estancia donde se realiza el alumbrado temporizado. En estos modelos, esta operación se realiza con un determinado número de pulsaciones en un tiempo corto sobre cualquier pulsador, que hacen que la pastilla mantenga las lámparas encendidas durante un largo periodo de tiempo.

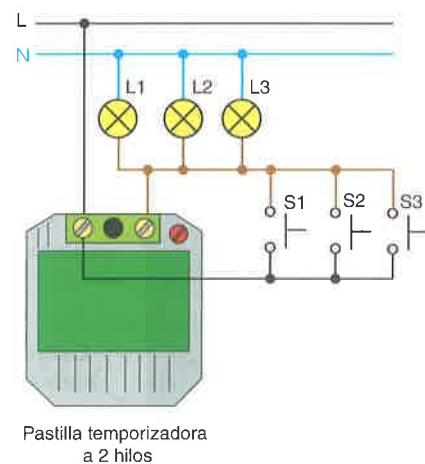


Figura 2.10. Temporización mediante pastilla de 2 hilos.

Actividades

- Basándote en los esquemas anteriores del automático de escalera, deduce al menos un ejemplo en el cual sea recomendable utilizar en un edificio de viviendas la distribución a 4 hilos.
- En un automático de escalera, figuran las siguientes características: 230 V, 2 000 W (1 500 W). Basándote en el ejemplo anterior, calcula cuántas lámparas fluorescentes 230 V / 40 W podría alimentar dicho automático.
- Utilizando un automático de escalera a dos hilos, realiza el esquema de instalación para accionar de forma temporizada 4 lámparas desde 4 pulsadores.

La siguiente figura muestra las conexiones, así como un ejemplo de una instalación de alumbrado temporizado mediante un automático de escalera para caja de mecanismos accionado con pulsadores. En este dispositivo, al no disponer de conmutador interno para el accionamiento en modo permanente, es necesario conectar un interruptor externo si se requiere dicha función.

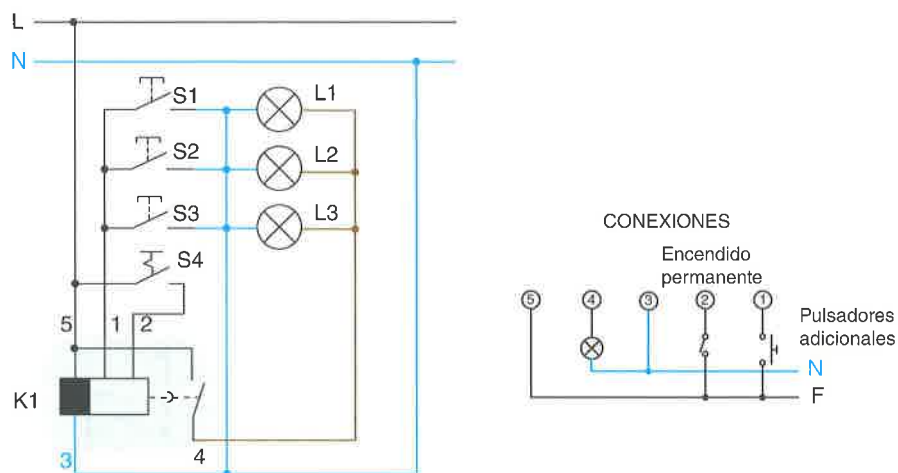


Figura 2.11. Esquema de conexión de un interruptor temporizado (ORBIS).

Ejemplo

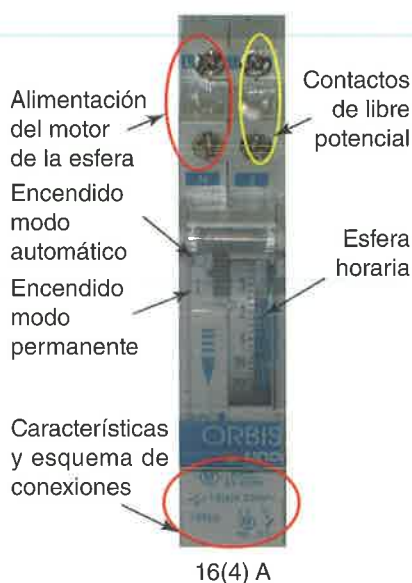
Un fabricante como ORBIS nos indica que, para un automático de escalera en caja de mecanismos (interruptor temporizador), la carga máxima es de 1500 W (1200 W). Calcular el número máximo de lámparas que se podrían conectar en los siguientes casos:

- Lámparas incandescentes estándares de 230 V/60 W.
- Lámparas fluorescentes de 230 V/40 W.

Solución:

En el primer caso, el número de lámparas sería $1500/60 = 25$ lámparas.

En el segundo caso, el número de lámparas sería $1200/40 = 30$ lámparas.



16 A: Cargas resistivas (lámparas de incandescencia halógenas, etc.)

4 A: Cargas inductivas (lámparas fluorescentes, etc.)

Figura 2.12. Interruptor horario de esfera (ORBIS).

2.2. El interruptor horario

Mediante este elemento, se pueden programar unas horas preestablecidas para la activación o desactivación de su contacto. Podemos encontrar básicamente dos tipos:

- **De esfera:** la programación horaria se realiza mediante una esfera horaria movida por un pequeño motor interno. En su interior, unas pequeñas pestañas se extraen o se introducen en dicha esfera.

Por norma general, si la pestaña está fuera, el contacto se cerrará; si la pestaña está hacia dentro, el contacto se abrirá.

Estos permiten, dependiendo del fabricante o modelo, un ajuste de tiempo comprendido entre 10 y 15 minutos.

En cuanto a la pérdida de alimentación, los podemos encontrar con o sin batería de reserva: los primeros poseen una batería que permite mantener la hora haciendo girar la esfera aun no habiendo alimentación; los segundos, al no poseer dicha batería, necesitarían un reajuste de la hora en caso de pérdida de alimentación.

- **Digitales:** permiten una temporización mínima, por lo general de 1 minuto. Internamente, en el mismo interruptor horario pueden existir varios canales. Esto proporciona la posibilidad de accionar diferentes receptores con una programación independiente para cada uno de los canales. Así mismo, posee una batería interna de larga duración para no perder la hora en caso de fallo en la alimentación. Además se pueden ajustar tiempos de activación diferentes a cada día de la semana o en diferentes meses del año.



Figura 2.13. Interruptores horarios digitales (ORBIS y MERLIN GERIN).

Características principales de los interruptores horarios:

- Tipo: de esfera o digital.
- Tensión de alimentación.
- Tiempo de reserva de la batería.
- Número de contactos.
- Tipo de contacto: de libre potencial o de no libre potencial.
- Tipo de programación: diaria, semanal o anual (semanal o anual en caso de interruptores horarios digitales).
- Carga máxima del contacto de salida (en A, W o VA).

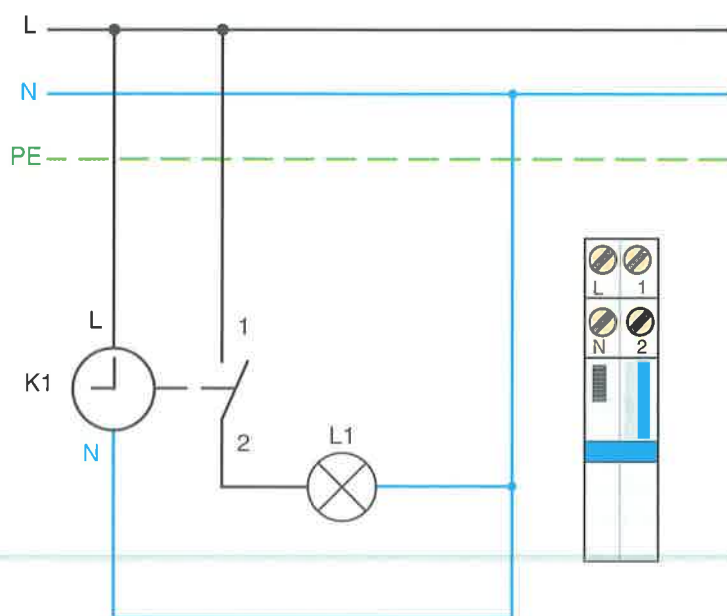


Figura 2.14. Esquema de conexión de un interruptor horario libre de potencial (ORBIS).

Vocabulary

- Medir: to measure.
- Medida: measurement, measuring.
- Valor: value.
- Valor relativo: relative value.
- Aislamiento: insulation.
- Cortocircuito: short circuit.

3. Sensores

Denominamos *sensor* a cualquier dispositivo capaz de actuar sobre un circuito eléctrico tras detectar un evento, tal como falta de luz solar, detección de presencia, etc. En el mercado, existen una gran cantidad de sensores, tales como detectores de temperatura, de humos, gas, etc., pero únicamente nos centraremos en los más usuales utilizados en las instalaciones eléctricas: los interruptores crepusculares y los detectores de presencia o proximidad.

3.1. El interruptor crepuscular

Se utiliza para el accionamiento de receptores cuando hay un determinado nivel de falta de luz solar. La sensibilidad de luz a la cual debe actuar se ajusta en dicho dispositivo mediante un potenciómetro. El dispositivo posee dos contactos de alimentación y un contacto de salida (para modelos **no libres de potencial**) y dos contactos de salida (para modelos **libres de potencial**).

En las instalaciones eléctricas, sus aplicaciones son muy diversas. Una de las más usuales es la de circuitos de iluminación de farolas en vías públicas. Además, pueden combinarse con otros dispositivos, tales como interruptores horarios, para un eficiente control de iluminación.



Figura 2.15. Interruptor crepuscular.



SELECTORES
LUX: Selector de nivel de lux
TIME: Selector de tiempo (retardo a la desconexión)
METER: Selector de campo de detección

Figura 2.17. Detector de presencia (ORBIS).

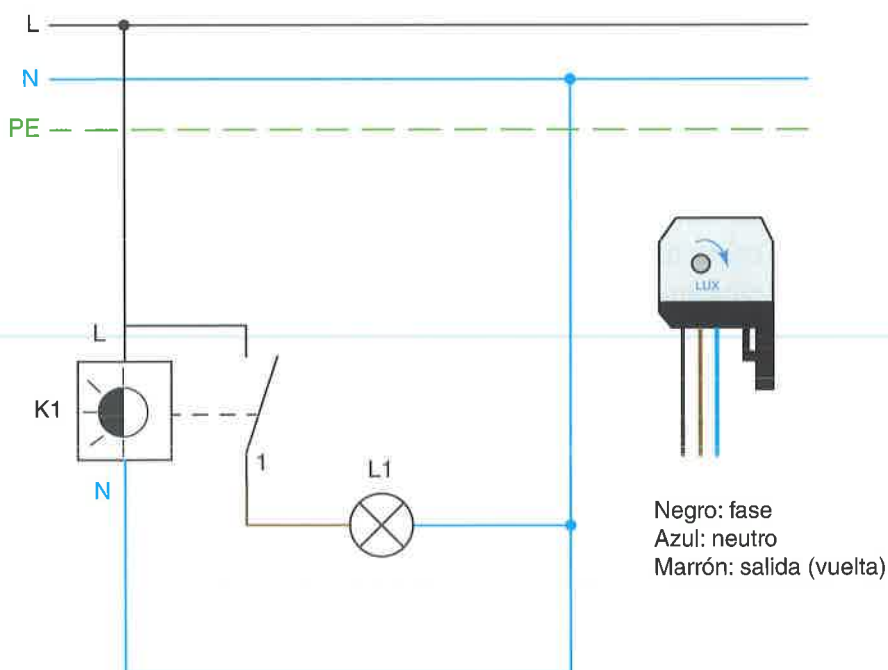


Figura 2.16. Esquema de conexión de interruptor crepuscular no libre de potencial (ORBIS).

3.2. El detector de presencia

Este elemento se utiliza en las instalaciones eléctricas principalmente para el accionamiento de dispositivos tales como lámparas cuando se detecta la presencia de personas. Su utilidad puede ser muy diversa, ya que puede ser utilizado para activar luces en cuartos de aseo de locales de concurrencia pública, lámparas de portales de edificios, etc., y se pueden combinar con otros dispositivos, tales como interruptores horarios, en función de los requisitos de la instalación.

Es cada vez frecuente que cuando accedemos a un local, inicialmente en penumbra o directamente a oscuras, este se ilumine con nuestra presencia. Por ejemplo, en las instalaciones modernas de ascensores, el dispositivo que permite esto es cada vez más habitual. de esta manera se ahorra tener la luz permanentemente encendida. Incluso, en las escaleras de los edificios de viviendas, se va cambiando el antiguo interruptor que accionaba un reoj (temporizador) por este mismo mecanismo. Todo esto es posible gracias a los detectores de presencia.

Los detectores de presencia funcionan por detección de movimiento de calor, normalmente a una temperatura de 36°C (temperatura del cuerpo humano), de tal forma que cuanto mayor es la temperatura peor sensibilidad tienen estos dispositivos, motivo por el cual el recinto donde se instalen afecta a la detección.

Otra característica importante es que los modelos que poseen ajuste de nivel de luz permiten que únicamente se activen las lámparas aun detectando presencia para un determinado nivel de luminosidad. De esta forma, se puede ajustar por ejemplo para que únicamente funcionen por la noche.

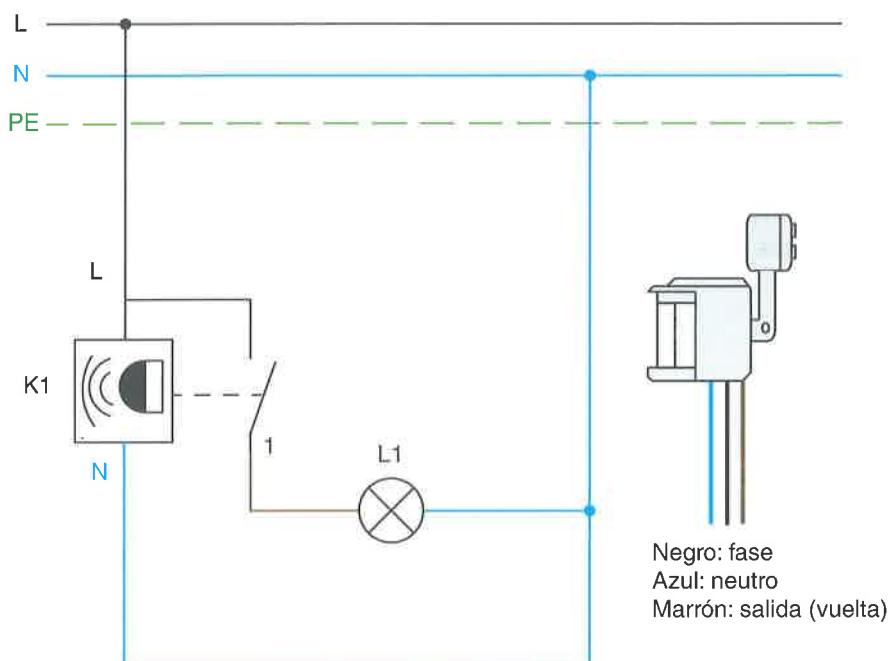


Figura 2.18. Esquema de conexión de un detector de presencia de no libre de potencial.

3.3. Características principales de los sensores

Sus principales características son:

- Tensión de alimentación.
- Tipo de contacto: libre de potencial o contacto simple con potencial (no libre de potencial).
- Carga máxima para las diferentes lámparas: lámparas de incandescencias, lámparas de fluorescencia sin compensar o compensadas, halógenas de baja tensión o halógenas de 230 V y lámparas de bajo consumo. Esta carga puede expresarse en A, W o VA.
- Temporización en segundos; es decir, el tiempo de actuación.
- Ángulo de detección en grados.
- Tipo de montaje en pared o techo.

Saber más

Existen los sensores solares cuyo principio de funcionamiento es el mismo que los crepusculares, pero a diferencia de los crepusculares estos tienen aplicaciones distintas; es decir, se utilizan mayormente para control automático de persianas y toldos motorizados.

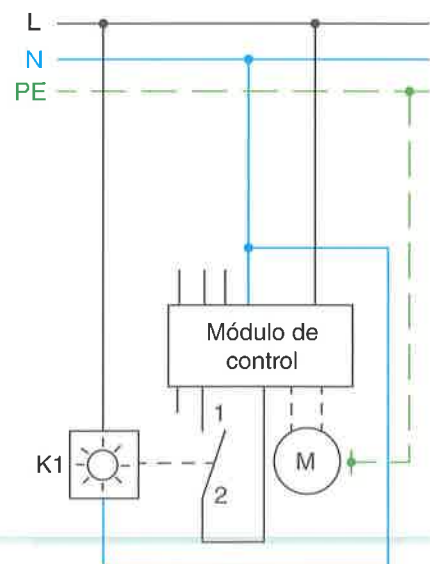


Figura 2.19. Sistema de control de motor de persiana y toldos mediante sensor solar.



Figura 2.20. Regulador de luminosidad de pastilla a 3 hilos.



Figura 2.21. Regulador de luminosidad de pastilla a 2 hilos (VARILAMP).

4. Reguladores de luminosidad

Estos dispositivos están diseñados de forma electrónica para conseguir una regulación de la intensidad luminosa de las lámparas conectadas a ellos. Los más utilizados en instalaciones eléctricas los podemos encontrar principalmente en dos formatos:

- **De pastilla:** se instalan dentro de una caja de mecanismos o caja de registros, y la regulación se puede realizar mediante uno o varios pulsadores conectados en paralelo, o con interruptores o conmutadores. Este tipo de regulador permite controlar la luminosidad de una lámpara desde varios puntos. Por ejemplo, con pulsadores podría funcionar de la siguiente forma: una rápida presión en un pulsador provoca el encendido de la carga al nivel de la última regulación efectuada. Mientras que una segunda presión rápida provoca el apagado. La presión prolongada del pulsador permite la regulación del nivel máximo al nivel mínimo, o viceversa.

En el mercado, se pueden encontrar de dos tipos: a tres o a dos hilos. A tres hilos o contactos, uno es de alimentación a la fase, otro de salida (vuelta) que se conecta a las lámparas y otro de conexión al pulsador o pulsadores.

En el caso de reguladores a dos hilos, ofrecen 2 contactos y funcionan con interruptores y con conmutadores. Estos se intercalan en el sistema de iluminación en el cable de vuelta que va a las lámparas, de forma que acaba siendo accionado por los mismos interruptores o conmutadores de la instalación. La forma de regulación es simplemente apagando y encendiendo de forma rápida el interruptor o conmutador.

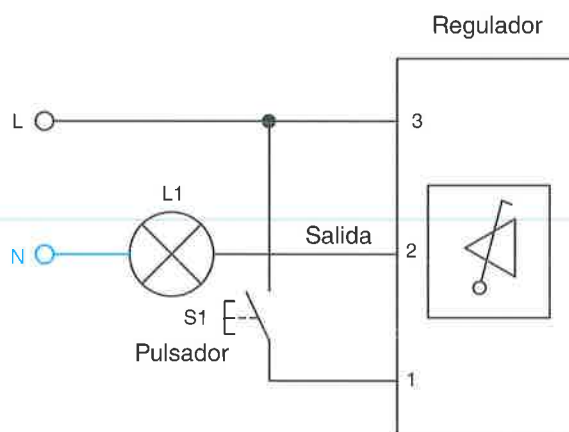


Figura 2.22. Esquema de conexiones de un regulador de pastilla.



Figura 2.23. Regulador de potenciómetro.

- **De potenciómetro:** estos se insertan como un mecanismo más de la instalación y poseen un potenciómetro rotativo que regula la luminosidad; en su posición mínima, provoca el apagado y en su posición máxima, la luminosidad total de la lámpara. Existen en el mercado básicamente dos tipos:

- **Regulador interruptor**, que únicamente permite controlar una lámpara desde un solo punto.
- **Regulador de conmutación**, que permite regular la luminosidad únicamente desde el dispositivo, pero permite conectar conmutadores simples o de cruzamiento para el apagado o encendido.

La figura 2.24. muestra las posibles combinaciones de utilización de reguladores de potenciómetro.

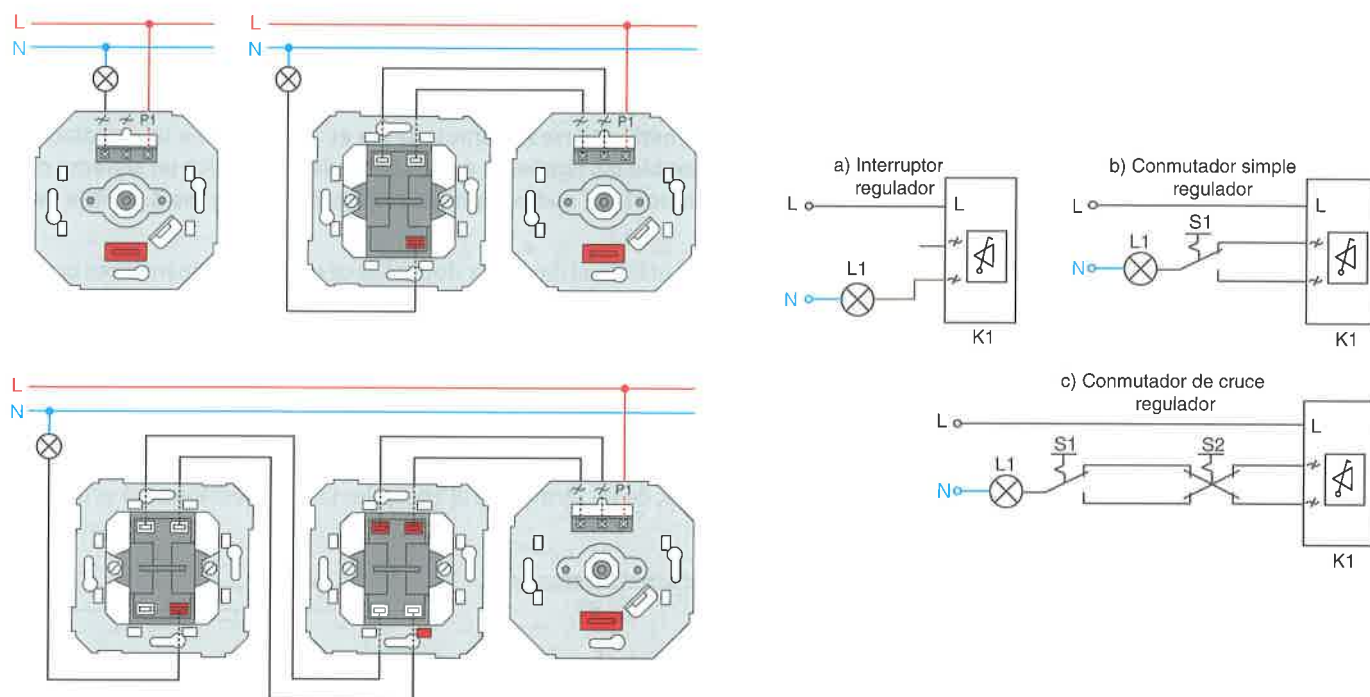


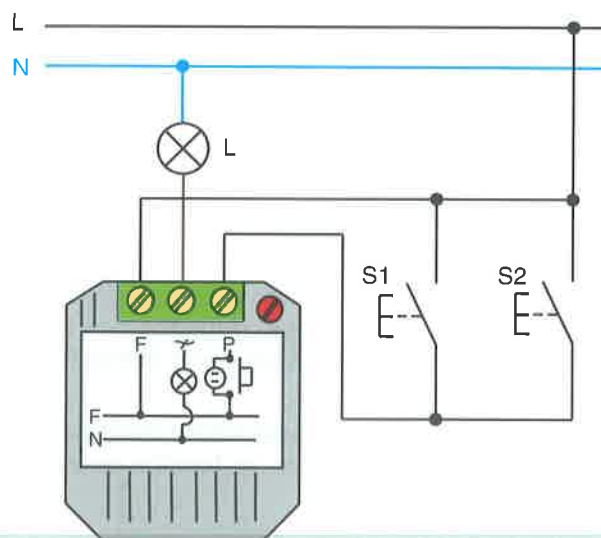
Figura 2.24. Esquemas de reguladores de potenciómetro como interruptor, como conmutada simple y como conmutada de cruce.

La figura 2.25 muestra un regulador de luminosidad desde dos puntos mediante pulsadores. La pastilla puede ser insertada en la caja de mecanismos de un pulsador o en la caja de registro. Si se quisiera regular la luminosidad desde más puntos, bastaría con conectar más pulsadores en paralelo.

Una pulsación corta en cualquiera de los pulsadores produce el apagado o encendido. Por ejemplo, si la lámpara está encendida, basta una pequeña pulsación para que esta se apague. La regulación se consigue manteniendo la pulsación hasta el nivel deseado e internamente la pastilla posee una memoria que guarda el nivel de luminosidad que existía antes del último apagado.

Saber más

Un tipo de lámpara utilizada es la lámpara de descarga, que necesita un dispositivo denominado reactancia, el cual hace que disminuya su factor de potencia. Ahora bien, cuando se conecta un condensador entre sus bornes de alimentación, se reduce la potencia reactiva y a estas lámparas se les denomina **compensadas**.



Pastilla reguladora de luminosidad

Figura 2.25. Esquema de conexión de un regulador de pastilla para controlar la luminosidad de una lámpara desde 2 puntos mediante pulsadores.

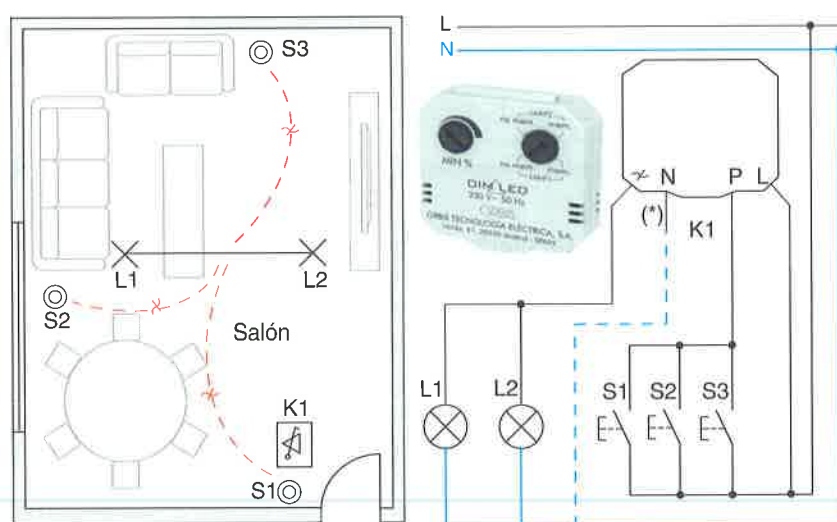
Vocabulary

- Conductor: conductor.
- Aislamiento: insulation.
- Cable: cable.
- Cobre: cooper.
- Unipolar: single-pole, unipolar.
- Multiconductor: multiconductor.
- Tubo: tube, pipe, conduit.

Ejemplo

En el salón de una vivienda, existen dos lámparas halógenas dicroicas en paralelo accionadas mediante tres conmutadas, y el cliente pide a un instalador electricista que cambie las lámparas a tipo led y además realice un sistema de regulación de luminosidad que permita la regulación desde los 3 puntos del salón.

La mejor solución es utilizar un regulador de pastilla de pequeñas dimensiones oculta en una de las cajas de mecanismos o bien en una caja de registro. Utilizaremos una pastilla reguladora DIM led de ORBIS y tres pulsadores que sustituirán a los tres conmutadores del salón. Esta pastilla permite todo tipo de lámparas regulables, excepto led de 12V. Con pulsaciones cortas, enciende y apaga la iluminación, y con pulsaciones largas sobre cualquier pulsador, regula el nivel de iluminación hasta el valor requerido. La pastilla ofrece la posibilidad de realizar una memorización del nivel de luz regulado, de tal forma que al encender la luz se establecerá el último valor memorizado.



(*) La conexión del neutro de la pastilla solo se realizará en las lámparas led en las que, por sus características, sea necesaria esta conexión para evitar parpadeos.

Figura 2.26. Ejemplo de regulación de luminosidad mediante regulador de pastilla.

5. Relés, contactores y temporizadores

En ciertas aplicaciones eléctricas, es necesaria la utilización de elementos de mando y control si se requiere realizar algún tipo de automatización o gobernar grandes cargas. Los dispositivos anteriormente vistos tienen una limitación de intensidad a través de sus contactos, con lo cual cuando es necesario accionar receptores de gran consumo debemos utilizar contactores.

También se pueden utilizar cuando de una misma señal eléctrica se necesita utilizar varios contactos independientes, en función de los requisitos de la instalación.

La diferencia entre relés y contactores únicamente está en las dimensiones, en la intensidad que soportan y en los contactos disponibles, siendo su principio de funcionamiento el mismo para ambos, diferenciándose principalmente en que los contactores soportan mayor carga que los relés, lo

que hace que los primeros se utilicen principalmente para gestión de cargas y los segundos para tareas de control y mando.

Una de las aplicaciones más importantes de los contactores en instalaciones interiores es cuando es necesario alimentar cargas accionadas por sensores (interruptores horarios, crepusculares, etc.), cuyos valores de intensidad sobrepasan los límites soportados por estos últimos.

Los relés y contactores constan de una bobina de activación y unos contactos libres de potencial que en reposo pueden estar Normalmente Abiertos (NA) o Normalmente Cerrados (NC); según el modelo, cuando le llega tensión a la bobina dichos contactos cambian de posición.



Figura 2.27. Contactores monofásicos y trifásicos.



Figura 2.28. Relés con adaptador a carril DIN.

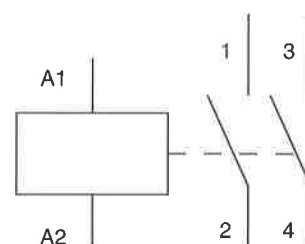


Figura 2.29. Símbolo de un contactor monofásico.

En cuanto a los **temporizadores**, son dispositivos que permiten la activación después de un tiempo preestablecido, que dependerá del modelo y fabricante.

El tiempo puede ajustarse desde unos milisegundos hasta algunas horas. Un temporizador puede funcionar principalmente de dos modos: **con retardo a la conexión** o **con retardo a la desconexión**, aunque en el mercado se pueden encontrar temporizadores multifunción, que combinan diferentes modos en un mismo dispositivo.

- **Con retardo a la conexión:** cuando la bobina es activada, comienza el tiempo de temporización, de tal forma que los contactos permanecen en reposo hasta transcurrido dicho tiempo. Después del tiempo ajustado en el temporizador, los contactos se activan cambiando su posición. Los contactos vuelven a la posición de reposo cuando se desconecta la bobina de la alimentación.

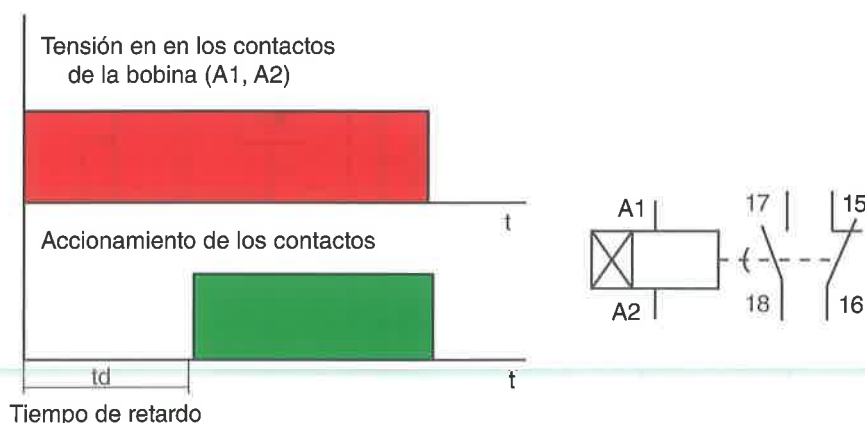


Figura 2.30. Temporizador con retardo a la conexión.



Figura 2.31. Temporizadores.

- **Con retardo a la desconexión:** los contactos de salida se conectan instantáneamente al aplicar la tensión de alimentación en los bornes A1 y A2 de la bobina. Al quedar sin alimentación, los contactos permanecen conectados durante el tiempo ajustado en el temporizador.

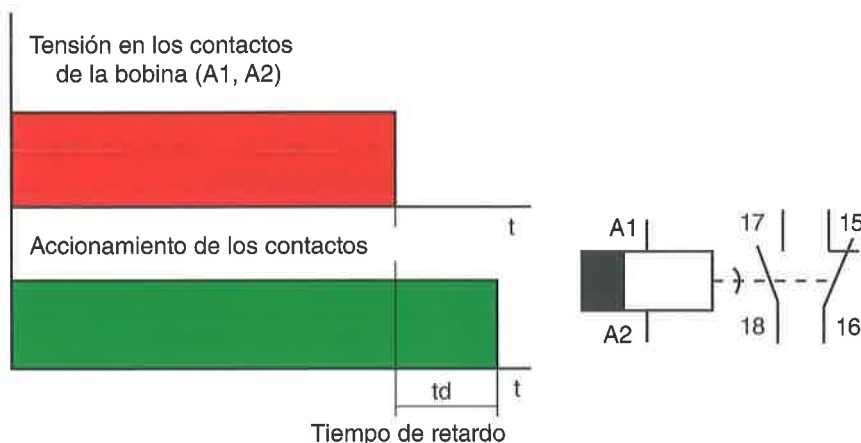


Figura 2.32. Temporizador con retardo a la desconexión.

Ejemplo

Se pide realizar el diseño de iluminación en una tienda de decoración, en la cual nos requieren la siguiente combinación de iluminación para su escaparate:

- Cuando la tienda se cierra en horario de mayor tránsito de público (de 20:30 h a 23:00 h), se deben encender 4 lámparas, con consumo total de 18 A.
- Cuando anochece, independientemente de la hora, se debe encender una lámpara que consume 4,3 A para el rótulo luminoso de la tienda.
- De día, independientemente de la hora, se debe encender una lámpara que consume 5 A para realizar un mobiliario determinado.

Dado que en el mercado no existen interruptores horarios de más de 16 A, se utiliza un contactor (K2) para soportar dicha carga. La gestión de la carga alimentada por el crepuscular se podrá realizar con un relé (K4). El esquema de la figura representa la solución.

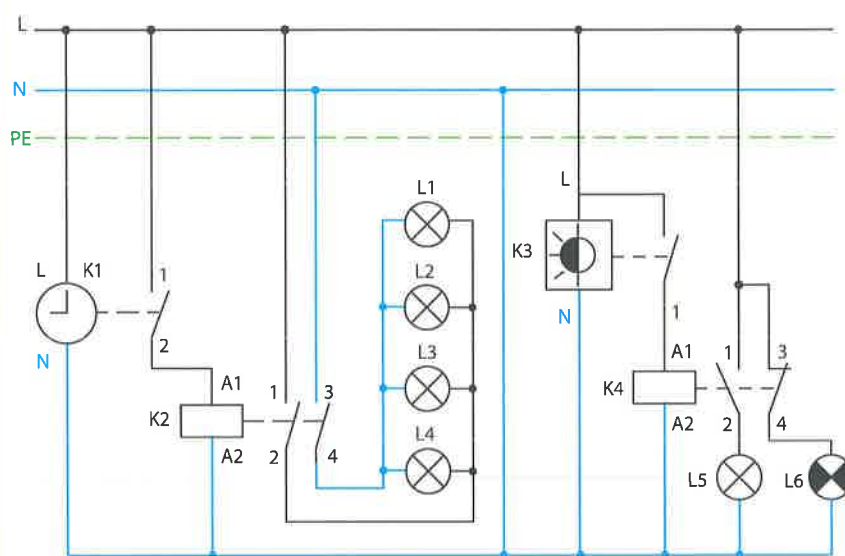


Figura 2.33. Esquema eléctrico representativo de contactores y relés.

6. Otros dispositivos de aplicación a las instalaciones eléctricas

Existen en el mercado una gran variedad de dispositivos, que resumiremos a continuación.

- **Termostato.** Se utiliza para controlar la temperatura ambiente de forma automática, sobre todo para uso de control de calefacción y aire acondicionado. En el mercado, los podemos encontrar de dos tipos: analógicos y digitales.

Los termostatos analógicos simplemente constan de una lámina en espiral sensible a la temperatura, que actúa cerrando o abriendo los mismos en función de la temperatura fijada por el usuario. En cuanto a los digitales, son más completos en el sentido de que, además de ofrecer la lectura de temperatura en *display*, pueden ser programados para entrar en funcionamiento a determinadas horas e incluso para accionarse a determinadas temperaturas a diferentes horas.

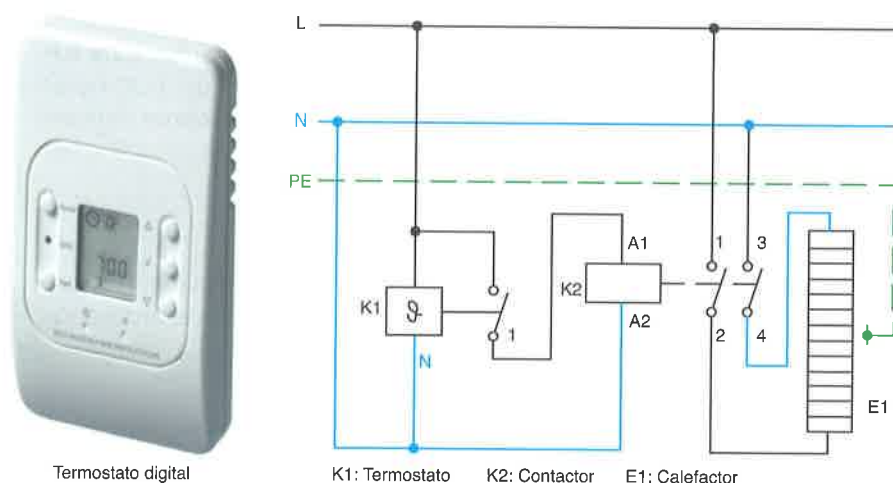


Figura 2.35. Termostato digital y esquema de control de calefactor eléctrico con termostato y contactor.

- **Anemómetro.** Es un sensor cuya utilidad es detectar la velocidad del viento. Posee tres brazos en los que se acopla una semiesfera a un eje. Es muy frecuente verlo en estaciones meteorológicas al aire libre. En su conjunto posee un emisor de impulsos, proporcionando una serie de pulsos por revolución. Este dispositivo se conecta a un interpretador que incorpora controles de velocidad de viento a la que debe dispararse, tiempos de retardo entre disparos, etc.

Este dispositivo es útil en instalaciones de toldos, ya que existen motores de toldos que incluyen el dispositivo integrador al cual se pueden conectar los anemómetros directamente, cerrándolo de forma automática cuando la velocidad del viento supere un cierto valor. En entornos marinos, la intensidad del viento se mide en la escala Beaufort, que se basa, principalmente, en el estado del mar causado por el viento.

- **Mando a distancia por infrarrojos.** Consta de dos partes: una emisora donde se encuentran los controles y una receptora conectada o integrada en el dispositivo que se requiere controlar a distancia (que incorpora los relés de accionamiento o paro). Con ellos podemos realizar cualquier tipo de control a distancia de receptores, encender o apagar luces, cerrar o abrir persianas y puertas, etc.

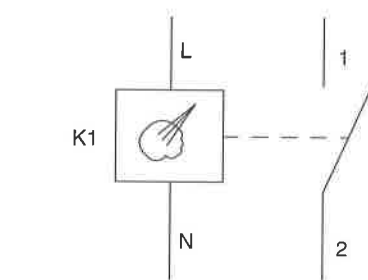


Figura 2.34. Anemómetro.

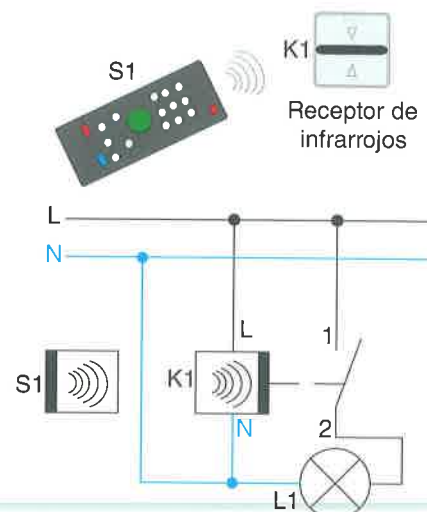


Figura 2.36. Conjunto emisor-receptor para el control de luces a distancia mediante infrarrojos, en el cual el receptor actúa como interruptor manual o bien a través de mando a distancia.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

Material

- Cable de 2,5 mm² para los circuitos
- Un interruptor crepuscular no libre de potencial de 16(10 A)
- Un interruptor horario de esfera de 16(4 A)
- Un contactor monofásico de 20 A
- Un interruptor automático de 2×20 A
- Cuatro lámparas y cuatro portalámparas (para simular los focos)
- Una caja de registro de 100×100, perfil DIN, tubo corrugado, abrazaderas y cuatro cajas de mecanismos

Instalación de alumbrado de un pequeño pabellón deportivo controlada por un interruptor horario y un interruptor crepuscular

Objetivos

Sobre un panel didáctico, se realiza el supuesto práctico de una instalación de un pequeño pabellón deportivo. Se desea controlar de forma automática las luces exteriores, constituidas por 4 focos de incandescencia halógenos de 1000 W, mediante un interruptor crepuscular, un interruptor horario y un contactor monofásico, de forma que el funcionamiento es el siguiente:

Las luces se encenderán diariamente siempre que no haya luz solar suficiente y dentro del horario de funcionamiento, que será de 16:30 horas a 22:00 horas. El objetivo del contactor es soportar la corriente demandada por los focos, ya que estos consumen unos 17 A.

Desarrollo

- Utiliza el panel de pruebas para simular el pabellón deportivo dibujando sobre él el esquema en planta y la ubicación de los mecanismos, y coloca un perfil DIN donde se ubicarán los dispositivos de protección y control.
 - Ubica el sensor crepuscular y tápalo cuando quieras simular una falta de luz solar.
 - Coloca un registro de 100×100 en el panel, así como los tubos y portalámparas, y realiza el cableado y conexionado según se indica en el punto 2.
1. Dibuja el esquema multifilar y sobre el panel de pruebas dibuja el esquema de distribución en planta.

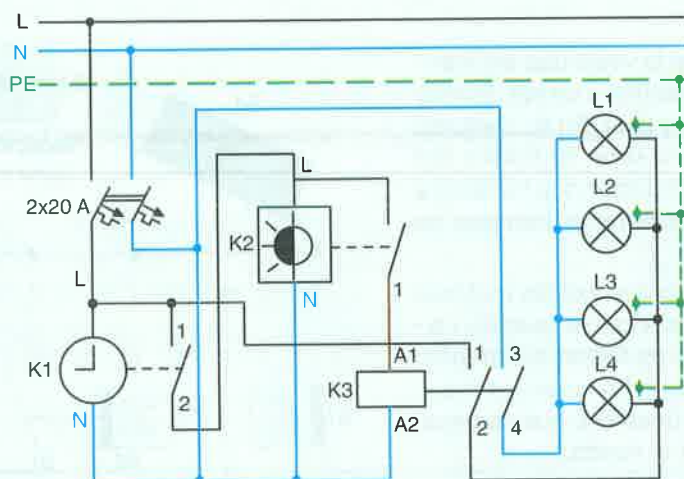


Figura 2.37.

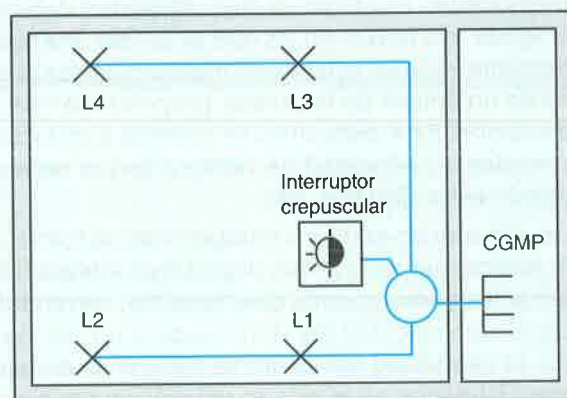


Figura 2.38.

2. En el panel de trabajo, ubica sobre carril DIN el dispositivo de mando, el interruptor horario y el contactor monofásico; y coloca la caja de registro y las lámparas en la posición indicada en el plano de planta, realizando la instalación según muestra la figura. Finalmente, comprueba su funcionamiento.

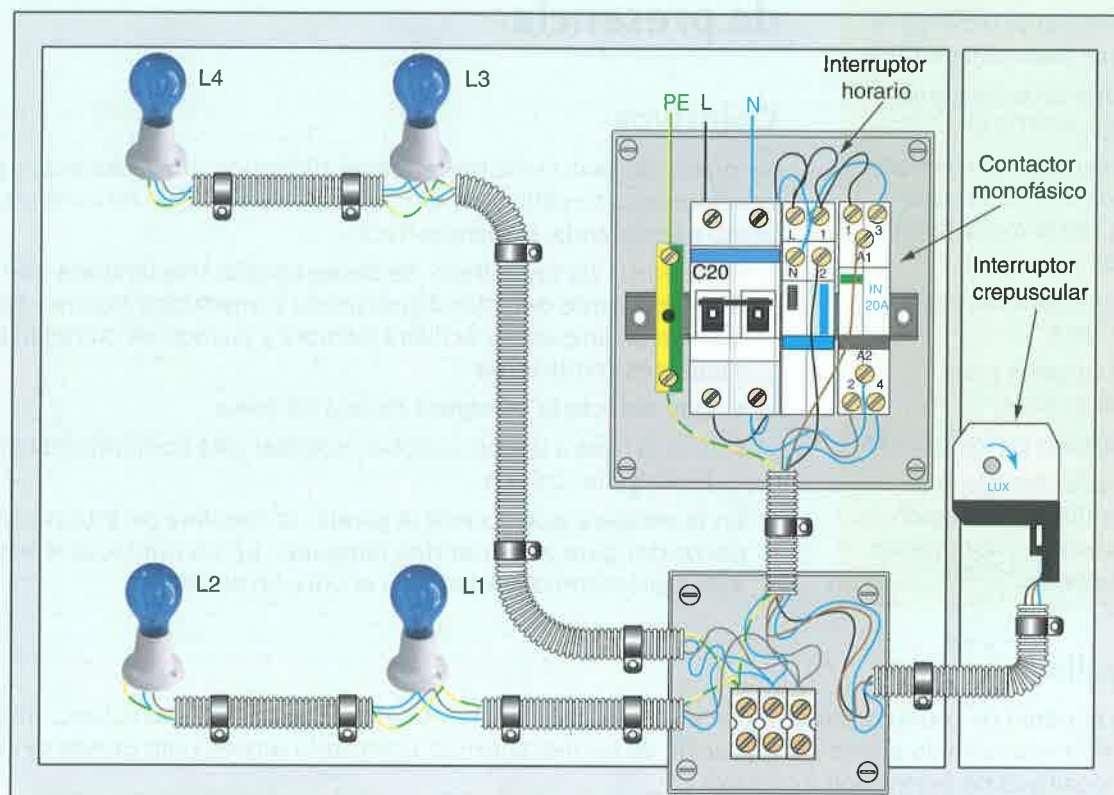


Figura 2.39.

3. Realiza una modificación en el circuito, de forma que sea ahora el sensor crepuscular el que accione al interruptor horario. Dibuja el nuevo esquema multifilar, realiza las modificaciones en el panel y comprueba su funcionamiento.
4. Realiza una modificación en el circuito, de forma que mediante un interruptor se encienda el alumbrado a cualquier hora del día y así poder realizar labores de mantenimiento en la instalación. Dibuja el nuevo esquema multifilar, realiza el montaje sobre el panel y comprueba su funcionamiento.
5. Se plantea otro supuesto en el cual una instalación de alumbrado debe encenderse siempre que se cumplan las dos siguientes condiciones:
- A unas horas determinadas, independientemente de la luz solar.
 - Cuando no hay luz solar, independientemente de la hora.
- Dibuja el esquema multifilar de esta instalación y realiza las modificaciones en el panel comprobando su funcionamiento.
6. Aprovechando el montaje realizado sobre el panel, se plantea otro supuesto en el cual con los 4 focos anteriores se trata de iluminar los exteriores de un edificio histórico cuando anochece. Esta instalación debe cumplir las siguientes condiciones:
- Los 4 focos deben funcionar solo hasta las 00:30 h (horario de máxima afluencia de público).
 - A partir de las 00:30 h solo debe funcionar un solo foco con el objeto de ahorrar energía.
- Dibuja el esquema multifilar de esta instalación y realiza las modificaciones en el panel, comprobando después su funcionamiento.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 2

Material

- Cable de 2,5 mm² para los circuitos
- Un detector de presencia no libre de potencial de 16 (10 A)
- Un interruptor horario de esfera de 16 (10 A)
- Un interruptor temporizado (automático de escalera para caja de mecanismos) ORBIS
- Un interruptor automático de 2x20 A
- Tres lámparas y tres portalámparas
- Un pulsador luminoso de 10 A
- Dos cajas de registro de 100x100, tubo corrugado, abrazaderas y dos cajas de mecanismos

Instalación eléctrica de alumbrado temporizado y por detector de presencia

Objetivos

Se pretende realizar sobre el panel didáctico una instalación de dos conexiones automáticas de alumbrado en un edificio de viviendas. Respecto a la vivienda, podemos decir:

1. En el portal de un edificio, se desea instalar una lámpara que se activará mediante detector de presencia e interruptor horario, de forma que dicha lámpara se activará siempre y cuando se cumplan las dos siguientes condiciones:
 - Que detecte la presencia de una persona.
 - Que la hora a la que se debe encender esté comprendida entre las 19:30 h y las 2:00 h.
2. En la escalera que accede al garaje, se requiere un interruptor temporizador para accionar dos lámparas. En un punto, ubicaremos el interruptor temporizador y, en el otro, un pulsador.

Desarrollo

- Utiliza el panel de pruebas para simular el portal del edificio y la escalera de bajada al sótano, dibujando sobre él el esquema de planta y la ubicación de los mecanismos, colocando un perfil DIN donde se ubicarán los dispositivos de protección y control.
 - Ubica el detector de presencia, de tal forma que cuando realices la prueba la zona quede despejada.
 - Coloca los registros de 100x100 en panel, así como los tubos y portalámparas, y realiza el cableado y conexionado según se indica en el punto 2.
1. Dibuja el esquema multifilar y, sobre el panel de pruebas, dibuja el esquema de distribución en planta.

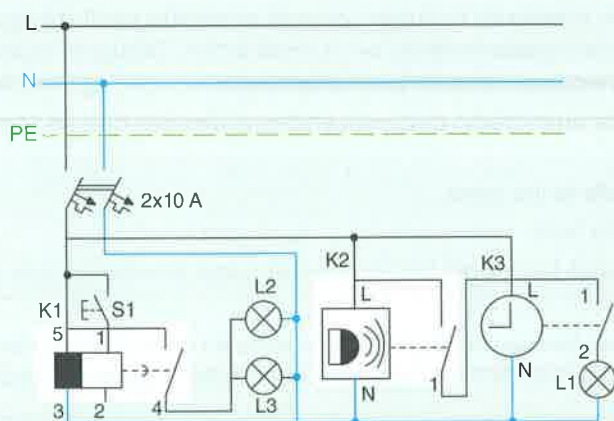


Figura 2.40.

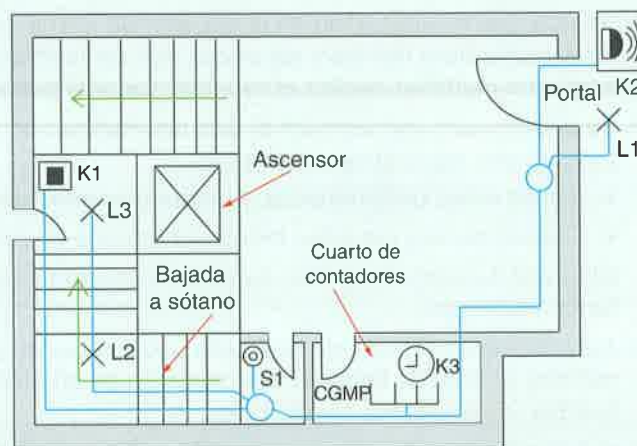


Figura 2.41.

2. En el panel de trabajo, ubica sobre carril DIN el interruptor automático de protección y el interruptor horario y coloca las cajas de registro, lámparas, pulsador, interruptor temporizador y sensor de proximidad en la posición indicada en el plano en planta, realizando la instalación según muestra la figura, y comprueba su funcionamiento.

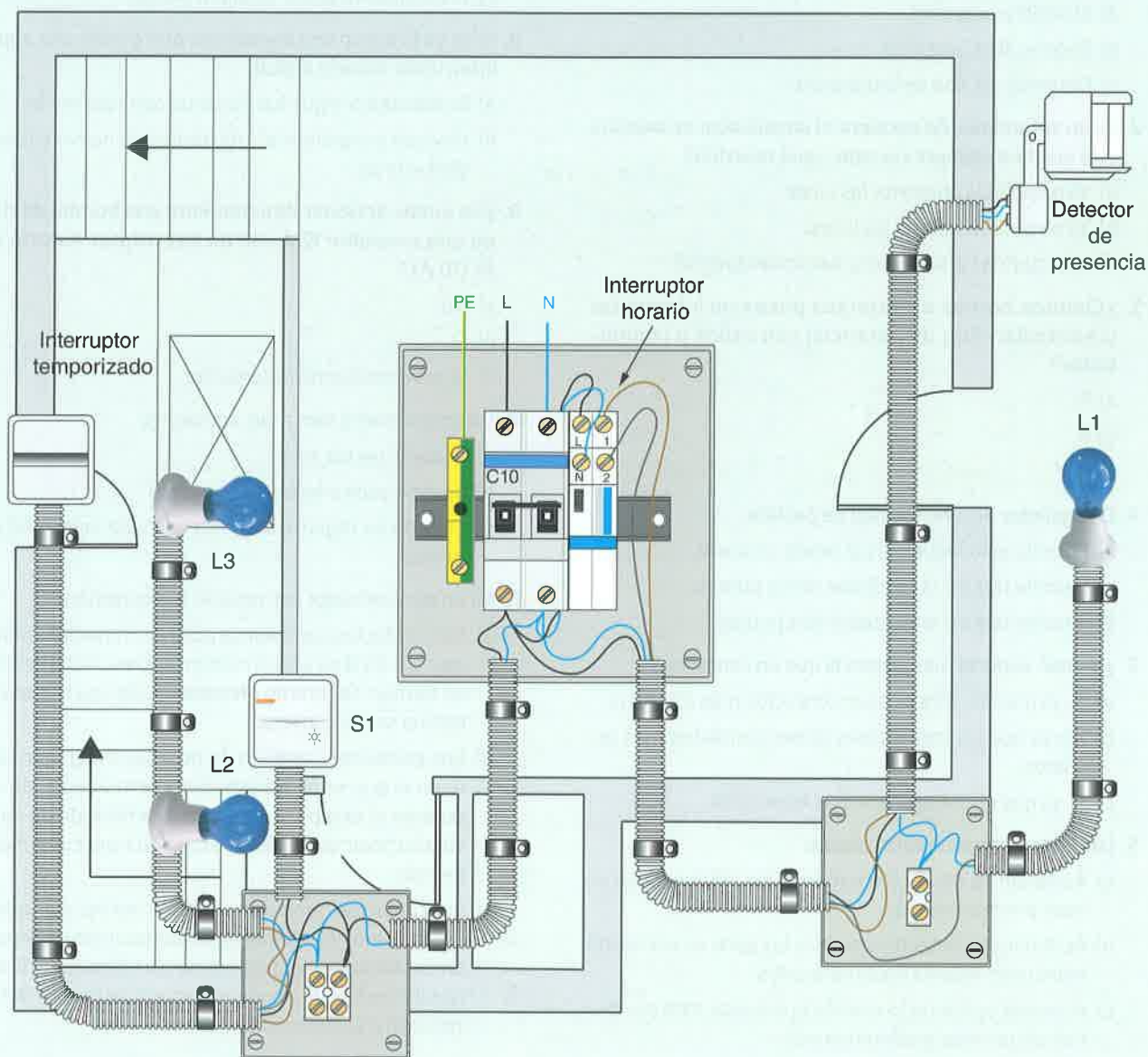


Figura 2.42.

3. Realiza una modificación en el circuito, de forma que de la posibilidad a la instalación que el interruptor temporizado pueda ser encendido en modo permanente si se requiere que, por cualquier evento, como por ejemplo obras en la zona de la escalera, mantener dicha zona encendida sin necesidad de temporización. Para ello, bázate en el esquema de la figura 2.11.
4. Dibuja el esquema siendo ahora el interruptor horario quien accione al detector de presencia. Modifícalo, prueba su funcionamiento y deduce que ventaja tiene este nuevo circuito respecto al anterior en cuanto a canalización de conductores desde el CGMP hasta la caja de registro ubicada en el portal.

TEST DE EVALUACIÓN

RESUELVE EN TU CUADERNO O BLOC DE NOTAS

1. Si tenemos dos dispositivos que se deben conectar en serie para cumplir un determinado evento y uno es de libre potencial y el otro de no libre potencial, ¿cuál es aconsejable conectar primero?
 - a) El de libre potencial.
 - b) El de no libre potencial.
 - c) Depende del tipo de instalación.
2. En un automático de escalera, si un pulsador se averiara y se quedara siempre cerrado, ¿qué ocurriría?
 - a) Ya no podrías encender las luces.
 - b) Ya no podrías apagar las luces.
 - c) No ocurriría nada, seguiría funcionando igual.
3. ¿Cuántos bornes o contactos posee un interruptor crepuscular libre de potencial con salida a conmutador?
 - a) 3.
 - b) 4.
 - c) 5.
4. El regulador de luminosidad de pastilla:
 - a) Permite solo regular la luz desde un punto.
 - b) Permite regular la luz desde varios puntos.
 - c) Permite regular la luz desde dos puntos.
5. ¿Un relé soporta más potencia que un contactor?
 - a) Sí, ya que los relés poseen contactos más robustos.
 - b) No, ya que los contactores tienen contactos más robustos.
 - c) Sí, ya que el relé aguanta más intensidad.
6. Los interruptores crepusculares:
 - a) Accionan su contacto cuando la luz solar excede un valor predeterminado.
 - b) Accionan su contacto cuando la luz solar se encuentra entre unos valores preestablecidos.
 - c) Accionan su contacto cuando la luz solar está por debajo de un valor predeterminado.
7. Se denomina sensor al:
 - a) Dispositivo temporizado automático.
 - b) Dispositivo regulador.
 - c) Dispositivo detector de algún evento.
8. Si se va la luz en una instalación que cuenta con algún interruptor horario digital:
 - a) El interruptor sigue funcionando correctamente.
 - b) Hay que programar el interruptor de nuevo cuando vuelve la luz.
9. ¿Se puede accionar directamente una bomba de riego que consume 12 A con un interruptor horario de 16 (10 A)?
 - a) No.
 - b) Sí.
 - c) Sí, pero mediante un contactor.
10. Un anemómetro cierra sus contactos:
 - a) Cuando hay luz solar.
 - b) Cuando sube o baja a temperatura.
 - c) Cuando se registra una determinada velocidad de viento.
11. En un temporizador con retardo a la conexión:
 - a) Sus contactos cambian de posición inmediatamente que la bobina se activa, manteniéndose dicho cambio un tiempo de retardo preestablecido una vez que la bobina se desconecta.
 - b) Sus contactos cambian de posición en el momento en el que se activa la bobina, permaneciendo así durante el tiempo programado, cambiando de nuevo a su posición de reposo cuando transcurre dicho tiempo.
 - c) Sus contactos cambian de posición una vez activada la bobina, pero no antes de haber transcurrido un tiempo preestablecido, manteniéndose así hasta que la bobina se desconecte, momento en el cual los contactos volverán a su posición de reposo.

ACTIVIDADES FINALES

- 1. Construye una tabla con todos los dispositivos (temporizadores, interruptores horarios, interruptores crepusculares, detectores de presencia, termostatos, etc.) con los que cuentas en el aula-taller y describe si son o no libres de potencial y si ofrecen una salida a interruptor o a conmutador. Anota para cada uno de ellos su símbolo y la carga máxima de salida.
- 2. Realiza el esquema multifilar de accionamiento de 1 lámpara de salón accionada desde 4 puntos mediante 3 conmutadores y un regulador de potenciómetro, el cual permitirá la regulación de luz en el salón.
- 3. Realiza el montaje práctico de la actividad anterior.
- 4. Realiza el esquema multifilar de accionamiento de grandes cargas con control de alumbrado por detector de presencia.
- 5. Realiza el esquema multifilar de accionamiento de 40 lámparas incandescentes 230 V / 100 W para un gran pasillo de un hotel, mediante 3 detectores de presencia de carga máxima 16 (10 A) con el objeto de que el alumbrado esté apagado si no hay nadie circulando.
- 6. Realiza el esquema de un punto de luz gobernado por reloj horario, interruptor crepuscular y de movimiento.
- 7. Explica una aplicación de un circuito donde sea preciso utilizar a la vez un reloj horario, un interruptor crepuscular y de movimiento.
- 8. Realiza el esquema multifilar del alumbrado del recinto de un instituto de forma que, con el objeto de ahorrar energía, se encienda al anochecer, se apague a las 23 horas y se vuelva a encender a las 7 horas si aún es de noche.
Nota: El alumbrado posee un gran consumo, por lo que se utilizará un contactor.
- 9. Realiza el montaje del crepuscular y relé reflejado en el esquema de la figura 2.33.
- 10. Basándote en los esquemas 2.19 y 2.34, realiza el esquema multifilar de un control de toldos mediante anemómetro e interruptor solar, es decir, que el toldo se cierre de forma automática cuando en la zona donde se ubica haya sombra o bien el viento sea muy fuerte, y se abra cuando haya luz solar o el viento sea débil.
- 11. Basándote en el esquema de la figura 2.43:
 - a) Realiza el esquema multifilar de la instalación eléctrica de un salón, la cual dispone de un sistema de regulación de luminosidad de dos lámparas conectadas en paralelo mediante una pastilla de regulación K1 integrada en una caja de registro y tres pulsadores: S1, S2 y S3, lo que permitirá regular y accionar las dos lámparas desde tres puntos diferentes.
 - b) Realiza el montaje práctico de la instalación sobre el panel de pruebas basándote en el esquema de la figura 2.44.

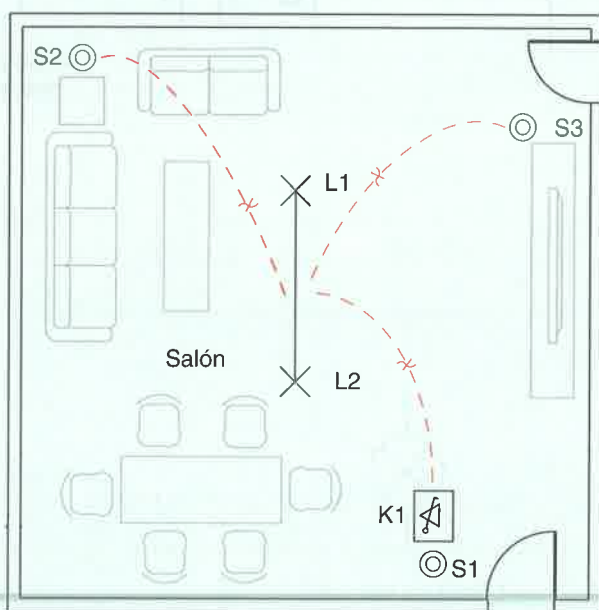


Figura 2.43. Esquema topográfico de salón con regulación de luminosidad.

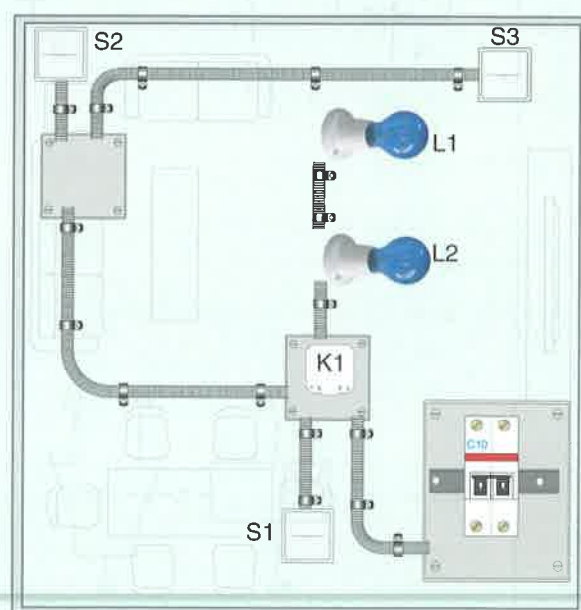


Figura 2.44. Esquema de montaje práctico de regulación de luminosidad en un salón.

ACTIVIDADES FINALES

12. Una instalación de alumbrado de una nave industrial posee 10 lámparas de vapor de mercurio de alta presión de 400 W que tardan 3 minutos en encenderse. La instalación de encendido utiliza un crepuscular y un interruptor horario para el encendido diario, de tal forma que a partir de las 19:00 h se encenderán siempre y cuando no haya luz solar y se apagarán a las 23:50 h. Para que la nave tenga alumbrado durante los 3 minutos, se utilizan 5 lámparas led auxiliares de 70 W alimentadas del circuito de mando (crepuscular-horario), que se apagarán transcurrido el tiempo de encendido de las lámparas de mercurio; para ello, se utilizará un temporizador con retardo a la conexión.

- Realiza el esquema eléctrico.
- Realiza el montaje de la instalación en el panel de pruebas.

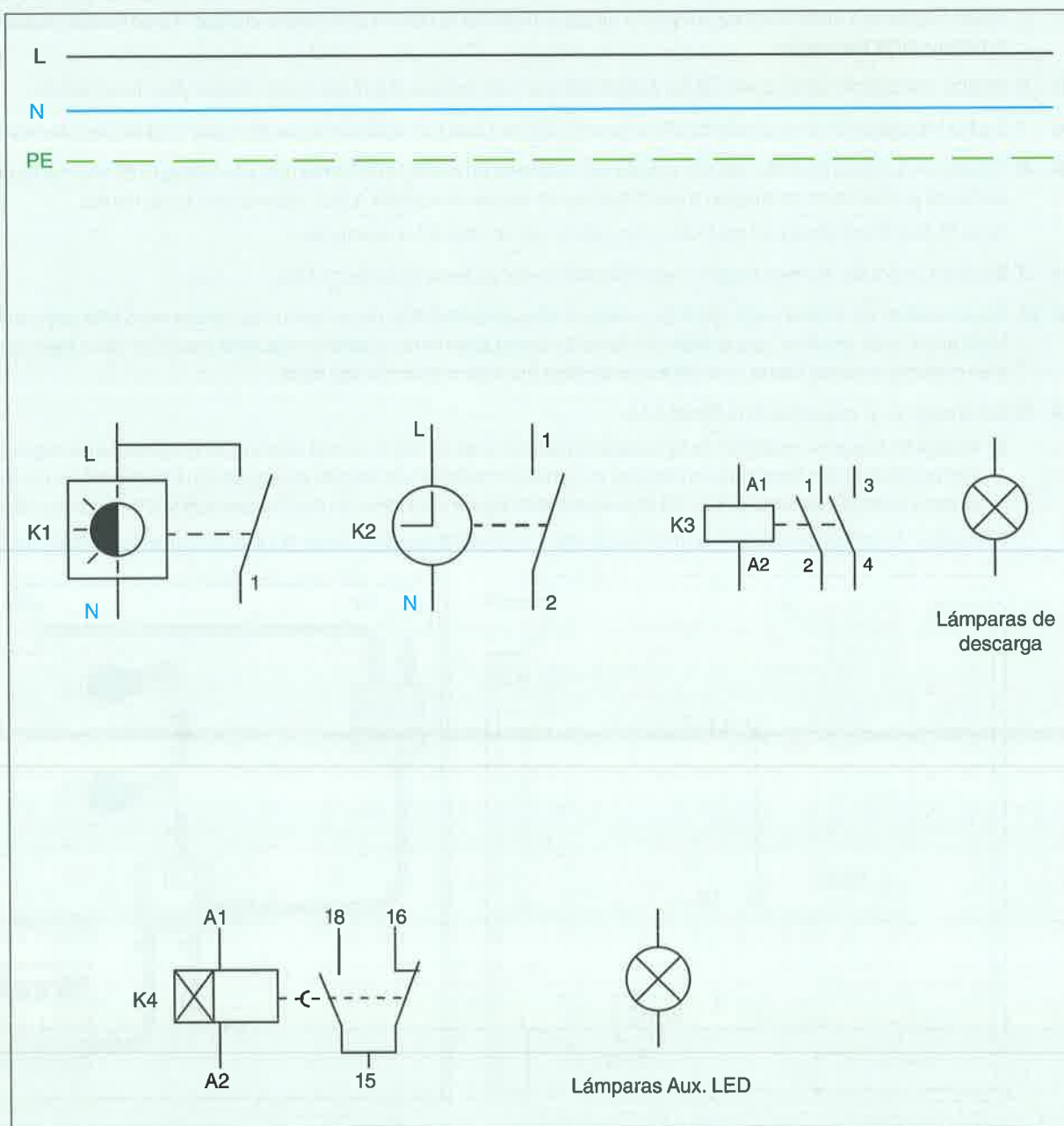


Figura 2.45. Dispositivos del circuito de alumbrado de la nave.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Material

- Cable de 1,5 mm²
- 1 interruptor automático de 2×10 A
- 1 automático de escalera
- 4 pulsadores
- 4 lámparas y 4 portalámparas
- 2 cajas de registro de 100×100, perfil DIN, tubo corrugado, abrazaderas y 4 cajas de mecanismos

Montaje de automáticos de escalera en un edificio

Objetivo

Comprobar cómo funcionan los automáticos de escaleras en una de sus aplicaciones más comunes; es decir, como dispositivo de control temporizado del alumbrado en zonas comunes de edificios.

Dentro de una comunidad de vecinos, el alumbrado de escalera suele instalarse en zonas de paso común. En este tipo de instalaciones, el apagado de las luces se hace de forma automática, pasado un tiempo desde que se pulsa a cualquier pulsador instalado para tal efecto.

Desarrollo

1. Elige un modelo de automático de escalera de carril DIN de los que dispongan en el taller para ser utilizado en un edificio que posee 3 plantas más planta baja, en el cual todo el alumbrado de zonas comunes está temporizado.

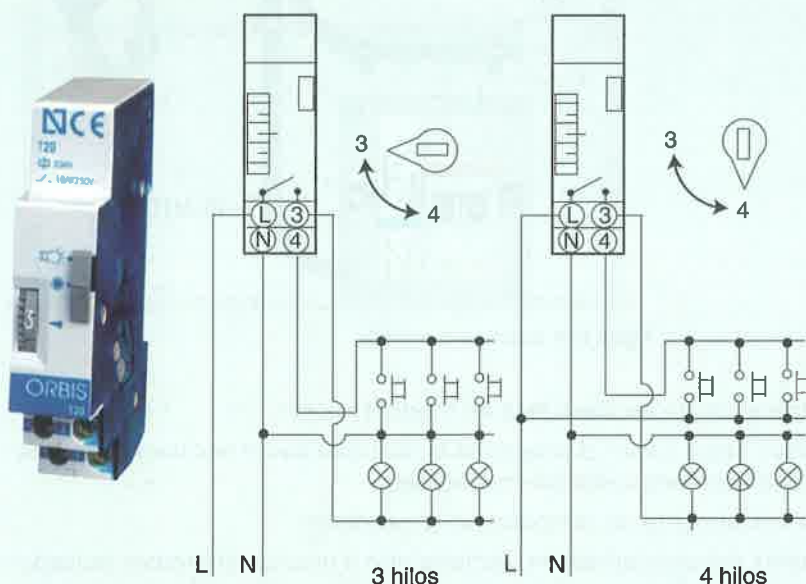


Figura 2.46. Automático de escalera T-20 de Orbis.

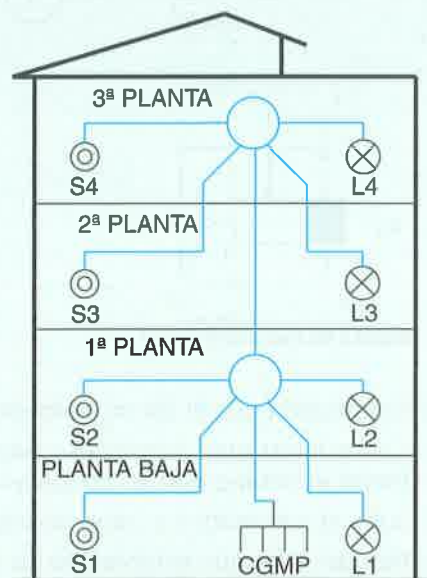


Figura 2.47. Canalización de automático de escalera en el edificio de viviendas.

2. Diseña el esquema de alumbrado de escalera considerando que este suele instalarse en zonas de paso común del edificio; por ejemplo, la luz de los pasillos en los bloques de viviendas y portales de entrada. En la práctica, hemos utilizado como ejemplo el modelo T-20 de ORBIS (figura 2.46), pudiéndose utilizar para la práctica cualquier otro automático de escalera que se disponga en el taller.
3. El esquema de conexión del circuito depende del tipo de instalación que realicemos (3 o 4 hilos), por lo que debemos seguir las indicaciones del fabricante para la correcta instalación, ya que existen en el mercado dispositivos que solo soportan uno de los modos y otros que debemos configurarlos antes de conectarlos, como es nuestro caso práctico. El esquema a utilizar será de 3 hilos ya que todo el alumbrado de zonas comunes es temporizado.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

continuación

4. Completa el esquema de la figura 2.48 y realiza el montaje sobre el panel de pruebas, tal como muestra la figura 2.49 y realiza las conexiones atendiendo al esquema que has diseñado.

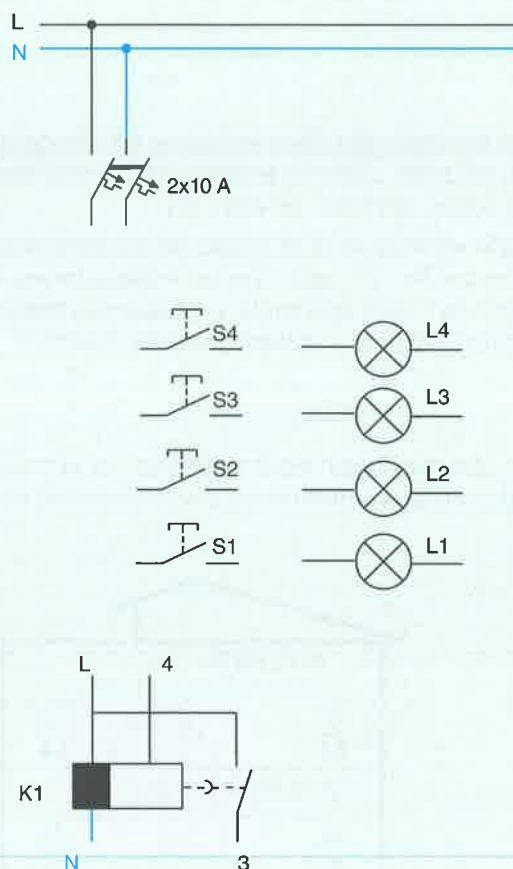


Figura 2.48. Esquema eléctrico.

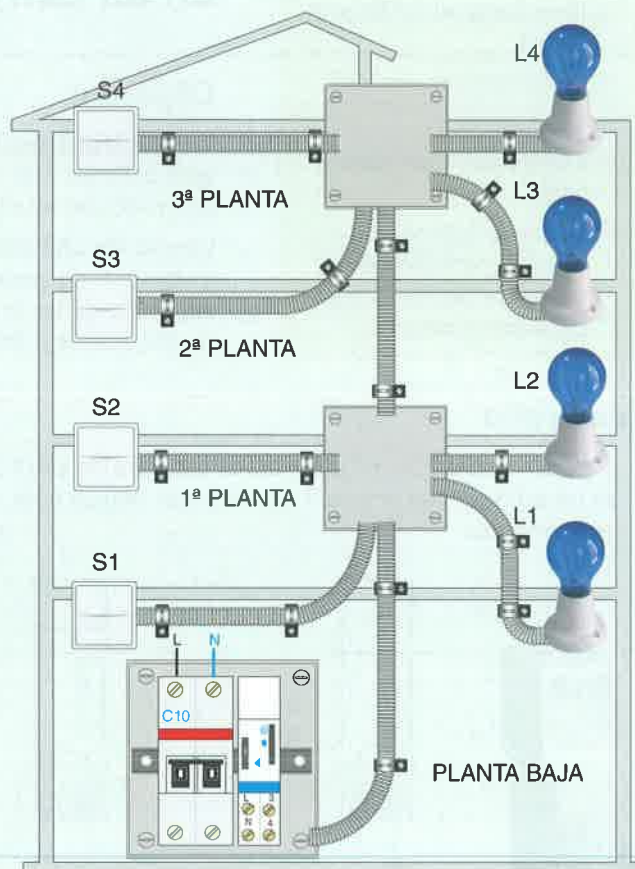
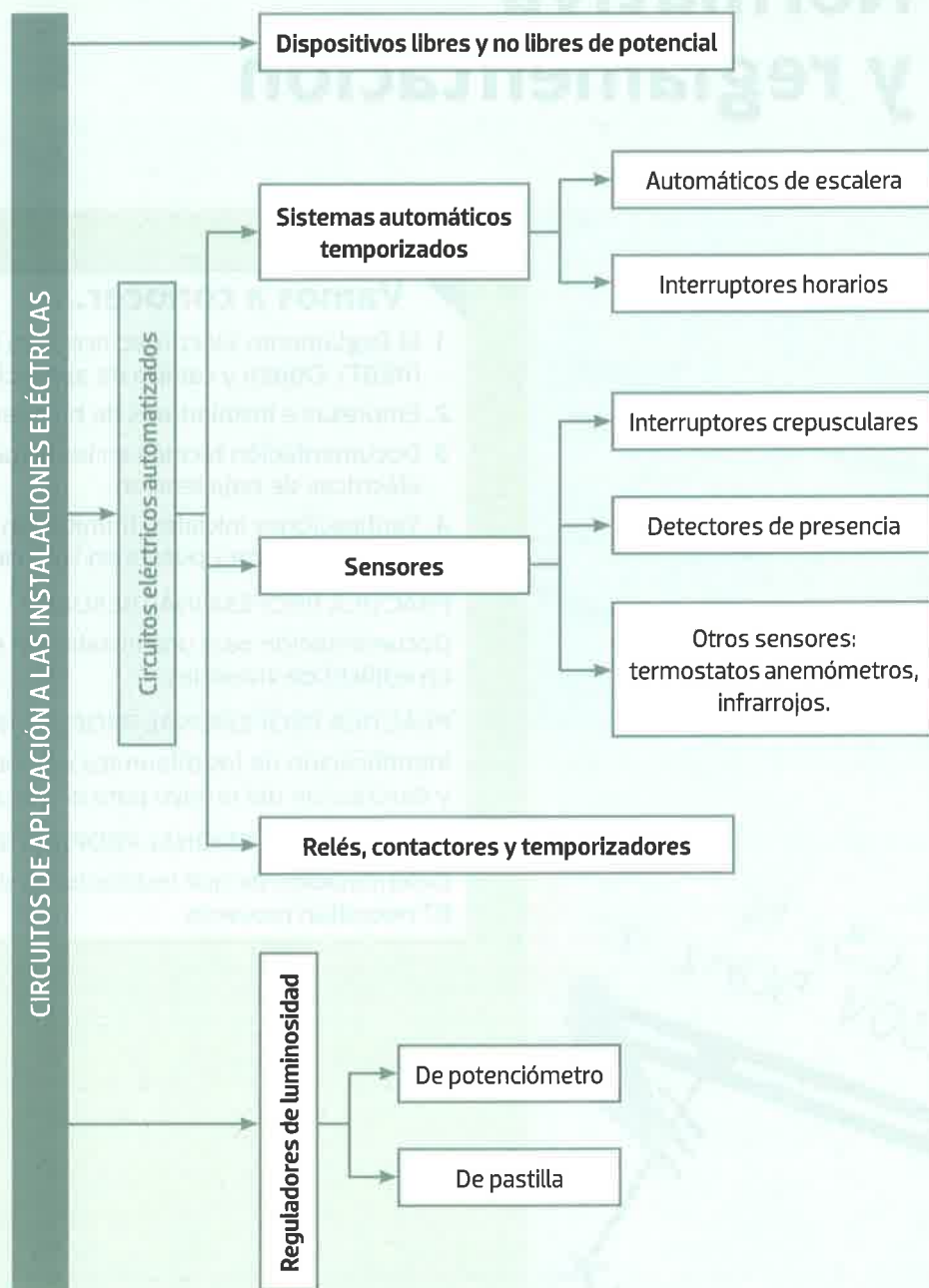


Figura 2.49. Esquema de montaje.

5. Comprueba que el conmutador del automático de escalera está en modo 3 hilos.
6. Con el interruptor automático bajado aún, actúa sobre el programa el automático de escalera para establecer el tiempo que las lámparas de zonas comunes estarán encendidas.
7. Sube el automático y comprobarás que inicialmente las lámparas se encenderán.
8. Pasado el tiempo establecido las lámparas deberán apagarse. Acciona uno a uno los diferentes pulsadores para comprobar que actúan sobre el interruptor automático. Si se pulsa otro pulsador antes de haber terminado el tiempo de temporización, el automático de escalera volverá a iniciar una nueva secuencia de temporización.
9. Con las lámparas apagadas, activa el modo permanente y comprueba que estas permanecerán encendidas hasta que no desactives este modo.
10. Realiza la siguiente modificación en el esquema y en la práctica:

En los edificios en los que hay estancias en las cuales no es necesario ni oportuno el alumbrado temporizado, tales como patios comunes, azoteas, etc. es necesario disponer tanto de la fase como del neutro; ahora bien, si se quiere hacer uso de la infraestructura de alumbrado temporizado, tan solo será necesario incorporar un nuevo hilo –en este caso, la fase– motivo por el cual algunas instalaciones utilizan el esquema a 4 hilos. Rediseña el esquema y la instalación que has montado para que funcione ahora a 4 hilos, incorporando una lámpara (que no esté temporizada) en la azotea y que se acciona mediante un interruptor.

EN RESUMEN



3 Normativa y reglamentación

Vamos a conocer...

1. El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT). Objeto y campo de aplicación
2. Empresas e instaladores de baja tensión
3. Documentación técnica en las instalaciones eléctricas de baja tensión
4. Verificaciones iniciales, tramitación de documentación y puesta en servicio

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Documentación para una instalación eléctrica de un edificio de viviendas

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA 1

Identificación de los diferentes equipos de medida y descripción del ensayo para el que se utilizan

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA 2

Determinación de qué instalaciones eléctricas en BT necesitan proyecto

Y al finalizar esta unidad...

- Comenzarás a familiarizarte con el REBT.
- Conocerás las diferentes categorías de empresas instaladoras de baja tensión, así como los medios técnicos y humanos que precisan.
- Aprenderás la diferente documentación necesaria para la realización de las instalaciones eléctricas, así como su tramitación.

1. El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT). Objeto y campo de aplicación

Toda la reglamentación en cuanto a instalaciones eléctricas de baja tensión está establecida en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Real Decreto 842/200, de 2 de agosto de 2002), así como en la Guía Técnica de Aplicación al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Como ya sabemos, la energía eléctrica se transporta desde las centrales generadoras hasta los usuarios mediante líneas de alta tensión. Cuando estas líneas se acercan a los puntos de consumo, un centro de transformación (CT) se encarga de transformar la alta tensión a baja tensión, por debajo de la cual trabajan los receptores eléctricos (R) de los usuarios.

Por tanto, este reglamento tiene su ámbito de aplicación en este tramo comprendido entre los CT y los receptores eléctricos, no superando en ningún caso los 1000 V en corriente alterna y los 1500 V en corriente continua. Y se aplicará a:

- Todas las nuevas instalaciones, sus modificaciones y ampliaciones.
- Todas las instalaciones existentes antes de la entrada en vigor de dicho reglamento que sean objeto de modificaciones y reparaciones importantes; es decir, las que afectan a más del 50 % de la potencia instalada, al igual que las modificaciones o reparaciones de líneas completas de procesos productivos con nuevos circuitos y cuadros.
- Todas las instalaciones existentes antes de la entrada en vigor de dicho reglamento, en lo que se refiere al régimen de inspecciones, si bien los criterios técnicos aplicables a dichas inspecciones serán los correspondientes a la reglamentación con la que se aprobaron.
- Las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, cuando el estado, situación y características de dicha instalación impliquen un riesgo grave para las personas o bienes.

El reglamento comienza con un total de 29 artículos, en los que se establece su objeto, su campo de aplicación, así como el alcance y las características fundamentales del mismo. El resto lo componen 52 Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC), que van desarrollando cada uno de los artículos antes mencionados, siguiendo el mismo orden que siguen las líneas de baja tensión, desde que salen del Centro de Transformación hasta que llegan al receptor, según lo cual estas 52 instrucciones se pueden agrupar en los siguientes bloques:

- **Bloque I** (desde ITC-01 hasta ITC-05).

Incluye, además de terminología eléctrica, toda la **normativa y documentación** que precisan tanto los instaladores como las instalaciones y toda la normativa en relación con las **verificaciones previas** a la puesta en servicio e inspecciones de las instalaciones eléctricas incluidas en su campo de aplicación.

Este bloque es tratado en este tema de forma exhaustiva.

- **Bloque II** (desde ITC-06 hasta ITC-11).

Incluye las características y elementos de las **redes de distribución**, que son las líneas que, partiendo del centro de transformación, son las destinadas al suministro de varios usuarios. Igualmente, incluye las instalaciones de alumbrado exterior que, si bien son instalaciones receptoras, presentan características similares a las redes de distribución, ya que transcurren igualmente por la vía pública.

Saber más

La Guía Técnica de Aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

Este documento es muy importante como complemento informativo al REBT, ya que su objeto es realizar aclaraciones y ejemplos sobre diferentes puntos que en el reglamento pueden no quedar claros, dando lugar a errores de interpretación. Además, incluye una serie de información adicional, tales como consejos de formas de cálculo de líneas, de confort en instalaciones domésticas, etc.

Vocabulario

Una instalación eléctrica interior no es solo aquella que se encuentra en emplazamientos cubiertos, tales como viviendas, industrias, locales comerciales, sino que es un término genérico que engloba a todas aquellas instalaciones receptoras de baja tensión que parten de una línea de distribución, con lo cual una instalación temporal de obras, de alumbrado exterior, etc., es considerada como instalación eléctrica de interior aunque se encuentre en emplazamientos al aire libre.

■ Bloque III (desde ITC-12 hasta ITC-18).

Incluye las características y elementos de la **instalación de enlace**, que es la línea que enlaza la red de distribución con la instalación interior o receptora. Esta línea ya no es propiedad de la empresa suministradora sino de los usuarios a los que alimenta, si bien lleva incluido siempre los equipos de medida para facturar la energía que consumen dichos usuarios.

■ Bloque IV (desde ITC-19 hasta ITC-42 y ITC-50-51-52).

Incluye las características y elementos de todo tipo de **instalaciones interiores o receptoras**, que son las líneas que, partiendo de la instalación de enlace, alimentan a todos los receptores finales a través de diferentes circuitos. Esta es la parte más extensa del reglamento, debido a la gran variedad de instalaciones que existen (viviendas, hospitales, cines, gasolineras, plantas frigoríficas, piscinas, ferias, etc.), las cuales se agrupan bajo diferentes denominaciones que se tratarán a lo largo de este libro.

■ Bloque V (desde ITC-43 hasta ITC-49).

Incluye las características de los diferentes tipos de **receptores** (aparatos de caldeo, motores, luminarias, etc.).

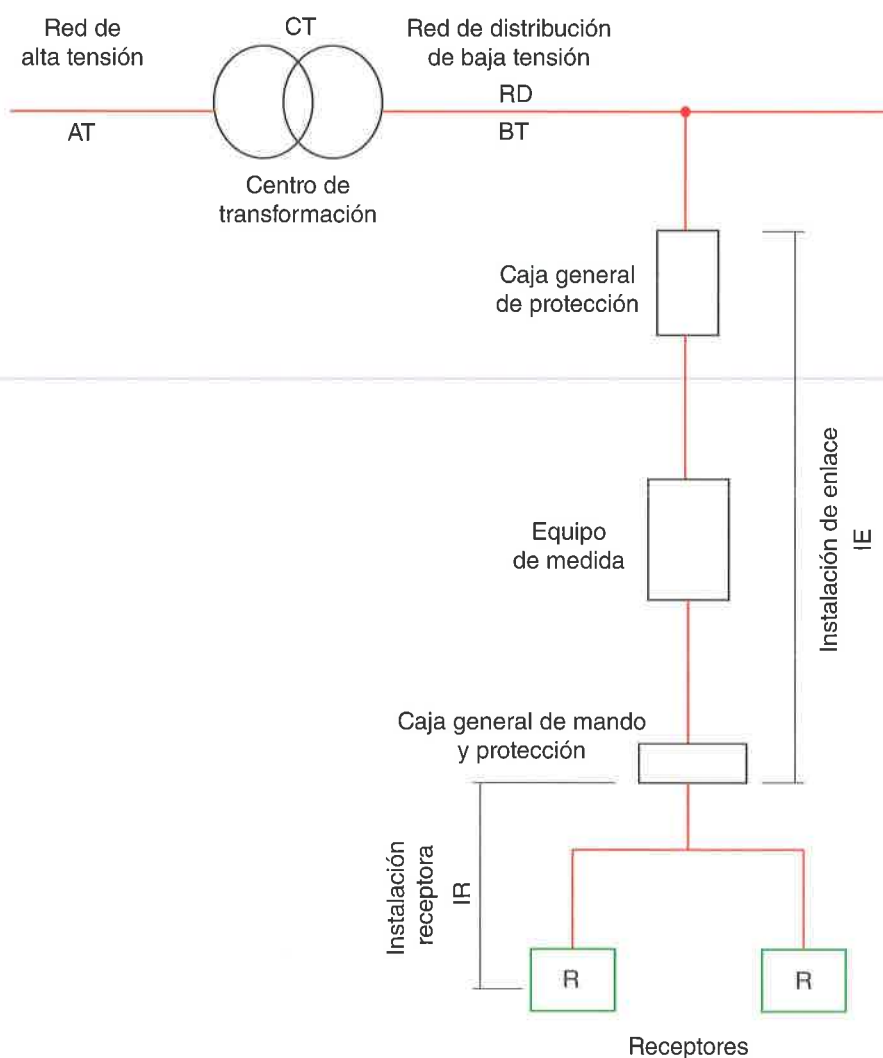


Figura 3.1. Esquema general de una instalación de transporte y distribución eléctrica.

2. Empresas e instaladores de baja tensión

Una **empresa instaladora de baja tensión** es la persona física o jurídica que realiza, mantiene o repara las instalaciones eléctricas en el ámbito del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y sus instrucciones técnicas complementarias, habiendo presentado la correspondiente declaración responsable de inicio de actividad.

Un **instalador de baja tensión** es la persona física que debe desarrollar su actividad en el seno de una empresa instaladora de baja tensión, con conocimientos para desempeñar alguna de las actividades correspondientes a las categorías indicadas en el apartado 2.1, y deberá cumplir y poder acreditar ante la Administración competente, cuando esta así lo requiera, una de las siguientes situaciones:

- Disponer de un **título universitario** cuyo plan de estudios cubra las materias objeto del REBT.
- Disponer de un **título de formación profesional o de un certificado de profesionalidad** incluido en el Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales, cuyo ámbito competencial coincida con las materias objeto del REBT.
- Tener reconocida una competencia profesional adquirida por **experiencia laboral**, de acuerdo con lo estipulado en el Real Decreto 1224/2009, de 17 de julio, en las materias objeto del REBT.

2.1. Categorías

Las empresas instaladoras de baja tensión se clasifican en las siguientes categorías:

2.1.1. Categoría básica (IBTB)

Las empresas instaladoras de esta categoría podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones eléctricas para baja tensión en edificios, industrias, infraestructuras y, en general, todas las comprendidas en el ámbito del presente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, que no se reserven a la categoría especialista (IBTE).

2.1.2. Categoría especialista (IBTE)

Las empresas instaladoras de la categoría especialista podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones de la categoría básica y, además, las instalaciones que figuran en la siguiente tabla:

Modalidades categoría especialista	1. Sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para las viviendas y edificios (ITC-BT 51)
	2. Sistemas de control distribuido
	3. Sistemas de supervisión, control y adquisición de datos
	4. Control de procesos
	5. Líneas aéreas o subterráneas para la distribución de energía
	6. Locales con riesgo de incendio y explosión
	7. Quirófanos y salas de intervención
	8. Lámparas de descarga en alta tensión, rótulos luminosos y similares
	9. Instalaciones generadoras de baja tensión

Tabla 3.1.

Saber más

El título de Técnico en Instalaciones Eléctricas y Automáticas

Está incluido en el Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales y su ámbito competencial coincide con las materias del REBT. Por tanto, dichos técnicos están habilitados como instaladores de baja tensión en todas sus categorías. Si además un titulado quiere establecerse como empresa instaladora en baja tensión, deberá cumplir los requerimientos que se describen en los apartados 2.2 y 2.3 de esta unidad.

Saber más

Según la Guía Técnica de Aplicación al REBT

La categoría de Lámparas de descarga en alta tensión, rótulos luminosos y similares **no incluye** aquellas instalaciones con lámparas de descarga que presenten al exterior únicamente conexiones de baja tensión, independientemente de que tengan algún elemento o parte inaccesible de alta tensión en su interior. Por tanto, este tipo de instalaciones pueden ser conectadas por empresas instaladoras de categoría básica.

Por ejemplo, una instalación de farolas de alumbrado público, con lámparas de descarga de vapor de sodio, interiormente posee un equipo (arrancador y reactancia) que suministra una tensión de 4,5 kV en el arranque. Sin embargo, al encontrarse todo el conjunto en un receptáculo completamente inaccesible, presentando al exterior unos bornes de conexión para alimentación a 230 V, no es necesario que dicha instalación sea realizada por una empresa instaladora de categoría especialista en la modalidad de lámparas de descarga en alta tensión y rótulos luminosos.

La categoría especialista para las cuatro primeras modalidades es única, debido a que este tipo de instalaciones presentan características comunes que aconsejan su agrupación en una sola subcategoría, siendo la diferencia entre ellas que la primera se refiere a la automatización en el ámbito doméstico, es decir lo que se conoce como domótica (por ejemplo, una vivienda, en la cual se instala una central de alarma contra robos e incendios, persianas gobernadas por control de luz, circuito cerrado de televisión, etc.), mientras que las tres restantes pertenecen a la automatización en el ámbito industrial (por ejemplo, la instalación de una cadena envasadora de alimentos gobernada por telecontrol).

La categoría de **Líneas aéreas y subterráneas para la distribución de energía**, se encuentra en el ámbito de aplicación de la ITC-BT 6 para líneas aéreas, ITC-BT 7 para líneas subterráneas e ITC-BT 11 para acometidas; por ejemplo, una red de distribución de baja tensión que parte de un centro de transformación para dar suministro eléctrico a un núcleo urbano.

La categoría de **Locales con riesgo de incendio y explosión** se encuentra en el ámbito de aplicación de la ITC-BT 29; por ejemplo, la instalación de un almacén de grano o una gasolinera.

La categoría de **Quirófanos y salas de intervención** se encuentra en el ámbito de aplicación de la ITC-BT 38.

La categoría de **Lámparas de descarga en alta tensión, rótulos luminosos y similares** se encuentra en el ámbito de aplicación de la ITC-BT 44; por ejemplo, la instalación de tubos de neón.

La categoría de **Instalaciones generadoras de baja tensión** se encuentra en el ámbito de aplicación de la ITC-BT 40; por ejemplo, la instalación de placas solares fotovoltaicas.

Ejemplo

Una empresa instaladora de baja tensión que debe realizar una instalación eléctrica en un taller de confección textil, ¿en qué categoría debe estar autorizada?

Solución:

Un taller de confección está clasificado como de riesgo de incendio (ver punto 4.2 ITC-29), con lo cual se le requerirá estar habilitada en la categoría ITBE 6.

Actividades

1. Indica con el número de categoría IBTE en la cual debe estar una empresa instaladora habilitada para realizar las siguientes instalaciones:

Instalación	Nº Categoría
Videovigilancia en un edificio	
Carpintería de madera	
Instalación fotovoltaica	
Alumbrado público	
Sala de pintura de un taller	

Instalación	Nº Categoría
Acometida eléctrica de un edificio de oficinas	
Garage de 10 plazas	
Industria automatizada	
Molino de grado	
Taller de rótulos luminosos	



2.2. Habilitación de empresas instaladoras de baja tensión

Antes de comenzar sus actividades como empresas instaladoras de baja tensión, las personas físicas o jurídicas que deseen establecerse en España, al igual que las empresas legalmente establecidas para el ejercicio de esta actividad en cualquier otro Estado miembro de la Unión Europea que deseen trabajar en territorio español, deberán presentar ante el órgano competente de la comunidad autónoma en la que deseen iniciar su actividad una **declaración responsable**. En ella, el titular de la empresa o el representante legal de la misma declarará para qué categoría, y en su caso, modalidad, va a desempeñar la actividad, que cumple los requisitos que se exigen por el REBT, que dispone de la documentación que así lo acredita, que se compromete a mantenerlos durante la vigencia de la actividad y que se responsabiliza de que la ejecución de las instalaciones se efectúa de acuerdo con las normas y requisitos que se establecen en el REBT.

Para la acreditación del cumplimiento del requisito de personal cualificado, la declaración deberá hacer constar que la empresa dispone de la documentación que acredita la capacitación del personal afectado, y la autoridad competente podrá verificar esa capacidad con arreglo a lo dispuesto en la legislación vigente.

Las comunidades autónomas deberán posibilitar que la declaración responsable sea realizada por medios electrónicos. No se podrá exigir la presentación de documentación acreditativa del cumplimiento de los requisitos junto con la declaración responsable. No obstante, esta documentación deberá estar disponible para su presentación inmediata ante la Administración competente cuando esta así lo requiera.

El órgano competente de la comunidad autónoma asignará, de oficio, un número de identificación a la empresa y remitirá los datos necesarios para su inclusión en el Registro Integrado Industrial.

La declaración responsable habilita por tiempo indefinido a la empresa instaladora, para el ejercicio de la actividad en todo el territorio español. En todo caso, la no presentación de la declaración, así como la inexactitud, falsedad u omisión de datos o manifestaciones que deban figurar en dicha declaración, podrá suponer la imposibilidad de seguir ejerciendo la actividad o la inhabilitación temporal para el ejercicio de la misma.

Cualquier hecho que suponga modificación de alguno de los datos incluidos en la declaración originaria, así como el cese de la actividad, deberá ser comunicado por el interesado al órgano competente de la comunidad autónoma donde presentó la declaración responsable en el plazo de un mes.

Las empresas instaladoras cumplirán lo siguiente:

- Disponer de la documentación que identifique a la empresa instaladora, que en el caso de persona jurídica deberá estar constituida legalmente.
- Contar con los medios técnicos y humanos mínimos necesarios para realizar sus actividades en condiciones de seguridad, que se determinan en la tabla 3.2.
- Haber suscrito un seguro de responsabilidad civil profesional u otra garantía equivalente que cubra los daños que puedan provocar en la prestación del servicio, para una cuantía mínima de 600 000 euros para la categoría básica, y de 900 000 euros, para la categoría especialista.

La empresa instaladora habilitada no podrá facilitar, ceder o enajenar certificados de instalación no realizadas por ella misma.

Saber más

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo

Este decreto establece que corresponderá a las comunidades autónomas elaborar y mantener disponible el modelo de **declaración responsable**. Por tanto, el modelo de dicha declaración puede variar de unas comunidades a otras, si bien el contenido deberá ser muy similar. Así, las empresas instaladoras que ejerzan su actividad en varias comunidades autónomas, deberán cumplimentar otros tantos modelos de declaración responsable.

Vocabulary

- Baja tensión: low voltage.
- Alta tensión: high voltage.

Saber más

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo

Este decreto ha modificado sustancialmente la **ITC-BT 03** del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, lo que implica cambios en lo que se refiere a los requisitos necesarios para ejercer como empresa instaladora de baja tensión. Por ejemplo, desaparece el requisito de contar entre sus medios técnicos con un local.

El incumplimiento de los requisitos exigidos, verificado por la autoridad competente, puede conllevar el cese de la actividad. La autoridad competente abrirá un expediente informativo al titular de la instalación, que tendrá quince días naturales a partir de la comunicación para aportar las evidencias o descargos correspondientes.

El órgano competente de la comunidad autónoma dará traslado inmediato al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de la inhabilitación temporal, las modificaciones y el cese de la actividad a los que se refieren los apartados precedentes para la actualización de los datos en el Registro Integrado Industrial. Si bien en cada comunidad autónoma el formato de **declaración responsable** puede diferenciarse en pequeños detalles, en todas ellas contendrá los siguientes epígrafes:

- **1. Identificación del declarante.**
- **2. Identificación de la empresa declarada.**
- **3. Objeto de la declaración:** en el que se hará constar si se pretende iniciar la actividad, cesar en la actividad (de forma definitiva o de forma temporal) o modificar los datos de la anterior declaración (por traslado, ampliación, etc.).
- **4. Declaración:** en la cual se hará constar que la empresa cuenta con la documentación y los requisitos exigidos, que los datos consignados en la declaración son ciertos y que la empresa se compromete a mantener el cumplimiento de dichos requisitos durante la vigencia de su actividad. Además, en este epígrafe deben figurar los siguientes datos: las características de la póliza de responsabilidad civil que se ha contratado, el número de código de cotización a la Seguridad Social, las actividades principales y secundarias de la empresa de acuerdo con la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE), el ámbito geográfico de actuación, el número de sucursales en España y el personal con el que cuenta la empresa.
- **5. Ámbito de la actividad de la empresa:** que, en nuestro caso, correspondería a «instalaciones eléctricas de baja tensión» (especificando la categoría Básica y/o Especialista y la/s modalidad/es correspondiente/s).

2.3. Obligaciones de las empresas instaladoras de baja tensión

Las empresas instaladoras de baja tensión deben, en sus respectivas categorías:

- a) Ejecutar, modificar, ampliar, mantener o reparar las instalaciones que les sean adjudicadas o confiadas, de conformidad con la normativa vigente y con la documentación de diseño de la instalación, utilizando, en su caso, materiales y equipos que sean conformes a la legislación que les sea aplicable.
- b) Efectuar las pruebas y ensayos reglamentarios que les sean atribuidos.
- c) Realizar las operaciones de revisión y mantenimiento que tengan encomendadas, en la forma y plazos previstos.
- d) Emitir los certificados de instalación o mantenimiento, en su caso.
- e) Coordinar, en su caso, con la empresa suministradora y con los usuarios las operaciones que impliquen interrupción del suministro.
- f) Notificar a la Administración competente los posibles incumplimientos reglamentarios de materiales o instalaciones, que observasen en el desempeño de su actividad. En caso de peligro manifiesto, darán cuenta inmediata de ello a los usuarios y, en su caso, a la empresa suministradora, y pondrá la circunstancia en conocimiento del órgano competente de su comunidad autónoma en el plazo máximo de 24 horas.

- g) Asistir a las inspecciones establecidas por el Reglamento, o las realizadas de oficio por la Administración, si fuera requerido por el procedimiento.
- h) Mantener al día un registro de las instalaciones ejecutadas o mantenidas.
- i) Informar a la Administración competente sobre los accidentes ocurridos en las instalaciones a su cargo.
- j) Conservar, a disposición de la Administración, copia de los contratos de mantenimiento, al menos durante los 5 años inmediatos posteriores a la finalización de los mismos.

Además, las empresas instaladoras de Baja Tensión deberán disponer como mínimo de los medios indicados en la siguiente tabla:

Medios humanos:

Personal contratado que realice la actividad en condiciones de seguridad, con un mínimo de un instalador para las instalaciones de cada una de las respectivas categorías, o una misma persona si esta reúne los respectivos requisitos.

Medios técnicos:

Herramientas, equipos y medios de protección individual, de acuerdo con la normativa vigente y las necesidades de la instalación.

Equipos:

a) Para la categoría básica:

- **Telurómetro.**
- **Medidor de aislamiento**, según ITC-BT 19.
- **Multímetro o tenaza** para tensión alterna y continua de hasta 500 V, con medida de intensidad alterna y continua hasta 20 A y medida de resistencia.
- **Medidor de corrientes de fuga**, con resolución mejor o igual a 1 mA.
- **Detector de tensión.**
- **Analizador-registrador de potencia y energía** para corriente alterna trifásica, con capacidad de medida para potencia activa, tensión e intensidad alterna y factor de potencia.
- **Equipo verificador de la sensibilidad de disparo de diferenciales**, capaz de verificar la característica intensidad-tiempo.
- **Equipo verificador de continuidad de conductores.**
- **Medidor de impedancia de bucle**, con sistema de medición independiente o con compensación del valor de la resistencia de los cables de prueba y con resolución mejor o igual que 0,1 Ω.
- Herramientas comunes y equipo auxiliar.
- **Luxómetro** con rango de medida adecuado para el alumbrado de emergencia.

b) Para la categoría especialista: además de los medios anteriores, deberán contar con los equipos siguientes, según proceda ⁽¹⁾:

- **Analizador de redes**, armónicos y perturbaciones de red.
- **Electrodos** para la medida del aislamiento de suelos.
- **Aparato comprobador del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento de los quirófanos.**

⁽¹⁾ El analizador de redes, armónicos y perturbaciones de red y los electrodos para la medida del aislamiento de suelos son necesarios para todas las subcategorías de la categoría especialista (y recomendables para la categoría básica). El aparato comprobador del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento de los quirófanos también es necesario para la subcategoría de quirófanos y salas de intervención.

Tabla 3.2.

Saber más

Según la Guía Técnica de Aplicación al REBT

Los medios técnicos que se establecen para la categoría básica deberían ser propiedad de la propia empresa instaladora, quien debe garantizar en todo momento su estado de funcionamiento y calibración, ya que su uso es muy frecuente.

Los medios específicos para la categoría especialista se pueden obtener en ocasiones a través de las asociaciones profesionales, siempre que el usuario final pueda acreditar el estado de calibración y funcionamiento correcto de los equipos.

Vocabulary

- Reglamento electrotécnico: *electrotechnical regulation.*

Saber más

El telurómetro

Se utiliza para medir la resistencia de tierra de una instalación. El dispositivo está dotado de dos picas auxiliares, que se clavan al terreno a una cierta distancia de la instalación de tierra. Un borne de conexión del medidor se conecta a la instalación de tierra a medir y los restantes, a las picas auxiliares; seguidamente, se realiza la medida de tierra, según las especificaciones técnicas del telurómetro.



Figura 3.2. Telurómetro.

3. Documentación técnica en las instalaciones eléctricas de baja tensión

Cualquier instalación eléctrica de baja tensión requiere una serie de documentación técnica para ser legalmente puesta en servicio, según lo prescrito en la ITC-BT 04 del REBT.

La documentación técnica que deberá realizarse en toda instalación está en función de las características e importancia de la misma, siendo una de las dos siguientes modalidades:

■ Proyecto

Si la instalación necesita proyecto, este deberá ser realizado y firmado por un técnico titulado competente. Dicho proyecto constará de una memoria, donde se expresarán especialmente:

- Los datos del propietario, emplazamiento, características básicas y uso al que se destina la instalación.
- Características y secciones de los conductores a emplear.
- Características y diámetros de los tubos para canalizaciones.
- Relación nominal de los receptores que se prevean instalar y su potencia, sistemas y dispositivos de seguridad adoptados y cuantos detalles sean necesarios, de acuerdo con la importancia de la instalación.
- Esquemas unifilares de la instalación y características de los dispositivos de corte y protección, puntos de utilización y secciones de los conductores.
- Croquis de su trazado y cálculos.

■ Memoria técnica de diseño (MTD)

Este documento se realizará según el modelo determinado por el órgano competente de la comunidad autónoma, con el fin de proporcionar los principales datos y características de diseño de las instalaciones. Dicha memoria técnica de diseño podrá ser realizada tanto por el instalador autorizado de baja tensión como por un técnico titulado competente.

En especial, se incluirán los siguientes datos:

- Datos referentes al propietario, identificación de la persona que firma la memoria y justificación de su competencia, emplazamiento de la instalación y uso al que se destina.
- Relación nominal de receptores que se prevea instalar y su potencia.
- Cálculos justificativos de las características de la línea general de alimentación, derivaciones individuales y líneas secundarias, elementos de protección y puntos de utilización.
- Pequeña memoria descriptiva.
- Esquema unifilar de la instalación y características de los dispositivos de corte y protección, puntos de utilización y secciones de los conductores.
- Croquis del trazado.

La tabla siguiente muestra las instalaciones que, para su ejecución, necesitan proyecto.



Saber más

El luxómetro

Este dispositivo mide el nivel de luminosidad (en lux) y es imprescindible para poder cuantificar el nivel de iluminación que hay en un local o emplazamiento. Es utilizado principalmente en industrias y locales comerciales y para mediciones del alumbrado de emergencia.



Figura 3.3. Luxómetro.

Saber más

El medidor de aislamiento (Megger)

Se utiliza para medir el aislamiento de conductores y bobinados en los motores. El dispositivo ofrece una alta tensión (desde unos 1000 V hasta unos 10 kV). Con esto, se consigue medir su resistencia de aislamiento, de tal forma que esta debe ser alta, del orden de $M\Omega$ o $G\Omega$. Un valor alto indica un nivel bueno de aislamiento, mientras que un valor bajo indica un nivel de aislamiento malo.



Figura 3.4. Megger.

Grupo	Tipo de instalación	Límites
a	Las correspondientes a industrias, en general.	$P > 20 \text{ kW}$
b	Las correspondientes a: ■ Locales húmedos, polvorientos o con riesgo de corrosión. ■ Bombas de agua, sean industriales o no.	$P > 10 \text{ kW}$
c	Las correspondientes a: ■ Locales mojados. ■ Generadores y convertidores. ■ Conductores aislados para caldeo, excluyendo las viviendas.	$P > 10 \text{ kW}$
d	■ De carácter temporal para alimentación de maquinaria de obras de la construcción. ■ De carácter temporal en locales o emplazamientos abiertos.	$P > 50 \text{ kW}$
e	Las de edificios principalmente destinados a viviendas, locales comerciales y oficinas, que no tengan la consideración de locales de pública concurrencia, en edificación vertical u horizontal.	$P > 100 \text{ kW}$ por caja gral. de protección
f	Las correspondientes a viviendas unifamiliares.	$P > 50 \text{ kW}$
g	Las de garajes que requieran ventilación forzada.	Cualquier nº de plazas
h	Las de garajes que disponen de ventilación natural.	> 5 plazas
i	Las correspondientes a locales de pública concurrencia.	Sin límite
j	Las correspondientes a: ■ Líneas de baja tensión con apoyos comunes con las de alta tensión. ■ Máquinas de elevación y transporte. ■ Las que utilicen tensiones especiales. ■ Las destinadas a rótulos luminosos salvo lo establecido en la ITC-BT 44. ■ Cercas eléctricas. ■ Redes aéreas o subterráneas de distribución.	Sin límite de potencia
k	Instalaciones de alumbrado exterior.	$P > 5 \text{ kW}$
l	Las correspondientes a locales con riesgo de incendio o explosión, excepto garajes.	Sin límite
m	Las de quirófanos y salas de intervención.	Sin límite
n	Las correspondientes a piscinas y fuentes.	$P > 5 \text{ kW}$
z (ITC-BT-52)	Las correspondientes a: las infraestructuras para la recarga de vehículo eléctrico.	$P > 50 \text{ kW}$
	Instalaciones de recarga situadas en el exterior.	$P > 10 \text{ kW}$
	Todas las instalaciones que incluyan estaciones de recarga previstas para el modo de carga 4.	Sin límite
o	Todas aquellas que, no estando comprendidas en los grupos anteriores, determine el Ministerio de Ciencia y Tecnología, mediante la oportuna disposición.	Según corresponda

(P = Potencia prevista en la instalación, teniendo en cuenta lo estipulado en la ITC-BT-10). No será necesaria la elaboración de proyecto para las instalaciones de recarga que se ejecuten en los grupos de instalación g y h existentes en edificios de viviendas, siempre que las nuevas instalaciones no estén incluidas en el grupo z).

Tabla 3.3. Instalaciones que, para su ejecución, requieren proyecto.

4. Verificaciones iniciales, tramitación de la documentación y puesta en servicio

Tras determinar si la instalación necesita **proyecto** o **memoria técnica de diseño**, se procede a la realización de uno u otro documento y se realizará la instalación de acuerdo a las especificaciones indicadas en él.

Una vez terminada la ejecución de la instalación, el instalador electricista, o bien una empresa de control cuando sean instalaciones relevantes, debe realizar las verificaciones que sean oportunas. Las verificaciones previas a la puesta en marcha están contempladas en el **Anexo 4** de la **Guía Técnica de Aplicación** y, según se refleja en esta guía, las verificaciones iniciales comprenden de dos fases diferentes:

4.1. Verificación por examen

Se realiza sin tensión en la instalación eléctrica y consiste en una inspección visual a realizar antes de los ensayos, cuya finalidad es comprobar visualmente que existen, donde corresponda, señalización de advertencia de tensión, identificación de circuitos, fusibles, interruptores, bornes, etc., la correcta accesibilidad a cuadros, cajas de registro etc., para su comodidad de mantenimiento, etc. y está destinada a comprobar:

- Si el material eléctrico instalado permanentemente es conforme con las prescripciones establecidas en el proyecto o memoria técnica de diseño.
- Si el material ha sido elegido e instalado correctamente conforme a las prescripciones de Reglamento y del fabricante del material.
- Que el material no presente ningún daño visible que pueda afectar a la seguridad.

En concreto, los aspectos cualitativos que este tipo de verificaciones debe tener en cuenta principalmente son: que haya medidas de protección contra choques eléctricos, la existencia y calibrado de los dispositivos de protección, la presencia de barreras cortafuegos, la existencia y disponibilidad de esquemas, la identificación de circuitos, la correcta ejecución de las conexiones y la accesibilidad necesaria para garantizar la comodidad de funcionamiento y mantenimiento.

4.2. Verificación por ensayos

Se ejecutan con o sin tensión, realizándose mediante medidas y ensayos. Las verificaciones a realizar según corresponda están descritas en la ITC-BT 18 y 19 y son las siguientes:

- **Medida de continuidad de los conductores de protección.** Permite comprobar desperfectos y cortes en los conductores. Se realiza con el polímetro y con los circuitos libres de tensión.
- **Medida de resistencia de tierra.** Permite comprobar que la resistencia de tierra de la instalación se ajusta a la requerida en el proyecto o la memoria técnica. Dado que es un ensayo muy importante, solo deberá realizarse por el director de obra o instalador autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Los instaladores competentes efectuarán la comprobación de la puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté más seco.

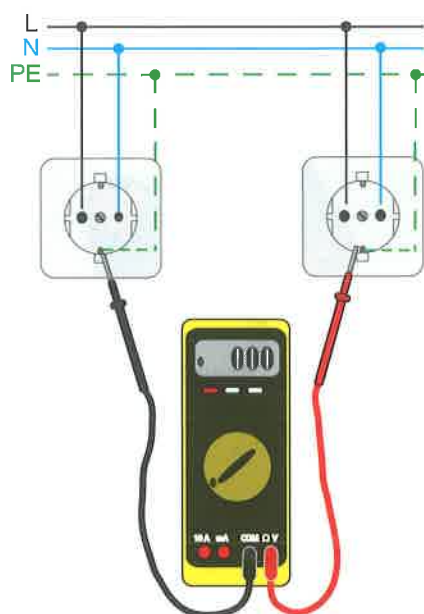


Figura 3.5. Medida de continuidad del conductor de protección realizado desde dos enchufes.

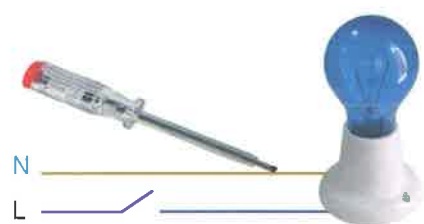


Figura 3.6. Comprobación de polaridad incorrecta con un buscapolos o detector de tensión. En este caso, la utilización del color marrón para el neutro induce al error, ya que el buscapolos solo detectará tensión al tocar la fase, que en este caso es de color azul.

- **Medida de polaridad.** Medida realizada con tensión que comprueba que el neutro no tiene tensión y sí el de fase respecto de tierra.
- **Medida de la resistencia de aislamiento.** Esta medida comprueba la integridad de los conductores y sus aislamientos y se realiza con los conductores desconectados de la alimentación. Se medirá de dos formas distintas: en primer lugar, entre todos los conductores del circuito de alimentación (fase, neutro) unidos entre sí con respecto a tierra y, a continuación, entre cada pareja de conductores activos con todos los receptores desconectados.
- **Medida de aislamiento de suelos y paredes.** Esta medida comprueba que, desde paredes y suelos, se pueden propagar potenciales peligrosos. Esta medida tiene una aplicación singular en bañeras y duchas metálicas, en quirófanos y salas de intervención. Se realiza con la alimentación desconectada.
- **Medida de corriente de fuga.** Comprueba las fugas a través del conductor de tierra. Se realiza con los receptores conectados en los circuitos protegidos con diferenciales. Para ser correcta, la medida no debe ser mayor a la mitad de la sensibilidad del diferencial. No se debe confundir la corriente de defecto con la corriente de fuga, ya que esta última se da en todo tipo de receptor en condiciones normales de funcionamiento.
- **Medida de impedancia de bucle.** Es una medida necesaria para comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de protección basados en fusibles e interruptores automáticos en sistemas de distribución TN e IT principalmente. Se realiza con las cargas conectadas y con tensión en las líneas.
- **Comprobación de interruptores diferenciales.** Comprueba el disparo a la sensibilidad del dispositivo y que el tiempo de disparo sea correcto. Se realiza en tensión.
- **Comprobación de la secuencia de fases.** Medida necesaria cuando se conectan motores trifásicos para asegurar la secuencia de fases correcta.



Comprobador de diferenciales



Medidor de corriente de fuga



Comprobador de secuencia de fase

Figura 3.7. Equipos de medida utilizados en las verificaciones de instalaciones.

Finalizadas la obra y las verificaciones iniciales, la empresa instaladora debe emitir un **certificado de la instalación** (anteriormente llamado **boletín de instalación**) a la administración antes de la puesta en marcha de la misma, por quintuplicado y con su correspondiente anexo de información al usuario, al que acompañará, según el caso, el proyecto o MTD, siendo los pasos a seguir los representados en la figura 3.8.



Figura 3.8. Proceso de ejecución, verificación, tramitación y puesta en marcha de una instalación.

- Reglamento Electrotécnico para Baja tensión
- Guía técnica de aplicación al REBT
- Modelo de memoria técnica de diseño de la comunidad autónoma correspondiente
- Modelo de certificado de instalación eléctrica de baja tensión de la comunidad autónoma correspondiente

Objetivo

Determinar la documentación necesaria y realizar parte de una memoria técnica de diseño de un edificio de viviendas.

Planteamiento

Datos de la instalación:

Edificio de viviendas de 3 plantas con 3 viviendas por planta de 90 m².

Las viviendas serán de grado elevado con una previsión de 9,2 kW cada una.

Se instalará un ascensor de 4,5 kW (400 kg, 5 personas, 0,6 m/s).

Para alumbrado de zonas comunes, se prevé 1,2 kW.

Para otros servicios de uso general, telecomunicaciones, etc. se destinan 3 kW.

Garaie de 315 m² ubicado en planta sótano con ventilación forzada.

Local comercial de 105 m² ubicado en la planta baja.

Desarrollo

1. Inicialmente, se realizarán los cálculos de previsión de potencia y seguidamente se comprueba si es necesario proyecto o memoria técnica de diseño; para ello, se consulta la tabla del punto 3.1 de la ITC-BT 03 del REBT. Los edificios de viviendas pertenecen al **grupo E**; por tanto, para potencias menores de 100 kW (como es este caso), solo será necesaria memoria técnica.

2. Documentos.

Certificados de instalación

Se deberán cumplimentar uno por cada abonado y será el documento que cada uno de ellos presentará a la empresa de distribución para dar de alta el suministro eléctrico.

Se realizarán 11 certificados: 9 para las viviendas, 1 para servicios generales y 1 para el garaje (el local comercial queda diáfano sin instalación).

Se deben realizar cinco ejemplares por certificado: uno queda en poder de la Administración, la cual los registra y sella; los otros cuatro son remitidos al instalador quien, a su vez, entregará dos a cada usuario (de las viviendas y comunidad); quedan dos en poder del instalador para el control y seguimiento de sus instalaciones.

[illegible]

Figura 3.9. Certificado de instalación de baja tensión diligenciado por la Administración.

Memoria técnica de diseño

Este documento refleja todos los datos técnicos, los cálculos justificativos y los esquemas de la instalación. Se realiza según el modelo determinado por el órgano competente de la comunidad autónoma donde se ubica la instalación.

Se pide rellenar las casillas marcadas en figura 3.10, con objeto de completar esta hoja de la memoria técnica, o bien, basándose en el modelo de la figura, cumplimentar las casillas de la MTD de tu comunidad autónoma que corresponden al epígrafe Previsión de Carga Total del Edificio destinado principalmente a viviendas.

MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO						
PREVISIÓN DE CARGAS PARA INSTALACIÓN DE ENLACE (Según ITC-BT-10)						
Nº de plantas del edificio:	3	Nº de Viviendas por Planta	*****	Nº de Locales Comerciales	*****	
VIVIENDAS						
Grado Electrificación	Tipo Vivienda	Pot. Máxima Prevista para Tipo vivienda	Nº Viviendas	Media Aritmética Potencias Máximas	Coefficiente Simultaneidad	Carga Total
Básica (Mín. 5,75 kW) (Sup. 160 m ²)		kW			7,8	
		kW				
		kW				
Elevada (Mín. 9,2 kW) (Sup. 160 m ²)	*****	***** kW	*****	***** kW	Tabla ITC-BT-10	***** kW
		kW				
		kW				
Tarifa Nocturna		kW		kW	Igual NºViviendas	kW
		kW				
		kW				
Carga prevista Viviendas (A):						***** kW
SERVICIOS GENERALES						
Pot. prevista Ascensores	Pot. Prevista Frio/Calor	Pot. Prevista Grupos Presión	Pot. Prevista Alumbrado	Pot. Prevista Piscinas	Pot. Prevista Otros (R.I.T.I.)	Pot. Prevista Total (Suma)
***** kW	— kW	— kW	***** kW	— kW	***** kW	***** kW
Carga Prevista Servicios Generales (B):						***** kW
GARAJE						
Instalación	Tipo	Pot. Mínima Cálculo	Potencia Real Cálculo(X)	Superficie Total (Y)	Potencia Otros Sistemas (Z)	Potencia Total Z+((X•Y)/1000)
Garaje	Vent.Natural	10 W/m ²	W/m ²	m ²	kW	kW
(Mín. 3,45 kW)	Vent.Forzada	20 W/m ²	20 W/m ²	***** m ²	— kW	***** kW
Carga Prevista Garaje (C):						***** kW
LOCALES COMERCIALES Y/O OFICINAS Y/O INDUSTRIALES						
Instalación	Potencia Mínima Cálculo	Oficina o Local		Superficie Total (Y)	Potencia Otros Sistemas (Z)	Potencia Total N•[Z+((X•Y)/1000)]
		Tipo	Nº(N)			
Local comerc. (Mín. 3,45 kW Por Local)	100 W/m ²	1	1	*****	— kW	***** kW
					kW	kW
					kW	kW
Oficinas (Mín. 3,45 kW Por Local)	100 W/m ²				kW	kW
					kW	kW
					kW	kW
Industrias (Mín. 3,45 kW Por Local)	100 W/m ²				kW	kW
					kW	kW
					kW	kW
Carga prevista Locales Comerciales y/o Oficinas y/o Industrias (D):						***** kW
OTRAS INSTALACIONES INDUSTRIALES, AGRARIAS O DE SERVICIOS						
Denominación de la instalación	Potencia prevista Alumbrado	Potencia Prevista Fuerza	Potencia Prevista Otras Instalaciones	Potencia prevista Total (Suma)		
	kW	kW	kW	kW		
	kW	kW	kW	kW		
	kW	kW	kW	kW		
	kW	kW	kW	kW		
Carga prevista otras instalaciones Industriales, Agrarias de Servicios (E):				— kW		
CARGA TOTAL PREVISTA EN L.G.A. (A+B+C+D+E):				***** kW		

Figura 3.10. Ejemplo de cumplimentación de una página de la memoria técnica de diseño del edificio de viviendas.

TEST DE EVALUACIÓN

RESUELVE EN TU CUADERNO O BLOC DE NOTAS

1. Un titulado en Instalaciones Eléctricas y Automáticas necesita un curso de 100 horas para trabajar como instalador de baja tensión en una empresa instaladora:
 - a) Sí, siempre.
 - b) No, nunca.
 - c) Sí, para categoría especialista.
2. El documento para obtener el permiso de puesta en marcha de una instalación se denomina...
 - a) Certificado de dirección de obra.
 - b) Certificado de la instalación.
 - c) Memoria técnica de diseño.
3. Una empresa instaladora de categoría IBTE necesitará un seguro de responsabilidad civil de:
 - a) 600 000 € actualizable según IPC.
 - b) 900 000 € actualizable según IPC.
 - c) 100 000 € actualizable según IPC.
4. Para realizar su actividad, una empresa instaladora:
 - a) Necesita un local de 25 m² mínimo.
 - b) Necesita un local de 100 m² mínimo.
 - c) No se necesita local alguno.
5. La verificación inicial de una instalación se realizará:
 - a) Después de la puesta en marcha de la instalación.
 - b) Antes de la puesta en marcha de la instalación.
 - c) Nunca, ya que las instalaciones eléctricas no necesitan verificaciones iniciales.
6. Una instalación de una piscina municipal cuya potencia es de 15 kW necesita:
 - a) Proyecto.
 - b) MTD.
 - c) Solo un certificado de instalación.
7. El certificado de instalación lo debe suscribir siempre.
 - a) La empresa instaladora de baja tensión.
 - b) El instalador de baja tensión.
 - c) Cualquiera de ellos.
8. ¿Un garaje en sótano sin ventilación natural de 3 plazas necesita solo MTD?
 - a) Sí, siempre.
 - b) No es necesario.
 - c) Sí, siempre que pertenezca a un edificio de viviendas.
9. ¿El ensayo de comprobación de diferenciales se realizará comprobando que no hay tensión en la instalación?
 - a) Sí, siempre.
 - b) No, nunca.
 - c) Sí, pero solo para instalaciones en quirófanos.
10. Un dispositivo de vigilancia de nivel de aislamiento de quirófanos será obligatorio para todos los instaladores de categoría especialista:
 - a) IBTE I, II, III y IV.
 - b) IBTE VI.
 - c) IBTE VII.

ACTIVIDADES FINALES

- 1. Indica el bloque de instrucciones del REBT y la Instrucción Técnica Complementaria que se deberá consultar para los siguientes elementos de las instalaciones eléctricas:

Elemento eléctrico	Bloque/ITC	Elemento eléctrico	Bloque/ITC
Instalaciones para piscinas	*****	Hornos eléctricos	*****
Motores eléctricos	*****	Contadores	*****
Profundidad de las redes de distribución subterránea	*****	Medios técnicos requeridos para los instaladores de baja tensión	*****
Instalaciones para carpinterías de madera	*****	Número de circuitos en viviendas	*****

- 2. Indica con cuál de los siguientes medios técnicos necesita contar una empresa instaladora de baja tensión habilitada en la categoría básica: local de 25 m², telurómetro, medidor de impedancia de bucle, aparato de vigilancia de nivel de aislamiento de quirófanos, luxómetro.
- 3. Indica cómo se denomina el documento que debe presentar ante la Consejería de Industria de su comunidad autónoma una empresa instaladora para poder comenzar a trabajar.
- 4. Una empresa instaladora debe realizar la instalación contraincendios de un garaje. ¿Por qué categoría especialista debe estar acreditada?
- 5. De la relación de ensayos que hay que realizar en la verificación inicial previa a la puesta en marcha de una instalación eléctrica, indica cuál de ellos se realiza con tensión y cuál de ellos en vacío (sin tensión).
- 6. De la relación de ensayos que hay que realizar en la verificación inicial previa a la puesta en marcha de una instalación eléctrica, indica para cada uno de ellos el aparato necesario para llevar a cabo dicho ensayo.
- 7. Indica la documentación necesaria que habrá que presentar ante la Consejería de Industria para la puesta en marcha del alumbrado exterior de un parque público con 8 KW de potencia.

Entra en internet

- 8. A través del buscador web o bien entrando en la página oficial de tu comunidad autónoma, consigue en formato Word o pdf:
 - El modelo de la memoria técnica de diseño.
 - El modelo del certificado de la instalación.
- 9. A través del buscador web, descarga la Guía Técnica de Aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- 10. Busca en internet toda la información que puedas conseguir sobre la norma UNE 20.460-6-61, con objeto de conocer todos los procesos de verificación inicial de las instalaciones antes de su puesta en marcha.
- 11. A través del buscador web o bien entrando en las páginas oficiales de las Consejerías de Industria de algunas comunidades autónomas, consigue varios modelos de **declaración responsable** y compara sus formatos (recuerda que esta declaración se puede cursar por medios electrónicos).
- 12. A través del buscador web, entra en las páginas web de varias asociaciones provinciales de instaladores electricistas en las cuales puedes acceder a información interesante del sector eléctrico.
- 13. A través del buscador web, consigue el Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el cual (en su artículo 7º) se modifica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión para adaptarlo a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.

ACTIVIDADES FINALES

Test de REBT

14. Realiza los siguientes test del REBT de las instrucciones ITC-BT 03 y 04.
- Una instalación de generación de energía eléctrica a partir de energía solar a 400 Vcc para conexión a red podrá realizarla una empresa instaladora de categoría:
 - Categoría especialista IBTB.
 - Categoría básica IBTB.
 - Categoría especialista IBTE.
 - Una instalación de lámparas de descarga de alta presión con tensión de 4,5 kV en una luminaria inaccesible con bornes de baja tensión a 230 V podrá realizarla una empresa instaladora de categoría:
 - Categoría especialista IBTB.
 - Categoría básica IBTB.
 - Categoría especialista IBTE.
 - Un técnico de grado superior en Instalaciones Electrotécnicas, para trabajar como instalador de baja tensión en una empresa instaladora, deberá además:
 - Realizar un examen teórico-práctico.
 - Realizar un examen teórico.
 - No deberá realizar ningún examen.
 - Realizar un examen práctico.
 - Un ingeniero superior en electricidad, para trabajar como instalador de baja tensión en una empresa instaladora, deberá además:
 - Realizar un examen teórico-práctico.
 - No deberá realizar ningún examen.
 - Realizar un examen práctico.
 - Realizar un examen teórico.
 - El Certificado de la Instalación emitido por la empresa instaladora de una instalación que precisa proyecto debe ser suscrito por:
 - La propia empresa instaladora.
 - El ingeniero que realiza el proyecto.
 - El instalador de baja tensión.
 - Cualquiera de ellos.
 - De las instalaciones de la siguiente tabla, especifica si necesitan MTD o proyecto.

Instalación	MTD o proyecto	Instalación	MTD o proyecto
a) Vivienda de 5 750 W	*****	f) Taller de carpintería metálica de 16 kW	*****
b) Grupo de elevación de agua 15 CV	*****	g) Instalación en fuente de 2 kW	*****
c) Taller de confección textil	*****	h) Gasolinera	*****
d) Cafetería	*****	i) Instalación para obras de 60 kW	*****
e) Edificio de viviendas de 80 kW	*****	j) Cámara frigorífica de 6 kW	*****

- El titular de una instalación eléctrica, para obtener el enganche de suministro de energía de la compañía de distribución correspondiente, deberá presentar ante esta:
 - La MTD o el proyecto.
 - El certificado de instalación.
 - El certificado de verificación de obra.
- Se requerirá un nuevo proyecto a aquellas ampliaciones de instalaciones que superen una potencia prevista en el proyecto anterior mayor del:
 - 25 %
 - 30 %
 - 50 %
 - 75 %

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA 1

Material

- Guías técnicas de aplicación al REBT

Identificación de los diferentes equipos de medida y descripción del ensayo para el que se utilizan

Objetivo

Conocer los diferentes equipos utilizados para las verificaciones y ensayos en las instalaciones eléctricas.

Desarrollo

Identifica el equipo de medida, describe el ensayo para el que se utiliza y especifica si el ensayo se realiza con o sin tensión.

Equipo	Nombre del equipo: ensayo	¿Con tensión? (Sí/No)
	Comprobador de diferenciales:	
		
		
		
		
		

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA 2

Material

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión

Determinación de qué instalaciones eléctricas en BT necesitan proyecto

Objetivo

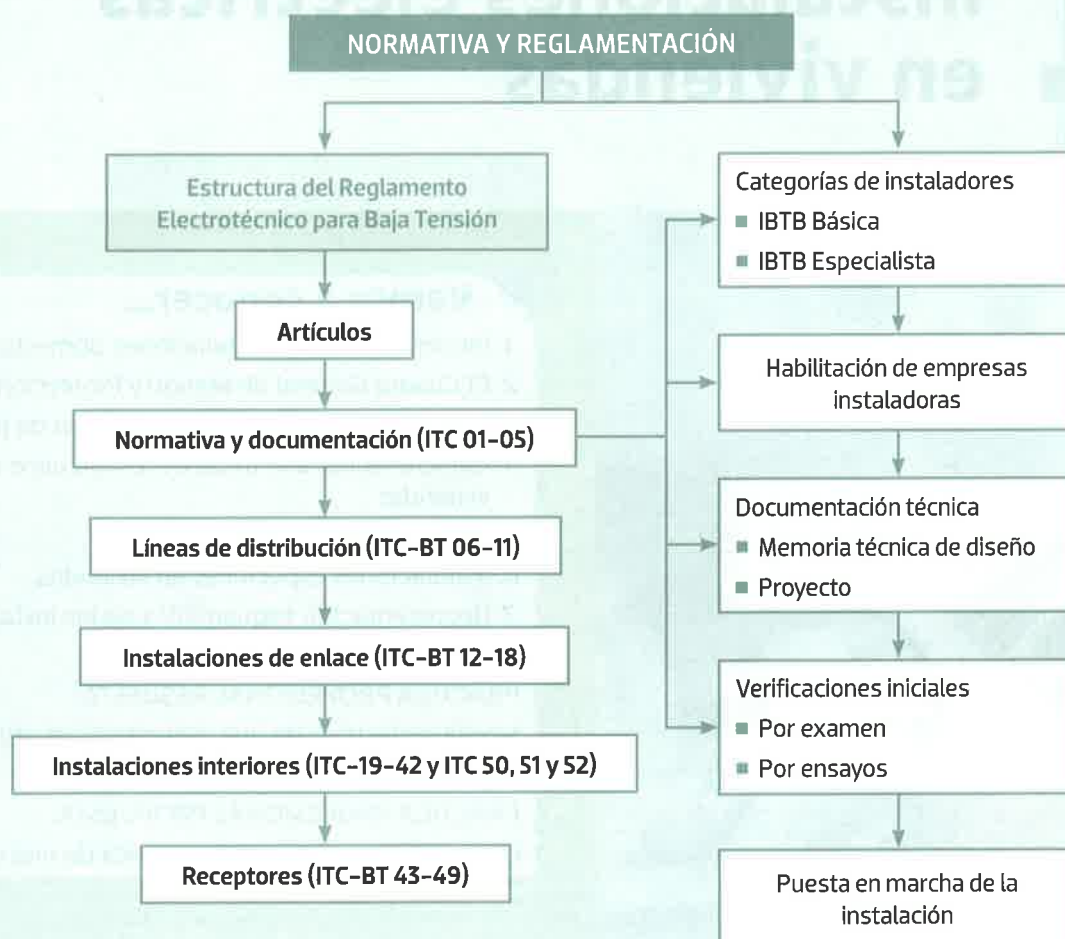
Identificar diferentes tipos de instalaciones y consultar el reglamento para establecer cuándo es necesario proyecto.

Desarrollo

Identifica cada una de las instalaciones y, en base a las prescripciones establecidas en el punto 3.1 de la ITC-BT 04 del REBT, determina a partir de qué potencia es necesaria la realización de proyecto.

Instalación	Tipo de instalación	Instalación	Tipo de instalación
	Proyecto		Proyecto
	Instalaciones temporales de obra		
	Proyecto para $P > 50 \text{ kW}$		
			
			
			
			

EN RESUMEN



4 Instalaciones eléctricas en viviendas

Vamos a conocer...

1. Introducción a las instalaciones domésticas
2. El Cuadro General de Mando y Protección (CGMP)
3. Grados de electrificación y previsión de potencia
4. Características eléctricas de los circuitos en viviendas
5. Puntos de utilización
6. Instalaciones específicas en viviendas
7. Representación esquemática de las instalaciones en viviendas

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Montaje eléctrico de una vivienda de grado elevado

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Diseño de una instalación eléctrica de una vivienda

Y al finalizar esta unidad...

- Conocerás los dispositivos que forman parte de un cuadro general de mando y protección, así como los diferentes grados de electrificación y los circuitos necesarios en las viviendas.
- Podrás determinar el número de tomas de corriente y puntos de luz necesarios en cada vivienda.
- Conocerás los esquemas representativos utilizados en instalaciones domésticas.
- Realizarás dos montajes de viviendas.

1. Introducción a las instalaciones domésticas

En los últimos años, cada vez se han ido electrificando más las viviendas, debido principalmente a la introducción y al gran uso de electrodomésticos. Esto obligó, entre otras circunstancias, a modificar en el año 2002 el antiguo reglamento de 1973. Se introdujeron nuevos grados de electrificación y mayor número de circuitos mínimos, así como la determinación del número de tomas de corriente y puntos de luz en cada una de las estancias de las viviendas, todo esto en previsión de la demanda energética de los usuarios. Si se toma como ejemplo una cocina, que fundamentalmente es la estancia más electrificada como veremos más adelante, en ella un usuario puede utilizar cocinas eléctricas, hornos, microondas, lavadoras, lavavajillas, etc., y, si a ello le sumamos el resto de electrodomésticos, tales como aire acondicionado, calefacción eléctrica, etc., encontramos que la instalación de un hogar hoy en día debe estar electrificada en previsión de los **electrodomésticos a instalar**, por un lado, y de la **superficie total de la vivienda**, por otro lado.

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) para electrificación de viviendas tendrá en cuenta principalmente la Instrucción Técnica Complementaria de instalaciones interiores en viviendas ITC-BT 25 (número de circuitos y características), así como la **Guía Técnica de aplicación BT-25**.

2. El Cuadro General de Mando y Protección (CGMP)

Toda instalación eléctrica en viviendas necesita un cuadro donde se ubiquen todos los dispositivos de protección, tanto de los conductores como de las personas. Este cuadro está formado por los siguientes dispositivos:

- Un Interruptor General Automático (IGA), que permite la desconexión y la protección de todos los circuitos de la instalación en la vivienda (circuitos destinados exclusivamente para alumbrado, para tomas de corriente, etc.).
- Uno o varios interruptores diferenciales, cuya misión es proteger a las personas.
- Una serie de interruptores automáticos (PIA), que permiten separar cada uno de los circuitos que posee la vivienda, protegiéndolos de forma individual.
- Un Interruptor de Control de Potencia (ICP), cuya única misión es controlar la potencia consumida, realizando el corte cuando el consumo supere la potencia contratada. Este último, en instalaciones con contadores no inteligentes, es instalado por la empresa suministradora y su calibre es determinado por la potencia que el usuario desee contratar.
- Dispositivos de protección contra sobretensiones, si fuese necesario. Por ejemplo, instalaciones en viviendas que, por su ubicación geográfica, sean susceptibles a sobretensiones producidas por rayos, o bien por maniobras o defectos en la red de distribución.
- En caso de instalaciones con sistemas domóticos, la alimentación de los circuitos de control se podrá situar aguas arriba de cualquier diferencial, siempre que esta se realice a través de una fuente de Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS).

Saber más

Los contadores inteligentes instalados en viviendas, además de poder registrar datos, tales como la energía consumida total e instantánea, pueden actuar como ICP, cortando el suministro en caso de sobrepasar el límite de potencia contratada por el usuario. Esta opción hace que el ICP no sea necesario para abonados con este tipo de contador.

Saber más

PIA (Pequeño Interruptor Automático): es un interruptor automático con las mismas características que un IGA, diferenciándose en la denominación para indicar que es un dispositivo que protege un solo circuito.

Saber más

Los contadores inteligentes instalados en viviendas, además de poder registrar datos tales como la energía consumida total e instantánea, pueden actuar como **ICP**, cortando el suministro en caso de sobrepasar el límite de potencia contratada por el usuario. Esta opción hace que el ICP no sea necesario para abonados con este tipo de contador.



Figura 4.1. Contador inteligente de ENDESA.



Figura 4.3. Interruptor automático bipolar 2x10 A.



Figura 4.4. Interruptor diferencial bipolar 2x40 A/30 mA.

Ubicación

Es importante tener en cuenta que las compañías eléctricas tienen su propia normativa sobre la ubicación de estos cuadros, que el instalador deberá conocer en el momento de ubicarlos. Por lo general, los dispositivos generales de mando y protección se situarán lo más cerca posible del punto de entrada y no podrán colocarse en dormitorios, baños, aseos, etc.

Por otro lado, se colocará una caja para ICP inmediatamente antes de los demás dispositivos, no el ICP, ya que este dispositivo es instalado en el momento de realizar el alta por la compañía distribuidora según la potencia contratada (en contadores inteligentes, la función de ICP la realiza el propio contador).

Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse junto a la anterior caja o en cuadros separados y en otros lugares, y se recomienda que su altura esté comprendida entre 1,4 m y 2 m.

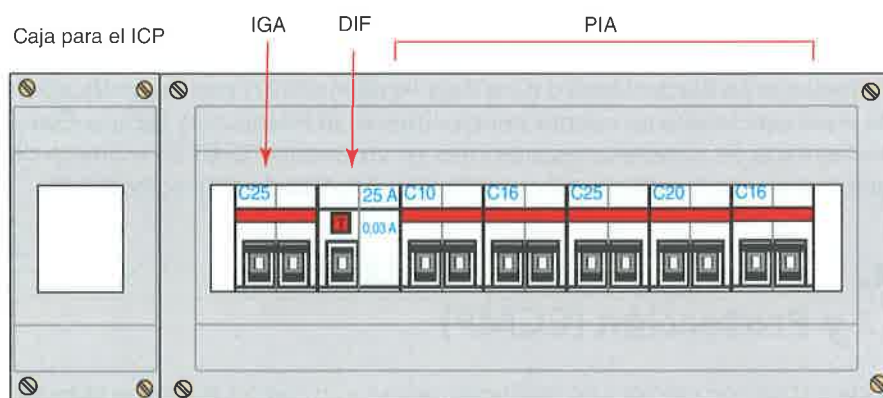


Figura 4.2. Cuadro General de Mando y Protección (CGMP).

Características significativas de los dispositivos de mando y protección

Cuando hablamos de calibre, estamos indicando la máxima intensidad que un dispositivo puede soportar, de forma que un interruptor automático con un calibre de 10 A, por poner un ejemplo, cortará el circuito cuando la intensidad sobrepase este valor en un tiempo determinado.

Los diferenciales tienen dos características fundamentales: la primera es **el calibre**, que es la máxima intensidad que puede soportar, y segunda es la **sensibilidad**, es decir, la intensidad de defecto a tierra a la cual el dispositivo cortará el circuito o grupo de circuitos que estén conectados al diferencial. Si existe la conexión de un conductor activo con la parte metálica de un receptor, el usuario corre el riesgo de un contacto eléctrico a través de la masa metálica; ahora bien, si dicho dispositivo está conectado a tierra, el diferencial podrá detectar la corriente derivada y, si esta supera la **sensibilidad** del diferencial, podrá cortar la corriente para evitar un riesgo eléctrico antes de producirse el contacto con la masa del aparato.

En caso de que una persona entre accidentalmente en contacto con un conductor o parte activa de la instalación (**contacto directo**), el interruptor diferencial debe detectar la corriente que pasa a través del cuerpo; si esta supera el valor de la sensibilidad de disparo del diferencial, este cortará de forma automática la alimentación.

3. Grados de electrificación y previsión de potencia

Se establecen dos grados de electrificación que dependen del grado de utilización que se desee alcanzar. Estos grados se fijan en función del número de puntos de luz, número de tomas de corriente, superficie total de la vivienda y los electrodomésticos que se pretenden instalar en la vivienda (aire acondicionado, calefacción, secadora, etc.). Los grados de electrificación definidos son **Básico** y **Elevado**.

Toda instalación deberá llevar un Interruptor General Automático (IGA) de corte omnipolar para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos del conjunto de la instalación.

El interruptor general es independiente del Interruptor de Control de Potencia (ICP), que instala la compañía de distribución eléctrica en función de la potencia que el usuario desee contratar. La misión de este ICP (bien realice la función el propio contador si este es inteligente, o bien la realice un dispositivo ICP instalado de forma externa) es limitar la potencia contratada. Así, si el usuario sobrepasa la potencia contratada, el dispositivo de control de potencia cortará el suministro eléctrico.

El usuario podrá contratar la potencia que estime oportuna, con independencia de la potencia instalada (marcada por el IGA), siempre que ésta sea **menor o igual** a la instalada.

Seguidamente, se instalarán uno o varios interruptores diferenciales (como mínimo uno por cada cinco circuitos), según se especifica claramente en la guía técnica BT-25, con una excepción que veremos más adelante.

La sensibilidad del diferencial en instalaciones de viviendas deberá ser como máximo de 30 mA y deberá estar protegido mediante interruptores automáticos, de tal forma que la corriente que pueda circular por él nunca sea superior a la intensidad o calibre del diferencial, ya que en tal caso corre el riesgo de quemarse.

3.1. Electrificación básica

Se define como la electrificación necesaria para dar cobertura a los requerimientos energéticos básicos; es decir, aquellas necesidades de utilización primarias.

La previsión de potencia para estas instalaciones es siempre superior a 5750 W a una tensión de 230 V, independientemente de la potencia que desee contratar el usuario.

Una instalación de grado básico debe llevar cinco circuitos, todos ellos protegidos por un interruptor automático de corte omnipolar (con corte manual), que realizará la función de protección contra sobrecargas para cada uno de ellos.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas están provistos internamente de dos elementos: uno que efectúa el corte térmico (por calentamiento), que protegerá al circuito frente a sobrecargas, y otro elemento de tipo magnético, que actúa de forma inmediata protegiendo al circuito frente a cortocircuitos donde las intensidades son elevadas.

Si fuese necesario instalar en una vivienda algún tipo de equipo de protección contra sobretensiones, este se ubicará entre el IGA y el diferencial, de forma que dicho dispositivo se encargará de descargar a tierra las sobrecargas derivadas de una sobretensión.



Figura 4.5. Interruptor de Control de Potencia (ICP) bipolar de 20 A, siendo la potencia contratada en la instalación donde se ubique este ICP de $20 \cdot 230 = 4\,600$ W.

Saber más

Existen protectores de sobretensiones combinados que ofrecen protección contra sobretensiones transitorias (rayos) y permanentes (fallos de red) cuyo conjunto viene acoplado al IGA. Dicho bloque no solo descarga a tierra la sobretensión, sino que realiza el corte del IGA para sobretensiones peligrosas.



Figura 4.6. Protector contra sobretensiones combinado (transitorias y permanentes) con IGA.

Circuitos de electrificación básica

- C1: Circuito destinado a alimentar los puntos de iluminación.
- C2: Circuito destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico⁽¹⁾.
- C3: Circuito destinado a alimentar la cocina y horno eléctricos.
- C4: Circuito destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.
- C5: Circuito destinado a alimentar las tomas de corriente de los cuartos de baño y las tomas auxiliares del cuarto de cocina.

⁽¹⁾ También el extractor de la cocina se conectará al circuito C2, como veremos en la tabla de puntos de utilización.

Potencias y calibres

Las potencias, calibre de IGA y calibre de los diferenciales para electrificaciones de grado básico serán las siguientes:

Potencia	Calibre del IGA	Calibre del DIF.
5750 W	25 A	25 A
7360 W	32 A	40 A

Tabla 4.1.

Vocabulario

Se denomina corte omnipolar a los dispositivos que cortan todos los conductores de alimentación; es decir, las fases y el neutro.

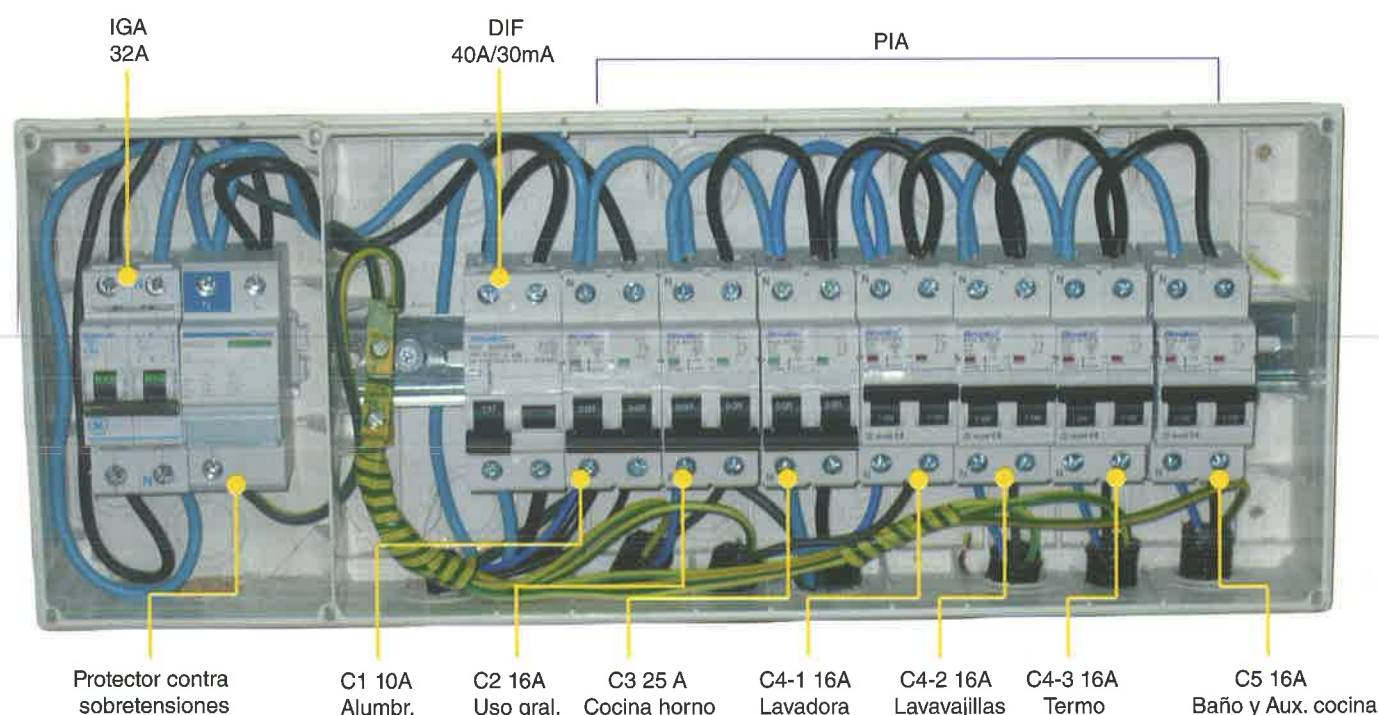


Figura 4.7. CGMP de una vivienda de grado básico de 7360 W.

Las siguientes figuras muestran dos esquemas unifilares de una vivienda de grado básico. En la figura 4.8, se representan los 5 circuitos básicos de una vivienda, donde se indican principalmente el calibre de las protecciones, la sección de los conductores y diámetro de los tubos de cada uno de los circuitos. Además, se representa el protector contra sobretensiones, cuya obligatoriedad estará en función de las prescripciones particulares de las compañías eléctricas, las características ambientales de la zona, el tipo de líneas de distribución, los riesgos eléctricos, etc.

La figura 4.9 es una variante de la anterior, en la cual el circuito C4 de la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico queda particionado en tres circuitos independientes, sin que ello suponga el paso a electrificación elevada ni la necesidad de disponer de un diferencial adicional. Este tipo de esquema puede ser de gran utilidad en instalaciones donde los electrodomésticos conectados a C4 se ubican en diferentes estancias.

Aunque no esté prevista la instalación del termo eléctrico, se instalará su toma de corriente, quedando disponible para otros usos; por ejemplo, la instalación de una caldera de gas.

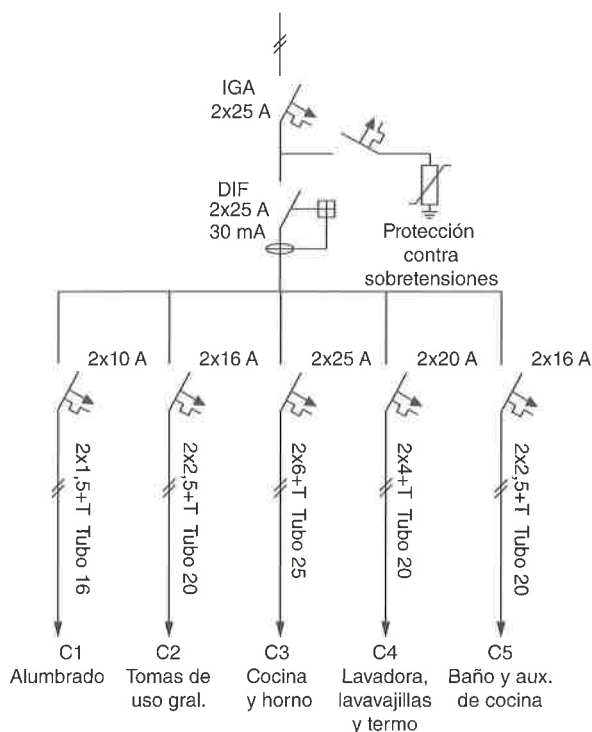


Figura 4.8. Esquema unifilar del Cuadro General de Mando y Protección (CGMP) de una vivienda de grado de electrificación básico. (Previsión de potencia: 5 750 W).

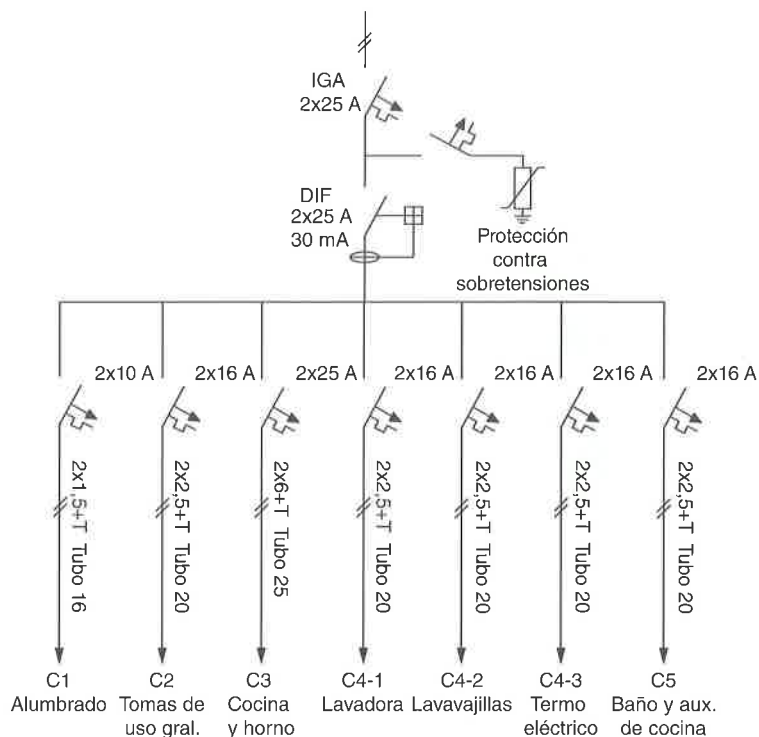


Figura 4.9. Esquema unifilar del Cuadro General de Mando y Protección (CGMP) de una vivienda de grado de electrificación básico con los circuitos de C4 particionados en 3 circuitos independientes. (Previsión de potencia: 5 750 W).

Podemos comprobar que, sumando todas las intensidades de los diferentes circuitos del esquema de la figura 4.8, se obtiene un valor de 87 A; sin embargo, la máxima intensidad de la instalación es de 25 A (marcada por el IGA), pero ningún circuito supera el valor del IGA. Esto es debido a la aplicación de un factor de **simultaneidad** a cada circuito, ya que en viviendas no es previsible que todos los receptores estén funcionando a la vez y al máximo de potencia. Los circuitos C1, C2 y C5 pueden desdoblarse, aunque no se supere el máximo de puntos de utilización establecido en la tabla 1 de la ITC BT-25. Por ejemplo, si tenemos 24 puntos de luz (< 30) en dos circuitos con 12 puntos cada uno y, por otro lado, tenemos 18 tomas de uso general (< 20) en dos circuitos con 9 tomas cada uno. En tal caso:

- Se debe mantener la sección mínima de los conductores y el calibre de los automáticos de dicho circuito.
- Se debe instalar otro diferencial, ya que el número de circuitos será mayor que 5.
- No supondrá el paso a electrificación elevada si se mantiene el IGA que corresponda a la carga inicial.

Saber más

En instalaciones domésticas, las instalaciones se realizan inicialmente bajo tubo empotrado, utilizando tubos corrugados cuyo estriado hace que estos se fijen fácilmente sobre los materiales de obra, con lo cual todos los cuadros, cajas de mecanismos y cajas de registro serán de tipo empotrado.

Sin embargo, con el fin de evitar obras, para ampliaciones se utilizan canaletas, molduras o cables fijados directamente sobre las paredes.



Figura 4.10. Tubo corrugado y canaleta.

En cuanto al diámetro de los tubos en montaje empotrado, para viviendas se utilizan normalmente tubos de diámetro exterior de 16, 20 y 25 mm.

Ejemplo

Suponiendo que tenemos una vivienda con electrificación de grado básico de 7360 W, en la que:

- Se instalan 28 puntos de luz.
- Se requiere separar del resto de circuitos el frigorífico y congelador (que, como sabemos, pertenece al circuito C2).

Aunque el número de puntos de luz de la vivienda no supera los 30 puntos, se puede optar por desdoblar el circuito de alumbrado en dos, asignando 14 puntos a un circuito C1-a y otros 14 puntos a un circuito C1-b.

El circuito de tomas de uso general se desdoblará de forma diferente. Por un lado, uno se destina al uso exclusivo del frigorífico y congelador (circuito C2-b) y otro (C2-a), destinado al resto de tomas de uso general de la vivienda, teniendo en cuenta que para este último únicamente se podrán instalar 18 tomas, ya que 2 tomas han sido asignadas a C2-b.

La figura 4.11 representa el esquema unifilar de este cuadro general de mando y protección.

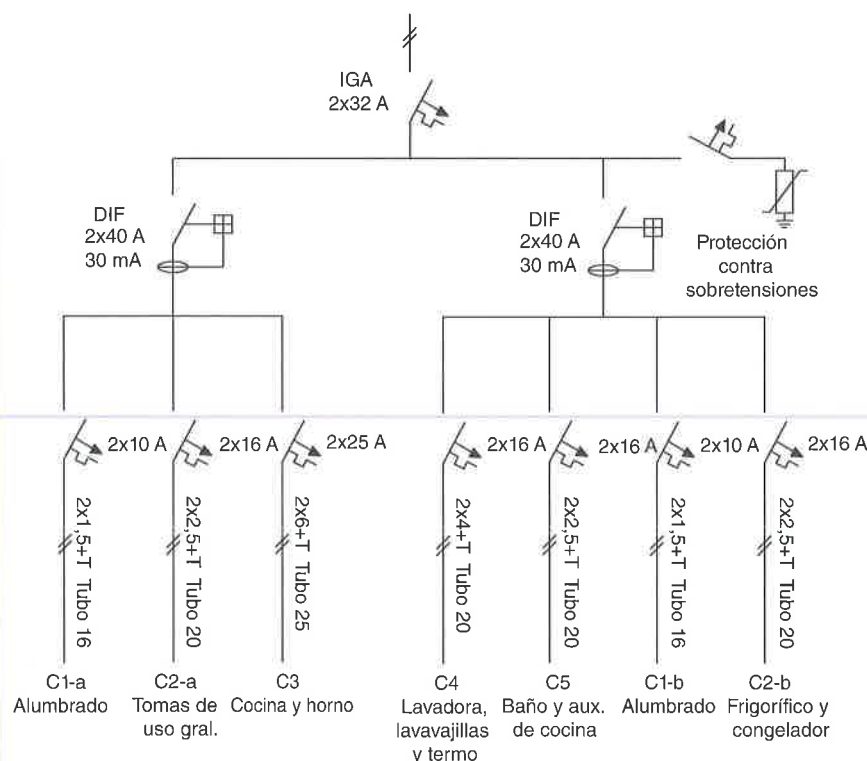


Figura 4.11. Ejemplo del esquema unifilar del Cuadro General de Mando y Protección (CGMP) de una vivienda de grado de electrificación básico con los circuitos C1 y C2 desdoblados. (Previsión de potencia: 7360 W).

Actividades

1. Realiza el esquema unifilar del CGMP de una vivienda de grado básico de 5750 W con el circuito C4 particionado en 3 circuitos y con el circuito C2 desdoblado para separar dos tomas de alimentación de equipos informáticos del resto de tomas de uso general.

3.2. Electrificación elevada

Las viviendas con una previsión de electrodomésticos importante están obligadas a instalar uno o varios circuitos adicionales. Un número y tipo de circuitos que dependerá de las características de los receptores a instalar (equipos domóticos o de seguridad, receptores de climatización, equipos de recarga de vehículos eléctricos, etc.) y del nivel de sobrecarga que puedan tener los circuitos de alumbrado, tomas de uso general, etc.

Igualmente pasará a grado elevado cuando se instale un circuito adicional no descrito en el reglamento. Los circuitos de grado de electrificación elevada, por tanto, serán los circuitos de grado básico más cualquiera de los circuitos que describiremos a continuación:

- C6: Circuito adicional de C1, por cada 30 puntos de luz.
- C7: Circuito adicional de C2, por cada 20 tomas de corriente de uso general o si la superficie útil de la vivienda supera los 160 m².
- C8: Circuito de calefacción eléctrica, cuando exista previsión de esta.
- C9: Circuito de aire acondicionado, cuando exista previsión de este.
- C10: Circuito de instalación para una secadora independiente.
- C11: Circuito de alimentación de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad, cuando exista previsión de este. Realmente, los sistemas de automatización engloban lo que es la domótica, que en definitiva es un sistema también de gestión técnica de energía debido a que con un sistema de automatización se pueden controlar los sistemas de climatización para el ahorro energético y, por otra parte, dar un grado de confort a la vivienda, permitiendo el control de luminosidad, apertura y cierre de persianas y toldos, sistema de apagado y encendido de luces automático, etc.
- C12: Circuitos adicionales de cualquiera de los tipos C3 o C4, cuando se prevean, o circuito adicional de C5, cuando su número de tomas exceda de 6.
- C13: Circuito adicional para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, cuando esté prevista una o más plazas o espacios para el estacionamiento de vehículos eléctricos.

En resumen, una instalación de grado elevado podrá tener, además de los circuitos básicos, tantos circuitos como se estimen necesarios. Por tanto, una instalación en la que únicamente se requiere aire acondicionado tendrá un número de circuitos de 6, siendo estos los cinco circuitos de grado básico más un circuito adicional para el aire acondicionado (C9).

Potencias y calibres

Las potencias, calibre de IGA y calibre de los diferenciales para electrificaciones de grado elevado serán las siguientes:

Potencia	Calibre del IGA	Calibre del diferencial
9 200 W	40 A	40 A
11 500 W	50 A	63 A
14 490 W	63 A	63 A

Tabla 4.2.

Recuerda

Que el diferencial no dispare cuando la intensidad que circula por él es superior a su calibre, sino que en este caso se quema.

Como puedes comprobar en la figura 4.12, si circularan 9 A por el circuito 1 y 19 A por el circuito 2, el IGA no cortaría, ni tampoco los dos automáticos conectados al diferencial; por tanto, el diferencial sufre el riesgo de quemarse.

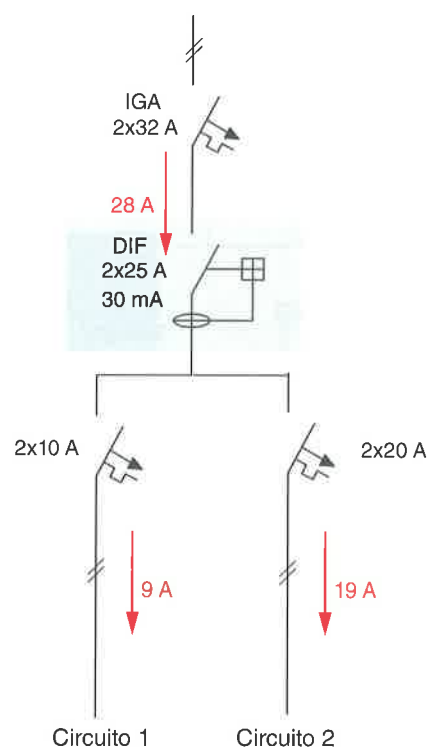


Figura 4.12. Diferencial no protegido.

Saber más

Según la Guía Técnica de Aplicación

El uso de un único diferencial para varios circuitos puede provocar la desconexión indeseada de ciertos aparatos, tales como frigoríficos, congeladores, etc. Por este motivo, es conveniente el uso de diferenciales individuales, evitando así la desconexión debido a un defecto a tierra en un circuito asociado.

Por tanto, una instalación de grado básico no tiene por qué tener un solo diferencial sino que, dependiendo de sus características, podrá tener incluso dos o más diferenciales.

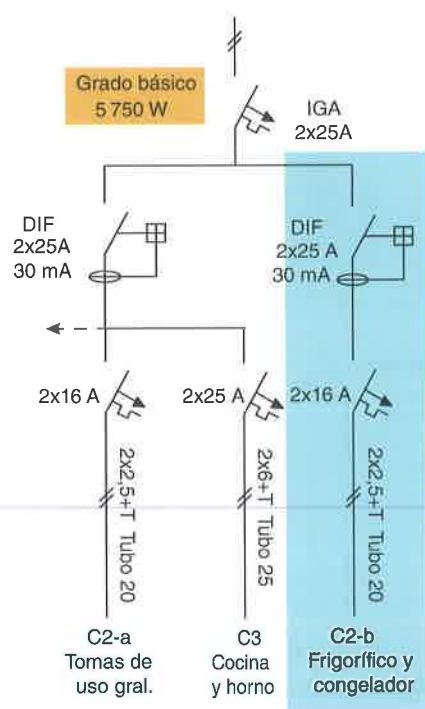


Figura 4.13. Diferencial exclusivo para un solo circuito.

En viviendas, lo normal es que un **diferencial** tenga asociados a él varios circuitos; por tanto, este es susceptible de ser atravesado por todas las corrientes que circulan a través de los mismos. En tal caso, la única protección del diferencial (recuerda que estos no están diseñados para soportar corrientes mayores a las que marca su calibre) es la ofrecida por el interruptor ubicado **aguas arriba** (el IGA). Como consecuencia de ello, estos deberán tener un calibre igual o mayor al interruptor general.

No obstante, existen excepciones en las que los diferenciales pueden tener calibres menores al IGA, aquellas en que estos están asociados a un solo circuito. En tal caso, la condición para determinar su calibre es la misma, pero tomando como referencia el calibre del **PIA** asociado a él, independientemente del interruptor general de la instalación. Esto es así debido a que la corriente a través del diferencial queda limitada por el propio interruptor automático asociado a él.

Esto lo podemos ver en la figura 4.13; en este caso, al contrario que el diferencial con varios circuitos asociados a él, aunque, dado el caso, se sustituyese el IGA por otro de mayor calibre no sería necesario reemplazar el diferencial exclusivo para el circuito del frigorífico debido a que este está siempre protegido por el PIA asociado.

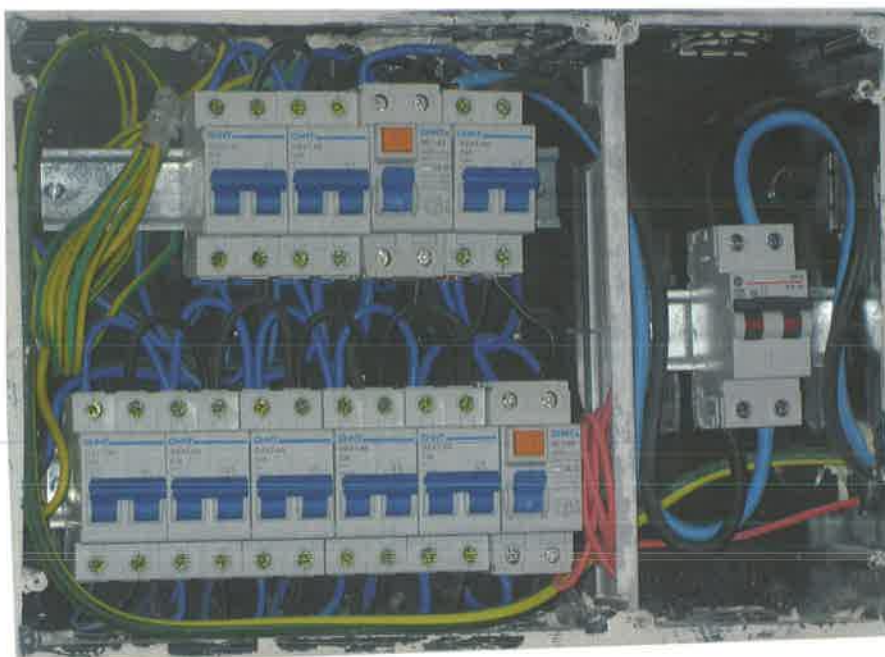


Figura 4.14. Cuadro general de mando y protección de una vivienda de grado elevado.

Esquemas unifilares

Como podemos apreciar en la figura 4.15, no existe regla de agrupación de circuitos. Lo que sí es importante es una agrupación racional de ellos; es decir, para una vivienda de grado elevado, se podría haber separado el circuito de alumbrado (C1) del circuito de tomas de uso general (C2). De esta forma, en caso de una derivación en el circuito C2, se disparará su diferencial sin afectar al circuito de alumbrado.

Hay que tener en cuenta que una electrificación de grado elevado podrá tener circuitos no preestablecidos en el reglamento; es decir, si, por ejemplo, se requiere un circuito adicional para un garaje, una piscina, etc., para determinar las protecciones, secciones de los conductores y diámetro exterior del tubo, se deberán realizar los cálculos necesarios, atendiendo a las prescripciones reglamentarias establecidas en la ITC-BT 19, 20 y 21, que veremos en temas posteriores.

El esquema al que se aludió en el párrafo anterior queda del siguiente modo:

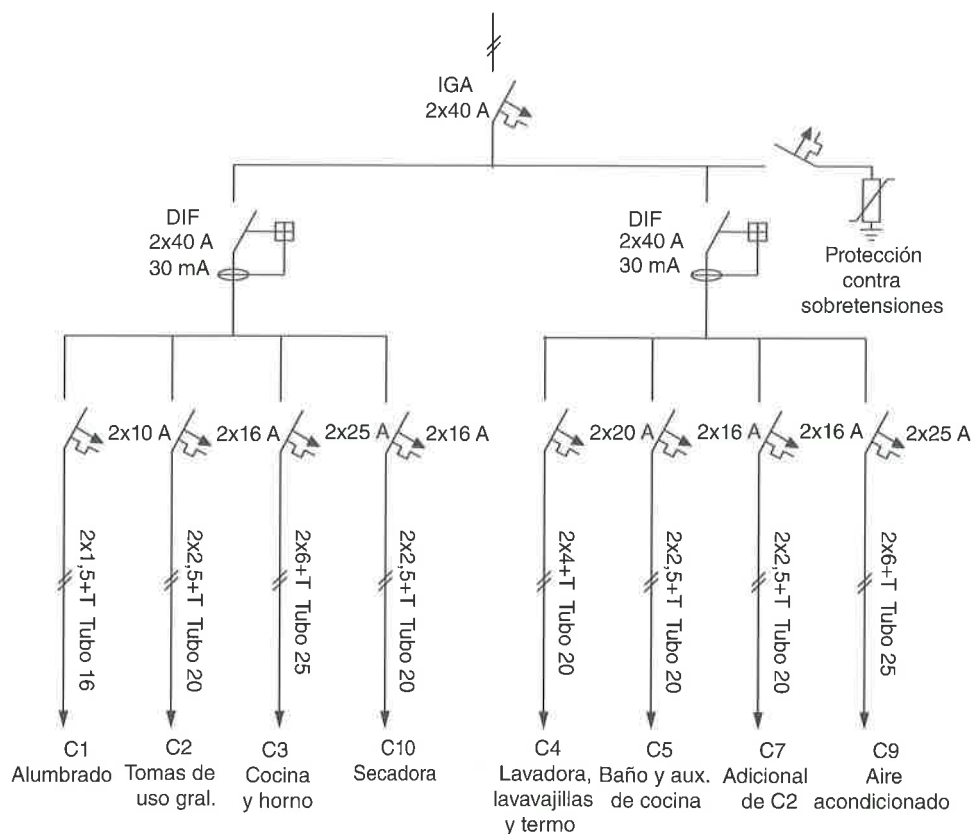


Figura 4.15. Ejemplo de un esquema unifilar del Cuadro General de Mando y Protección (CGMP) de una vivienda de grado de electrificación elevada. Se muestran los circuitos básicos más el adicional de tomas de uso general, aire acondicionado y secadora. (Previsión de potencia: 9 200 W).

Actividades

- Realiza el esquema unifilar de una vivienda de grado elevado con previsión de potencia de 11,5 kW, la cual tiene 165 m², aire acondicionado, secadora y 8 tomas de corriente para baño y cocina.
- En la siguiente tabla, identifica el grado de electrificación de la vivienda y el número de circuitos.

Descripción	Grado de electrificación	Nº de circuitos y designación
Vivienda de 120 m ² con bomba de calor.		
Apartamento de 80 m ² .		
Vivienda unifamiliar con aire acondicionado y sistema domótico.		
Dúplex con aire acondicionado, secadora y alarma contra intrusión.		
Chalet de 170 m ² , con 34 puntos de luz, aire acondicionado y secadora.		

- Dibuja el esquema unifilar del CGMP de un chalet de 190 m² con previsión de potencia de 14 490 W, cuyos electrodomésticos son los siguientes: aire acondicionado, calefacción eléctrica, 4 tomas destinadas a cocina y horno, secadora, 9 tomas destinadas para baños y uso general de cocina. La vivienda se diseña con previsión de instalar una estación de recarga de vehículos eléctricos.

4. Características eléctricas de los circuitos en viviendas

Las secciones y protecciones de cada circuito están calculadas para un número limitado de puntos de utilización y para unas longitudes máximas. De aumentarse el número de puntos, será necesaria la instalación de circuitos adicionales. De aumentarse la longitud por encima de los valores reflejados en la tabla B (Guía-BT-25), será necesario recalcular las secciones y protecciones del circuito correspondiente.

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor simultaneidad F_s	Factor utilización F_u	Tipo de toma ⁽⁷⁾	Interruptor automático (A)	Máx. n° de puntos de utilización o tomas por circuito	Conductores sección mín. (mm ²) ⁽⁵⁾	Diámetro (mm) ⁽⁵⁾ de tubos o conducto
C1 Iluminación	200	0,75	0,5	Punto de Luz ⁽⁹⁾	10	30	1,5	16
C2 Tomas de uso gral.	3 450	0,2	0,25	Base 16 A 2p+T	16	20	2,5	20
C3 Cocina y horno	5 400	0,5	0,75	Base 25 A 2p+T	25	2	6	25
C4 Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3 450	0,66	0,75	Base 16 A 2p+T Combinadas con fusibles o interruptores automáticos de 16 A ⁽⁸⁾	20	3	4 ⁽⁶⁾	20
C5 Baño y cuarto de cocina	3 450	0,4	0,5	Base 16 A 2p+T	16	6	2,5	20
C8 Calefacción	(2)	—	—	—	25	—	6	25
C9 Aire acondicionado	(2)	—	—	—	25	—	6	25
C10 Secadora	3 450	1	0,75	Base 16 A 2p+T	16	1	2,5	20
C11 Automatización	(4)	—	—	—	10	—	1,5	16
C13 Recarga VE	(10)	1	1	(10)	(10)	3	2,5	20

⁽¹⁾ La tensión considerada es 230 V entre fase y neutro.

⁽²⁾ La potencia máxima permisible por circuito será de 5 750 W.

⁽³⁾ Diámetros externos según la ITC-BT 19.

⁽⁴⁾ La potencia máxima permisible por circuito será de 2 300 W.

⁽⁵⁾ Este valor corresponde a una instalación de dos conductores y tierra con aislamiento de PVC bajo tubo empotrado en obra, según tabla 1 de ITC-BT 19. Otras secciones pueden ser requeridas para otros tipos de cable o condiciones de la instalación.

⁽⁶⁾ En este circuito exclusivamente, cada toma individual puede conectarse mediante conductor de sección de 2,5 mm² que parta de una caja de derivación del circuito de 4 mm².

⁽⁷⁾ Las bases de la toma de corriente de 16 A 2p+T serán fijas del tipo indicado en la figura c2a y las de 25 A 2p+T serán de tipo indicado en la figura ESB 25-5a, ambas de la norma UNE 20315.

⁽⁸⁾ Los fusibles o interruptores automáticos no son necesarios si se dispone de circuitos independientes para cada aparato, con interruptor automático de 16 A en cada circuito. El desdoblamiento del circuito con este fin no supondrá el paso a electrificación elevada ni la necesidad de disponer de un diferencial adicional.

⁽⁹⁾ El punto de luz incluirá conductor de protección.

⁽¹⁰⁾ La potencia por toma, los tipos de bases de corriente y la intensidad asignada del interruptor automático para el circuito C13 se establecerá en la ITC-BT-52.

Tabla 4.3. Características eléctricas de los circuitos en viviendas (tabla 1 ITC-BT 25).



En la **tabla 4.3 (tabla 1 de la ITC-BT 25)**, se determinan las características eléctricas de los circuitos a instalar en instalaciones domésticas. Su interpretación es la siguiente:

- **Circuito de utilización:** refleja los circuitos reglamentados a los cuales se debe aplicar las características que describiremos a continuación.
- **Potencia prevista por toma:** refleja la máxima potencia que se asigna a cada toma para el cálculo de la potencia del conjunto de la instalación.
- **Factor de simultaneidad (F_s):** en una vivienda, no todos los puntos de utilización de un circuito van a estar conectados al mismo tiempo. Por tanto, para el cálculo, el reglamento estima en esta tabla un factor de simultaneidad para cada circuito.

Para el circuito de alumbrado, se estima un 0,75, lo que indica que podrán estar encendidos a la vez y haciendo uso de toda la potencia destinada a cada uno de ellos el 75 % de los puntos de luz de la vivienda.

Para otros circuitos, como aire acondicionado, calefacción y automatización, no tiene sentido este factor de simultaneidad, ya que se prevé que estos circuitos puedan estar funcionando a su máxima potencia durante todo el tiempo que estén conectados.

- **Factor de utilización (F_u):** ya que no es previsible que todos los puntos hagan uso de toda la potencia destinada a cada circuito, se establece este factor, que refleja el porcentaje de uso de un punto de utilización.

Por ejemplo, para las tomas de uso general, se estiman 3450 W por toma; sin embargo, una toma puede estar haciendo un uso menor del total asignado al circuito. Supongamos un taladro de 850 W conectado en un momento determinado a una toma de uso general; esto supone una utilización del 24,6 % (0,24). El reglamento estima un 25 % (0,25) de factor de utilización para este circuito.

- **Tipo de toma:** nos indica, en el caso de circuitos de fuerza (todos los que no sean de alumbrado), el tipo de base. Las bases de enchufe serán de dos polos, 16 A con toma de tierra (16 A 2p+T), y para la cocina de 2 polos 25 A con toma de tierra (25 A 2p+T).

El circuito de alumbrado deberá incluir siempre un conductor de tierra y todos los plafones, luminarias, etc., de alumbrado que lo necesiten deberán conectarse al conductor de tierra.

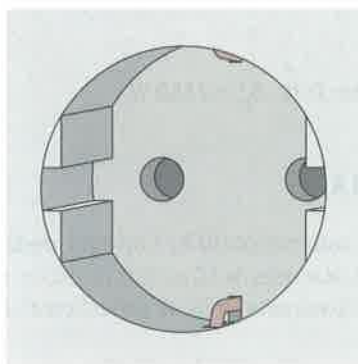


Figura 4.16. Representación de la figura C2a de la norma UNE 20315.

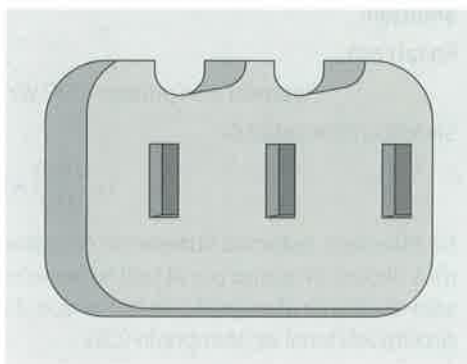


Figura 4.17. Representación de la figura ESB-25-5a de la norma UNE 20315.

- **Interruptor automático:** indica el calibre en amperios del automático que protege el circuito.

Saber más

Según la Guía Técnica

Si vemos el punto 7 de la tabla 4.3 (tabla 1 de la ITC-BT 25), veremos que para las tomas de corriente de 16 A 2p+T y las tomas de 25 A 2p+T se nos remite a la norma **UNE 20315**, donde se encuentran las figuras de ambas tomas (figura C2a y figura ESB 25-5a). En la guía técnica, nos aclara cuáles son esas figuras:

Para la toma de 16 A 2p+T: una base bipolar con contacto lateral de tierra 10A/16A 250 V (típicamente denominada schuko).

Para la toma de 25 A 2p+T: una base bipolar con contacto de tierra 25 A 250 V (base de 25 A para cocina).

- **Máximo número de puntos de utilización o tomas por circuito:** este número indicado en la tabla no puede ser sobrepasado; en caso de que se necesiten más tomas, por exigencias singulares de la instalación deberá realizarse un circuito adicional.

Si el número de tomas de alumbrado sobrepasa los 30 puntos de luz, deberá crearse un circuito adicional que, como sabemos, es C6. Si, en este caso, una vivienda está clasificada como de grado básico pasará a grado elevado; simplemente tendría un circuito más.

- **Mínima sección de conductores:** serán de cobre y su sección será como mínimo la indicada en la tabla, y además estará condicionada a que la caída de tensión sea como máximo el 3%.

A partir de una determinada longitud, se deberá aumentar la sección. La **tabla B** de la **Guía-BT-25** especifica las longitudes máximas de los conductores en función del dispositivo de protección. Consultando esta tabla, un circuito de alumbrado con conductores de 1,5 mm² y protección de 10 A podrá tener una longitud máxima de 27 m.

- **Diámetro del tubo:** nos indica el diámetro exterior que deben tener los tubos en mm para cada uno de los circuitos.

Saber más

Según especifica la ITC-BT 19 en su apartado 2.11, las conexiones deberán realizarse en cajas de derivación; no obstante, la ITC-BT 26, en su apartado 6.3, permite la excepción de realizar en viviendas las conexiones en paralelo de tomas de corriente cuando estas se ubican juntas y disponen de bornes de conexión previstos para la conexión de varios conductores.

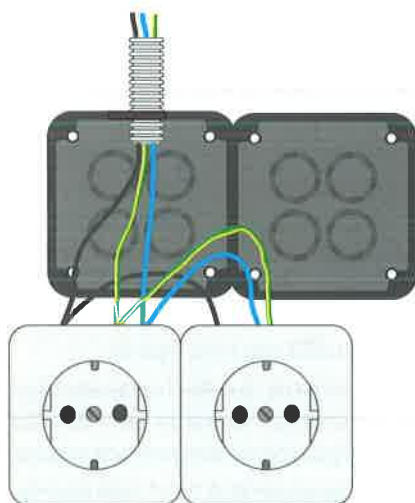


Figura 4.18. Bases de corriente en paralelo en cajas enlazadas.

Ejemplo

Supongamos que en toda la vivienda hay 30 puntos de luz y asignamos, según el REBT, 200 W de potencia por punto, con una simultaneidad del 75 % (0,75), un factor de utilización de dichos puntos del 50 % (0,5). ¿Cuál será la potencia de alumbrado?

Solución:

La potencia de alumbrado total será de:

$$\text{Potencia} = 30 \text{ puntos} \cdot 200 \text{ W/punto} \cdot 0,75 \cdot 0,5 = 2250 \text{ W}$$

Ahora bien:

$$I = \frac{2250}{230} = 9,78 \text{ A}$$

Como podemos observar, el calibre del automático para alumbrado es ligeramente superior. Este es uno de los motivos por el cual se estima que los circuitos de alumbrado deberán tener un máximo de 30 puntos de luz.

Supongamos que el número de puntos de luz es ahora de 34.

Solución:

En tal caso:

$$\text{Potencia} = 34 \text{ puntos} \cdot 200 \text{ W/punto} \cdot 0,75 \cdot 0,5 = 2550 \text{ W}$$

Siendo la intensidad de:

$$I = \frac{2550}{230} = 11,08 \text{ A}$$

En este caso, estamos superando el calibre del automático (10 A). Con esto, podemos deducir el motivo por el cual no se deben instalar más de 30 puntos de luz en un solo circuito de alumbrado, de forma que si sobrepasa este límite se deberá crear un circuito adicional de alumbrado (C6).

Básicamente, el REBT es un reglamento de mínimos; es decir, si únicamente tuviésemos 12 puntos de luz, la potencia sería de **900 W** y la intensidad de **3,9 A**; sin embargo, a pesar de esta baja intensidad, en este caso el calibre y la sección para alumbrado seguirá siendo como mínimo de 10 A y de 1,5 mm² respectivamente.



5. Puntos de utilización

La siguiente tabla muestra los puntos de utilización mínimos que se instalarán en cada estancia de la vivienda.

Estancia	Círculo	Mecanismo	Nº mín.	Superficie/longitud
Acceso	C1	Pulsador timbre	1	—
Vestíbulo	C1	Punto de luz. Interruptor 10 A	1	—
	C2	Base 16 A 2p+T	1	—
Sala de estar o salón	C1	Punto de luz. Interruptor 10 A	1	Hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²). Un interruptor por cada punto de luz
	C2	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	Una por cada 6 m ² , redondeando al entero superior
	C8	Toma de calefacción	1	Hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C9	Toma de aire acondicionado	1	Hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
Dormitorios	C1	Punto de luz. Interruptor 10 A	1	Hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²). Un interruptor por cada punto de luz.
	C2	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	Una por cada 6 m ² , redondeando al entero superior
	C8	Toma de calefacción	1	—
	C9	Toma de aire acondicionado	1	—
Baños	C1	Punto de luz. Interruptor 10 A	1	—
	C5	Base 16 A 2p+T	1	—
	C8	Toma de calefacción	1	—
Pasillos o distribuidores	C1	Punto de luz. Interruptor/ conmutador 10 A	1	Uno cada 5 m de longitud uno en cada acceso
	C2	Base 16 A 2p+T	1	Hasta 5 m (dos si L > 5 m)
	C8	Toma de calefacción	1	—
Cocina	C1	Punto de luz. Interruptor 10 A	1	Hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²). Un interruptor por cada punto de luz.
	C2	Base 16 A 2p+T	2	Extractor y frigorífico
	C3	Base 25 A 2p+T	1	Cocina/horno
	C4	Base 16 A 2p+T	3	Lavadora, lavavajillas y termo
	C5	Base 16 A 2p+T	3 ⁽²⁾	Encima del plano de trabajo
	C8	Toma de calefacción	1	—
	C10	Base 16 A 2p+T	1	Secadora
Terraza y vestidores	C1	Punto de luz. Interruptor 10 A	1	Hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²). Un interruptor por cada punto de luz.
Garajes unifamiliares y otros	C1	Punto de luz. Interruptor 10 A	1	Hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²). Un interruptor por cada punto de luz.
	C2	Base 16 A 2p+T	1	Hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C13	Base de toma de corriente ⁽³⁾	1	—

⁽¹⁾ En donde se prevea la instalación de una toma para el receptor de TV, la base correspondiente deberá ser múltiple; en este caso, se considerará como una sola base a efectos del número de puntos de utilización de la tabla 1.

⁽²⁾ Se colocarán fuera de un volumen delimitado por los planos verticales situados a 0,5 m del fregadero y de la encimera de cocción o cocina.

⁽³⁾ La potencia prevista por toma, los tipos de bases de toma de corriente y la intensidad asignada del interruptor automático para el circuito C13 se especifican en la ITC-BT-52.

Tabla 4.4. Puntos de utilización en viviendas (tabla 2 ITC-BT 25).

Actividades

- En función de la tabla 4.4 (tabla 2 de la ITC-BT-25), determina el número de tomas de corriente de uso general que deberías instalar en el salón de una vivienda donde se prevé, como es evidente, la instalación de toma de TV y cuyas dimensiones son de 22 m².
- Determina el número de puntos de luz que debe tener una cocina de una vivienda cuya superficie es de 12 m², según el REBT.

Interpretación de la tabla de puntos de utilización

La tabla viene definida por estancias (acceso, vestíbulo, salón, dormitorios, cocina, etc.), por el circuito a conectar en cada estancia, el número mínimo de puntos de utilización de cada circuito en dicha estancia y el cálculo por superficie o longitud según el tipo de estancia y de puntos de utilización que hay que instalar.

Sin embargo, esta tabla **es orientativa**; es decir, la lavadora puede estar instalada en otra estancia de la vivienda, por ejemplo, en el lavadero y no en la cocina como indica la tabla. Otro ejemplo lo podemos tener en el aire acondicionado, ya que una vivienda que tenga aire acondicionado no tiene por qué tener una toma de (C9) en cada una de las estancias que indica la tabla, ya que esto dependerá del tipo de instalación de aire acondicionado; es decir, si la climatización se realiza mediante máquina difusora por toda la vivienda, no será necesario la distribución de la línea de alimentación de A/A por las estancias indicadas en la tabla y únicamente se distribuirá a los puntos donde se ubiquen los equipos de climatización.

En definitiva, pueden haber variantes, pero lo que sí hay que respetar es el número de puntos de utilización en cada estancia de los puntos de luz y las tomas de corriente de C2, C3, C4 y C5.

Por otro lado, en instalaciones donde dos o más lámparas funcionan en paralelo, se consideran como un solo punto de luz a efectos de cómputo de puntos de utilización, y el timbre, aunque se conecta al circuito de alumbrado, no computa como punto de utilización de C1.

Para los puntos de utilización de calefacción (C8), para los de aire acondicionado (C9) y para los de domótica y seguridad (C11), es recomendable no utilizar bases de enchufe, sino cajas de conexión que incorporen regletas de conexión y dispositivo de retención de cable, o bien una caja de mecanismos con una simple tapa «ciega» o con tapa para salida de cables.

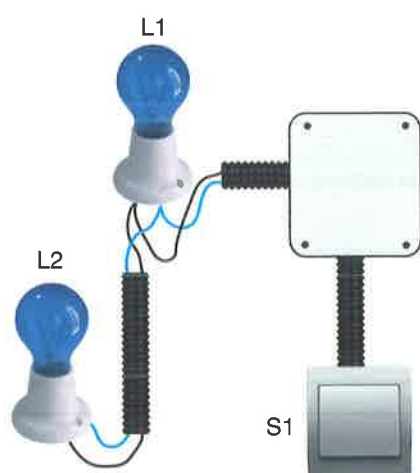


Figura 4.19. En instalaciones domésticas, dos o más lámparas en paralelo se consideran como un único punto de luz.



Figura 4.20. Caja de mecanismos con tapa para salida de cables.

No se podrán instalar bases de corriente, ni sobre la encimera de la cocina o cocción ni sobre el fregadero, debiendo estar distanciadas de este último 50 cm como mínimo.

La tabla 4.4 (tabla 2 de la ITC-BT 25) indica los puntos de luz accionados mediante interruptor; sin embargo, el término interruptor es **genérico**, pues engloba todos los mecanismos, tales como conmutadores, cruza-mientos, telerruptores y cualquier otro dispositivo de accionamiento de puntos de luz.

En cuanto a las tomas destinadas a los receptores de TV y aparatos asociados a él, tales como DVD, receptores satélite, etc., se pueden instalar varias tomas, algo que es recomendable para así evitar el uso excesivo de clavijas multivía (comúnmente llamadas ladrones); en tal caso, estas tomas computan como una sola.

Prescripciones mínimas y de confort en las viviendas

El REBT pretende fijar los puntos mínimos que debe tener una vivienda desde el punto de vista de seguridad eléctrica; es decir, evitar así en todo lo posible el abuso de la utilización de los conectores multivías, prolongadores, etc., para alimentar receptores en una estancia. Sin embargo, el incremento de utilización de energía de hoy en día en las viviendas, y la aplicación del concepto de «diseño», aconseja que en el diseño de la instalación de la vivienda se tengan en cuenta las posibles necesidades particulares del usuario y sus limitaciones (debido a la edad, discapacidades, etc.), así como futuras demandas. Por esto, se recomienda diseñar una instalación en una vivienda reservando conductos vacíos, reserva de futuros dispositivos en CGMP, tomas ciegas, etc., que permita una futura ampliación sin necesidad de realizar obras. Y en cuanto a viviendas unifamiliares de más de una altura, como por ejemplo los dúplex, se situará un CGMP en cada planta, de manera que los circuitos de cada nivel estén únicamente gobernados por el cuadro ubicado en su planta.

La Guía de Aplicación para el REBT recoge una serie de tablas y esquemas de prescripciones recomendadas **no obligatorias** para **confort** en viviendas. Un ejemplo de ello lo podemos ver en la tabla siguiente, donde se aconseja el número de puntos de utilización para un salón.

Mecanismo	Superficie/longitud	Nº aconsejado
Punto de luz	1 hasta 10 m ² (2 si S > 10 m ²)	1 o 2
Interruptor	1 por cada punto de luz	—
Toma de calefacción eléct. (*)	1 hasta 10 m ² (2 si S > 10 m ²)	1 o 2
Toma de aire acondicionado (*)	1 hasta 10 m ² (2 si S > 10 m ²)	1 o 2
Bases 16 A 2p+T (C2)	Una por cada 6 m ²	4
Toma telefónica	Teléfono	2
Bases 16 A 2p+T (C2)	Televisor y video	1 múltiple
Bases 16 A 2p+T (C2)	Equipo de música	1

(*) Cuando se prevea su instalación.

Tabla 4.5. Ejemplos de consejos de instalación de puntos de utilización indicados en la Guía Técnica de Aplicación para un salón.

Como podemos ver, hay diferencias con el número de tomas establecido en el REBT. Una de ellas la podemos encontrar en el número de tomas de uso general (C2). Como vemos, se aconseja un mínimo de 4 tomas, cuando el reglamento establece 3 como mínimo. Además, aconseja una base múltiple para la conexión de equipos de TV y relacionados (equipos de video), así como una toma para el equipo de música, todos ellos conectados al circuito C2.

Por ejemplo, un salón de 18 m² tendrá 4 tomas de C2 bien distribuidas por el salón con carácter de uso indefinido, una base múltiple de 2 o 3 tomas (para la TV y sus equipos relacionados) para evitar el abuso de clavijas multivías, y una toma para el equipo de música.

Saber más

Para viviendas ubicadas en edificios de viviendas, existe una reglamentación denominada Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ITC). Dicho reglamento establece igualmente el número de tomas destinadas a estos servicios; es decir, las tomas de TV y de teléfono. Esto afecta en gran medida a los instaladores electricistas, ya que dicho reglamento establece que, por cada toma de telecomunicaciones, debe haber una base de corriente situada a 50 cm como máximo de ellas.

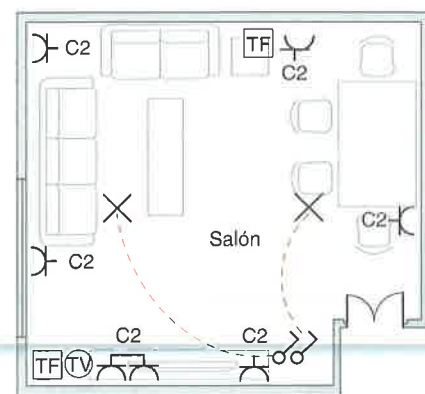


Figura 4.21. Ejemplo de instalación de puntos de utilización para el confort en un salón.

Ejemplo

Un instalador electricista debe determinar el número de puntos de utilización en cada estancia de una vivienda de grado básico, siendo las estancias, y sus superficies o longitudes, las siguientes:

Salón	Cocina ⁽¹⁾	Habit. 1	Habit. 2	Habit. 3	Pasillo	Baño
20 m ²	9,8 m ²	12,6 m ²	8,5 m ²	9,6 m ²	4 m	3,8 m ²

⁽¹⁾ En esta estancia, se instalará el horno independiente de la cocina eléctrica.

La figura muestra el plano con los puntos de utilización calculados según la tabla 4.4.

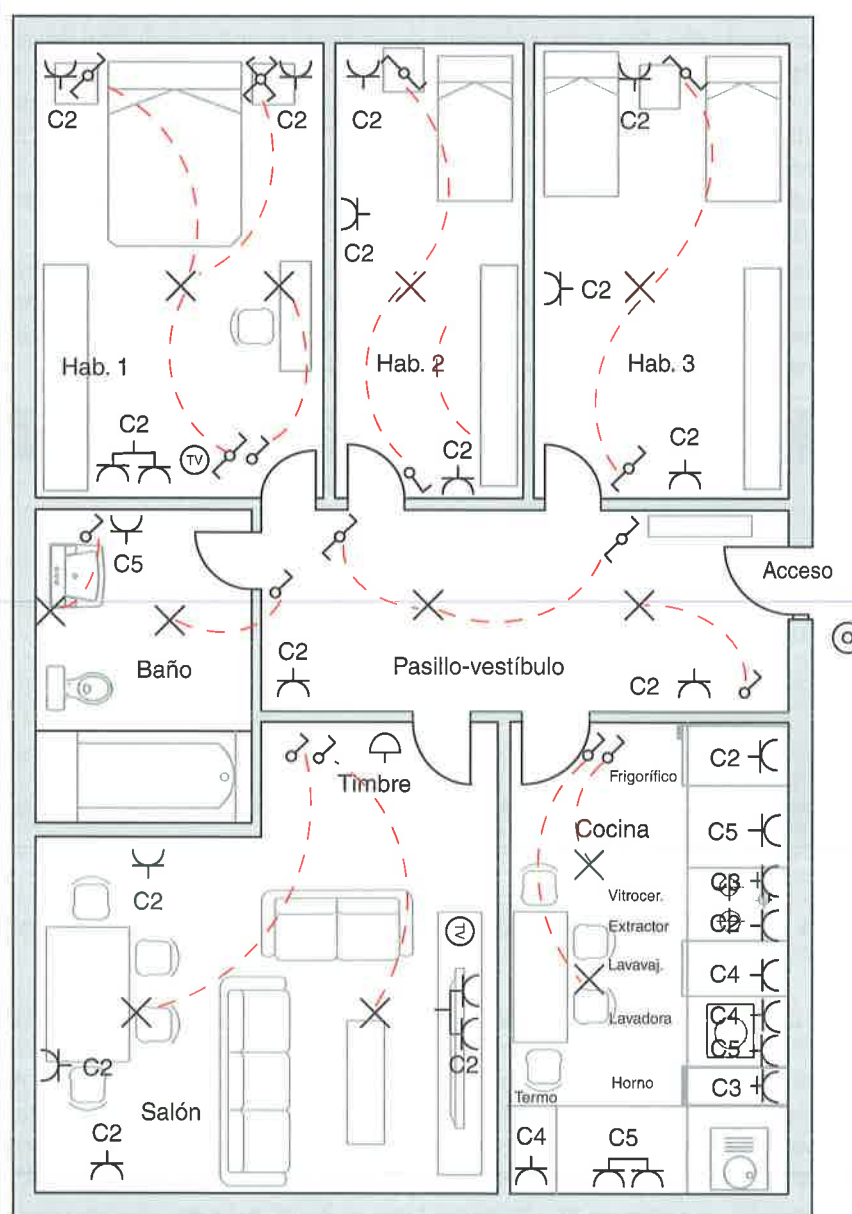


Figura 4.23.

Recuerda

Siempre que se prevea la toma de TV, la base de corriente debe ser múltiple y computa como una sola toma. Además, la separación de esta base de la toma de TV debe de ser de 50 cm como máximo.

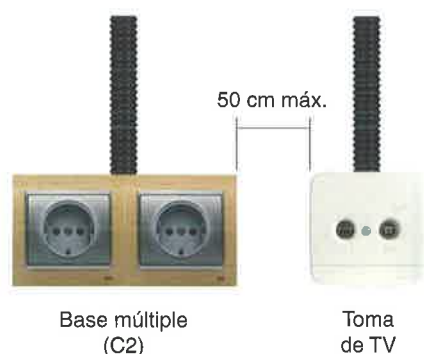


Figura 4.22. Ejemplo de toma múltiple en un salón junto a toma de TV.

continúa >

» continuación

Los puntos de utilización se reflejan en la siguiente tabla:

Estancia	Puntos de utilización
Acceso	Se colocará un pulsador para el timbre que pertenece a C1.
Pasillo-vestíbulo	Ambos están unificados. Se instalarán dos tomas de C2.
Salón	- El salón, al tener 20 m², deberá tener dos puntos de luz (accionados por dos interruptores independientes), ya que supera los 10 m². - Un número de tomas de corriente de uso general (C2) de $20/6 = 3,3 \rightarrow 4$ tomas (una por cada 6 m²).
Cuarto de baño	Se instalará un punto de luz y una toma de corriente C5.
Habitaciones	- Se instalará un punto de luz en las habitaciones 2 y 3 ($S < 10$ m²) y dos puntos de luz en la habitación 1 ($S > 10$ m²). - Se instalará una toma de corriente de C2 por cada 6 m² con un mínimo de tres tomas por habitación.
Cocina	- Se instalará un punto de luz al ser menor de 10 m². - En cuanto a las tomas de uso general (C2), se instalarán dos tomas, una destinada al frigorífico y otra al extractor. - Al tener cocina y horno eléctrico separados, se instalarán dos tomas independientes de C3 de 25A. - Para C4, se instalarán tres tomas. - Y finalmente se instalarán tres tomas del circuito C5, procurando no colocarlas ni a 50 cm del volumen delimitado por los planos verticales del fregadero ni sobre la encimera de la cocina.

Tabla 4.6.

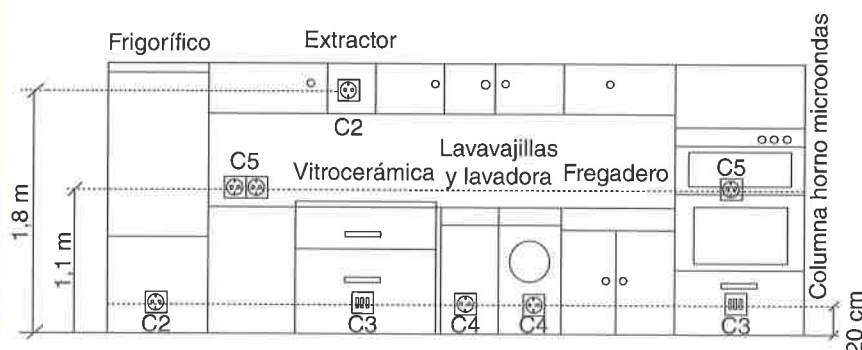


Figura 4.24. Detalle de ubicación de bases de enchufe en la cocina.

Como vemos en la figura 4.24, hemos colocado dos tomas del circuito C2, una para el extractor y otra para el frigorífico. Para C3, debido a que el horno es independiente de la cocina eléctrica, colocamos dos tomas. En cuanto a C4, en la cocina ubicamos una toma para el lavavajillas, otra para la lavadora y otra para el termo eléctrico.

Recuerda

Aunque la **tabla 2** de la **ITC-BT 25** que establece los puntos de utilización es **orientativa**, es importante para el instalador, ya que este deberá consultarla para establecer las tomas de corriente y puntos de luz **mínimos** que debe instalar en cada estancia.

Vocabulary

- Vestíbulo: hall.
- Salón: living room.
- Dormitorio: bedroom.
- Cocina: kitchen.

Seguridad

Los volúmenes de protección establecidos en locales con bañeras y duchas determinan las precauciones que hay que tener, principalmente, para la seguridad de las personas, debido a que el agua es un elemento conductor.

El cuerpo humano, en contacto con el agua, baja su resistencia por debajo de los 100 Ω .

6. Instalaciones específicas en viviendas

6.1. Instalaciones en cuartos de baño

En cualquier local que tenga bañera, ducha o aparatos para uso análogo, se deberá tener en cuenta una serie de precauciones adicionales a la hora de realizar la instalación eléctrica. Todo ello queda definido en la ITC-BT 27 del REBT.

Se definen los 4 volúmenes siguientes:

- **Volumen 0:** es el interior de la bañera o ducha.
- **Volumen 1:** es el situado a 2,25 m de altura sobre la bañera o ducha.
- **Volumen 2:** es el situado a 0,6 m de la bañera o ducha y 2,25 m de altura.
- **Volumen 3:** es el situado a 2,4 m del volumen 2 y a 2,25 m de altura.

Teniendo en cuenta estos volúmenes, las prescripciones a tener en cuenta en estas instalaciones son las siguientes:

- Dentro del volumen 0, no está permitido mecanismo alguno.
- Dentro del volumen 1 y 2, no se permiten mecanismos, con excepción de interruptores para alimentar equipos de baja tensión de seguridad a 12 V en corriente alterna como, por ejemplo, equipos de alimentación para afeitadoras que funcionan a 12 V.
- Dentro del volumen 3, sí se permite la instalación de mecanismos en viviendas, debido a que todas las instalaciones domésticas tienen protección por diferencial con una intensidad de defecto máxima de 30 mA.

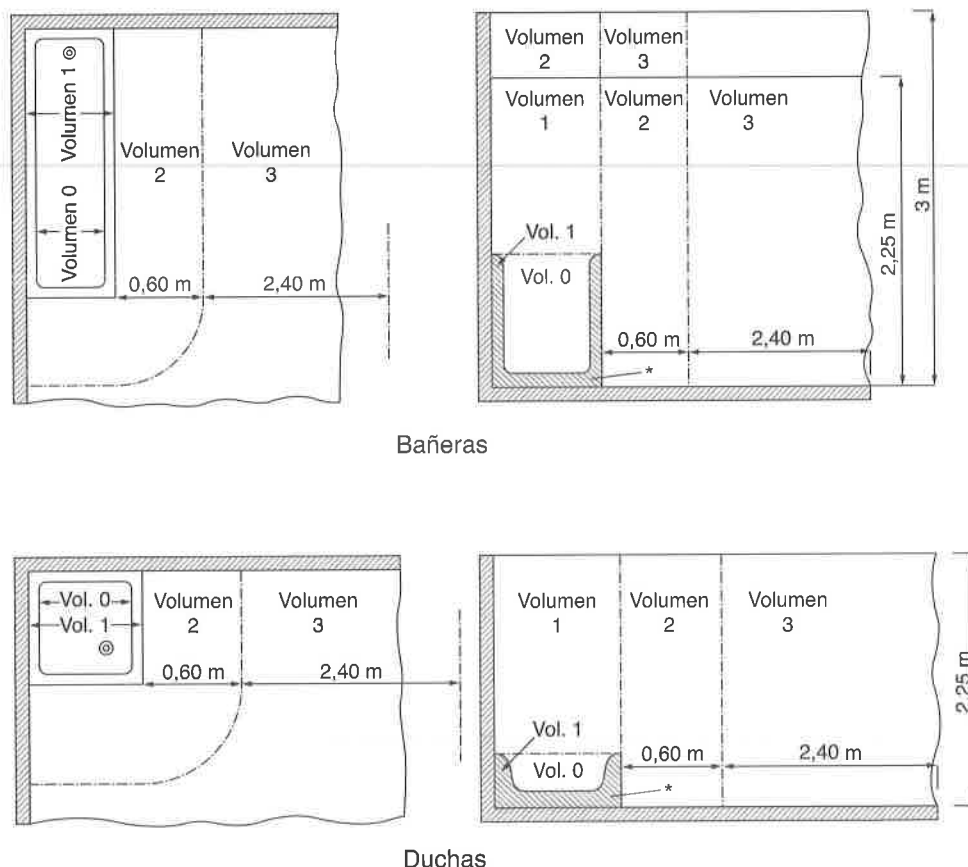


Figura 4.25. Clasificación de volúmenes en bañeras y duchas.

6.2. Instalaciones para la gestión técnica de la energía y seguridad (domótica)

Según el ITC-BT 51, uno de los circuitos que el REBT destina para estos fines es el circuito C11. Su finalidad es alimentar a los sistemas de control de automatización, tales como control de subida o bajada de persianas y toldos, control de riego en jardines y sistemas de gestión técnica de energía (es decir, todos aquellos dispositivos de control de luminosidad, control de calefacción, aire acondicionado, etc.), con el objetivo de realizar un ahorro energético y, por último, los sistemas destinados a alimentar las centralitas de seguridad contra robo e intrusión y contra incendios y a sus dispositivos asociados o cualquier sistema destinado a evitar eventos que puedan poner en peligro la vida de las personas o bienes de la vivienda.

Los receptores se conectarán a sus respectivos circuitos y el mando al circuito domótico; es decir, las cargas se conectarán a C1 si se está gestionando la iluminación, a C9 si se gestiona la climatización, etc., mientras que todos sus accionamientos formarán parte del equipo conectado a C11.

De modo general, la instalación de todos estos sistemas se conoce como **domótica** que, en resumen, es un sistema que realiza el control integrado de equipos destinados al confort mediante la automatización de los elementos de la instalación, la gestión técnica de energía, los sistemas de seguridad y la comunicación de cualquiera de estos sistemas con redes de comunicación externas.

6.3. Instalaciones para la recarga de vehículos eléctricos

Según la ITC-BT 52, en todas las viviendas unifamiliares nuevas que dispongan de garaje, si está previsto se instalará un circuito exclusivo para la recarga de **Vehículo Eléctrico (VE)**. Este circuito se denomina C13 y seguirá el esquema de instalación de la figura 4.28 (esquema 4a de la instrucción BT 52). Este debe quedar totalmente instalado, incluyendo los sistemas de canalización, los cables, las protecciones y el punto de recarga.



Figura 4.27. Equipo de recarga de vehículo eléctrico.

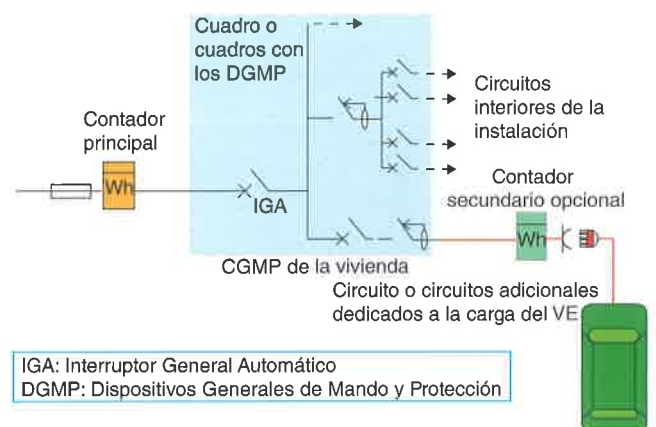


Figura 4.28. Esquema con circuito adicional individual para la recarga de vehículo eléctrico en viviendas unifamiliares.

Para viviendas integradas en edificios, se seguirán otros esquemas incluidos en la misma instrucción, en los cuales se tiene en cuenta la posibilidad de ubicar contadores para la recarga de vehículos en la centralización de contadores del edificio que se verá en la unidad 8 de este libro.

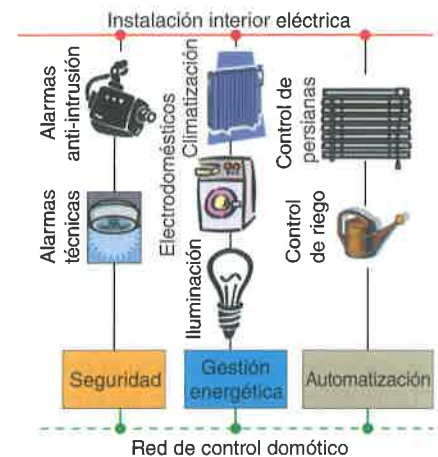


Figura 4.26. Redes de una instalación domótica.

7. Representación esquemática de las instalaciones en viviendas

Saber más

La distribución de los circuitos de los cuadros generales de mando y protección se puede realizar de forma arbitraria por el instalador, justificado por un determinado uso específico de los equipos y electrodomésticos instalados en la vivienda. Por ejemplo, para evitar que una derivación en el circuito C2 haga saltar el alumbrado, sería conveniente asociar el circuito C1 a un diferencial diferente. Igualmente, para evitar apagones intempestivos en equipos informáticos, se podría instalar un circuito adicional para alimentar estos equipos.

En las instalaciones en viviendas, los esquemas a realizar son básicamente dos: el esquema unifilar del CGMP y el esquema topográfico.

El esquema unifilar del CGMP permite conocer las conexiones, la sección de los conductores, el calibre de las protecciones y el diámetro de los tubos de cada circuito. El esquema topográfico muestra la ubicación aproximada de los diferentes mecanismos instalados en la vivienda.

Ejemplo

En la instalación de una vivienda, la promotora decide que, además de los electrodomésticos de uso general, lleve un circuito para secadora y, debido a que el edificio cuenta con pararrayos, se instalará un protector contra sobretensiones. Las estancias, superficies y longitudes son las siguientes:

Salón	Cocina	Habit. 1	Habit. 2	Habit. 3	Pasillo	Baño
21 m ²	11,2 m ²	7,8 m ²	9,8 m ²	9,6 m ²	3,8 m	3,9 m ²

Se pide dibujar el esquema unifilar del CGMP y el esquema topográfico, señalando los puntos de utilización correspondientes.

El grado de electrificación será **elevado**, al incorporar el circuito de secadora, motivo por el cual debemos prever una potencia mínima de 9 200 W, un IGA de 40 A y dos diferenciales de 40 A/30 mA. La representación del CGMP es la siguiente:

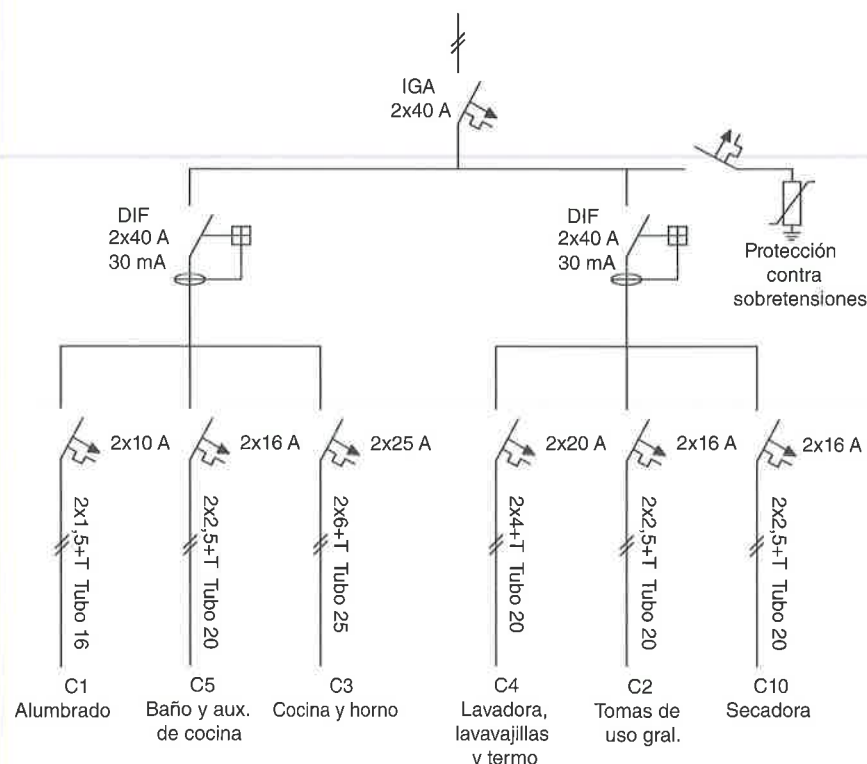


Figura 4.29. Esquema unifilar del CGMP de la vivienda.

continúa >

> continuación

El esquema topográfico es el siguiente:

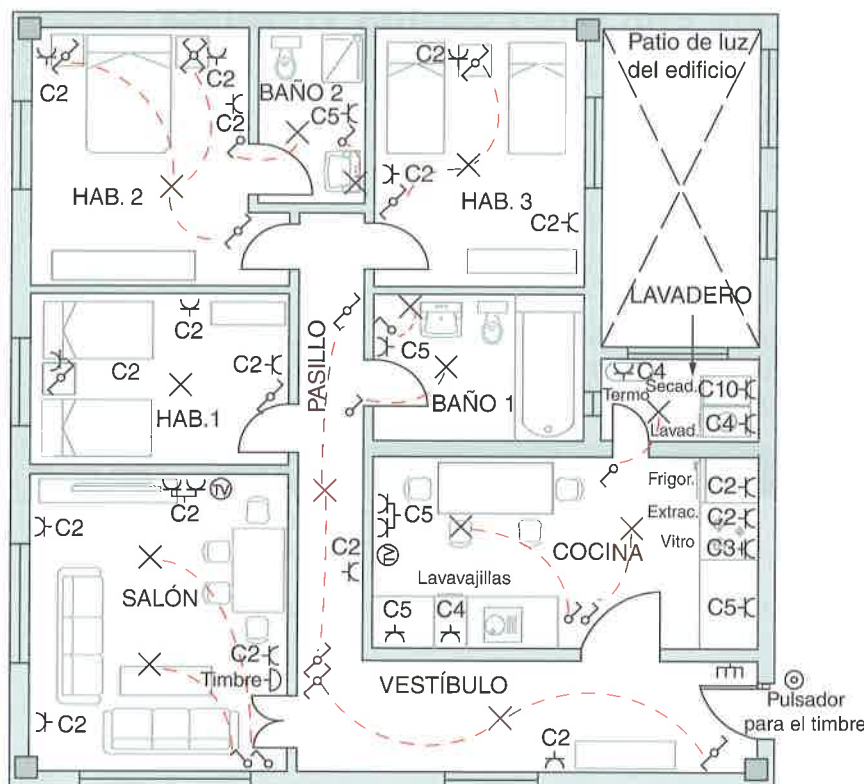


Figura 4.30. Esquema topográfico de la vivienda.

Para la distribución, hemos tenido en cuenta los puntos de utilización del punto 4 (tabla 2 de la ITC-BT 25), en el que debemos recalcar:

1. En primer lugar, el salón tiene 21 m² y, según el reglamento, hay que colocar una toma de corriente de C2 por cada 6 m², con un mínimo de 3. Si hacemos el cálculo:

$$N^{\circ} \text{ de tomas} = \frac{21}{6} = 3,5 \rightarrow 4$$

Ahora bien, si nos fijamos en el esquema, tenemos 5 tomas, una de ellas doble ya que, según el reglamento, tanto en salones como en dormitorios donde se prevea la instalación de TV, la base correspondiente deberá ser múltiple y computa como una sola toma.

2. En el salón y la cocina, se han instalado dos puntos de luz en cada una de las estancias. Ambas superan la superficie mínima (10 m²) establecida por el reglamento a partir de la que se deberán instalar un mínimo de dos puntos de luz.
3. Aunque el reglamento especifica que la toma de secadora se instalará en la cocina, esta podrá instalarse en cualquier otra estancia apropiada. En este caso, se instalará en el lavadero.
4. Es importante la señalización de los mecanismos que accionan cada punto de luz. Si nos fijamos en la habitación 2, es fácil de entender que se trata de una instalación de cruzamiento en la que los tres mecanismos accionan el mismo punto de luz.

Por otro lado, las tomas de corriente deben estar identificadas con la designación del circuito al que pertenecen.

Saber más

No todos los circuitos de una vivienda deben tener las secciones, protecciones y diámetros de tubos establecidos en la **tabla 1 de la ITC-BT 25**, ya que existe la posibilidad que un determinado circuito, imaginemos el de secadora, pueda tener una sección de 4 mm² y no de 2,5 mm². Esto es debido, como veremos en temas posteriores, a la denominada **caída de tensión** que, debido a una gran longitud de la línea, obligue a subir la sección.

Por otro lado, pueden existir circuitos no especificados en el reglamento, en los cuales será necesario la realización de cálculos para determinar las secciones, protecciones y tubos.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Material

- Interruptores automáticos de 10, 16, 20 y 25 A
- Diferenciales de 40 A/30 mA
- Cables unipolares y tubo corrugado
- Interruptores, conmutadores, pulsadores, timbre y bases de corriente
- Portalámparas, cajas de registro y cajas de mecanismos

Montaje eléctrico de una vivienda de grado elevado

Objetivo

Realizar la instalación eléctrica de una vivienda.

Planteamiento

- Partimos de los planos y de los datos que nos ofrece la promotora. Las estancias de la vivienda, de acuerdo con las previsiones de la promotora y el diseño del arquitecto son las siguientes:

Salón	Cocina	Lavadero	Habit. 1	Habit. 2	Pasillo	Baño
17 m ²	8,7 m ²	2,8 m ²	7,6 m ²	9,5 m ²	2,3 m	4,2 m ²

- Para conocer el grado de electrificación, se consulta a la promotora la dotación de electrodomésticos de la vivienda. Esta decide la instalación de secadora (circuito C10) para su ubicación en el lavadero, y la previsión de la instalación de una alarma contra robo e intrusión por el usuario (circuito C11).

Desarrollo

1. Grado de electrificación.

Debido a que posee los circuitos de secadora C10 y seguridad C11, el grado de electrificación de la vivienda es **elevado**.

2. Puntos de utilización por circuito.

Se establecen los diferentes puntos de utilización por estancia fijados en función de la tabla 2 de la ITC-BT 25 y se comprueba que los diferentes circuitos no sobrepasan el número máximo de puntos determinados en el reglamento.

Circuito	Salón	Cocina	Lavadero	Habit. 1	Habit. 2	Pasillo	Baño	Vestíbulo	Total
C1	2	1	1	1	1	1	1	1	9
C2	3 ⁽¹⁾	2	—	3	3	1	—	1	13
C3	—	1	—	—	—	—	—	—	1
C4	—	1	2 ⁽²⁾	—	—	—	—	—	3
C5	—	3	—	—	—	—	1	—	4
C10	—	—	1 ⁽²⁾	—	—	—	—	—	1
C11	—	—	—	—	—	—	—	1 ⁽³⁾	1

⁽¹⁾ Una de las bases será múltiple, ya que se destina a la TV y, a efectos de número de tomas, se considera como una sola.

⁽²⁾ Según la Guía Técnica de Aplicación (Guía-BT-25), las ubicaciones indicadas en la tabla 2 de la ITC-BT 25 son **orientativas**, pudiéndose instalar en este caso la lavadora, el termo y la secadora en el lavadero.

⁽³⁾ No existe ubicación específica para este circuito, con lo que se decide instalar una **toma de corriente** en el vestíbulo, hasta la cual se canalizarán los conductores de este circuito.

3. Realiza una tabla de los mecanismos a instalar en cada estancia.

Estancia	Circuito	Mecanismo
Acceso	C1	Un pulsador para el timbre.
Vestíbulo	C1	Un punto de luz accionado por conmutadores de 10 A.
	C2	Una base de 16 A 2p+T.
	C11	Una base de 16 A 2p+T.
Salón	C1	Dos puntos de luz accionados por interruptores y un timbre o zumbador.
	C2	Tres bases de 16 A 2p+T, una de ellas doble para la TV.
Habitaciones	C1	Un punto de luz accionado por conmutadas de 10 A.
	C2	Tres bases de 16 A 2p+T.
Pasillo	C1	Un punto de luz accionado por conmutadores de 10 A.
	C2	Una base de 16 A 2p+T.
Cocina	C1	Un punto de luz accionado por interruptor de 10 A.
	C2	Dos bases de 16 A 2p+T, una para el frigorífico y otra para el extractor.
	C3	Una base de 25 A 2p+T.
	C4	Una base de 16 A 2p+T para el lavavajillas.
	C5	Tres bases de 16 A 2p+T.
Lavadero	C4	Dos bases de 16 A 2p+T, una para la lavadora y otra para el termo.
	C10	Una base de 16 A 2p+T.
Baño	C1	Un punto de luz accionado por interruptor de 10 A.
	C5	Una base de 16 A 2p+T.

4. Dibuja el esquema unifilar del cuadro general de mando y protección.

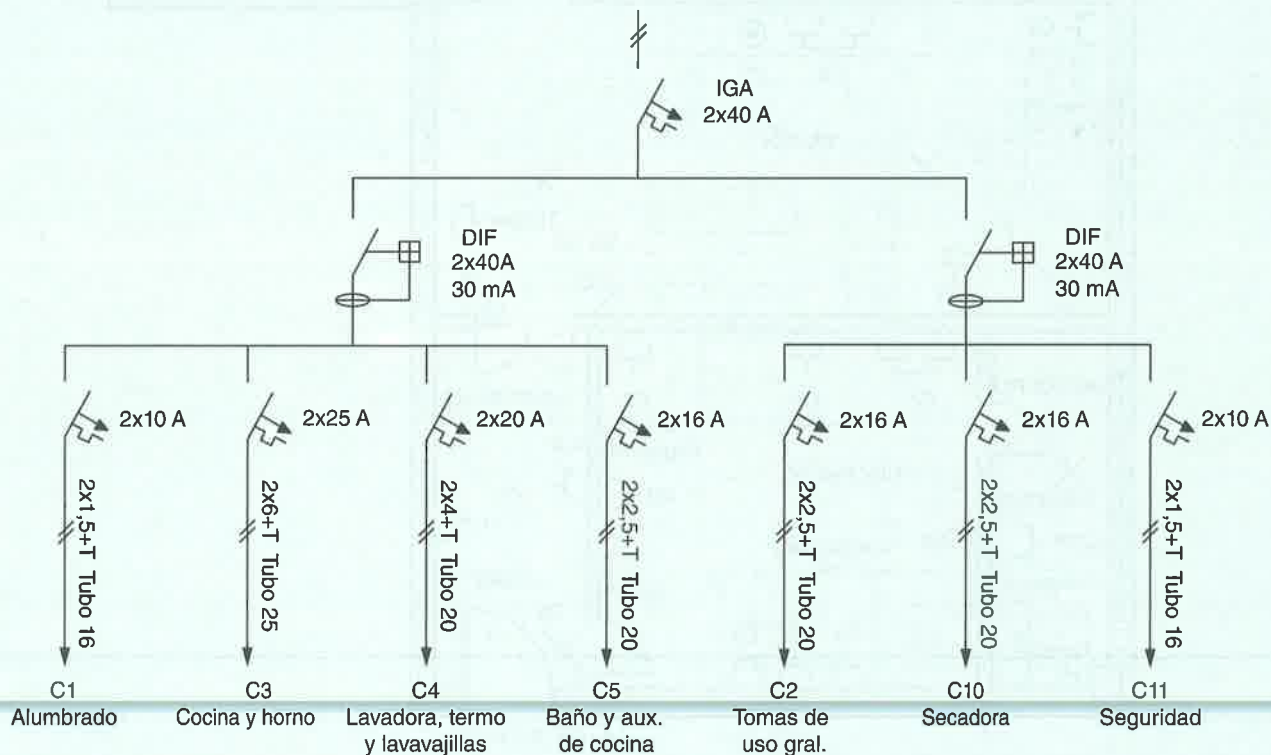


Figura 4.31. Esquema unifilar de CGMP.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

continuación

5. Realiza el esquema de distribución en planta.

En dicho esquema, se representará la ubicación de los diferentes mecanismos, de forma que:

- En el circuito C1, se representará mediante línea discontinua el mecanismo que acciona un determinado punto de luz.
- Para los demás circuitos, se indicará el circuito al que pertenecen.

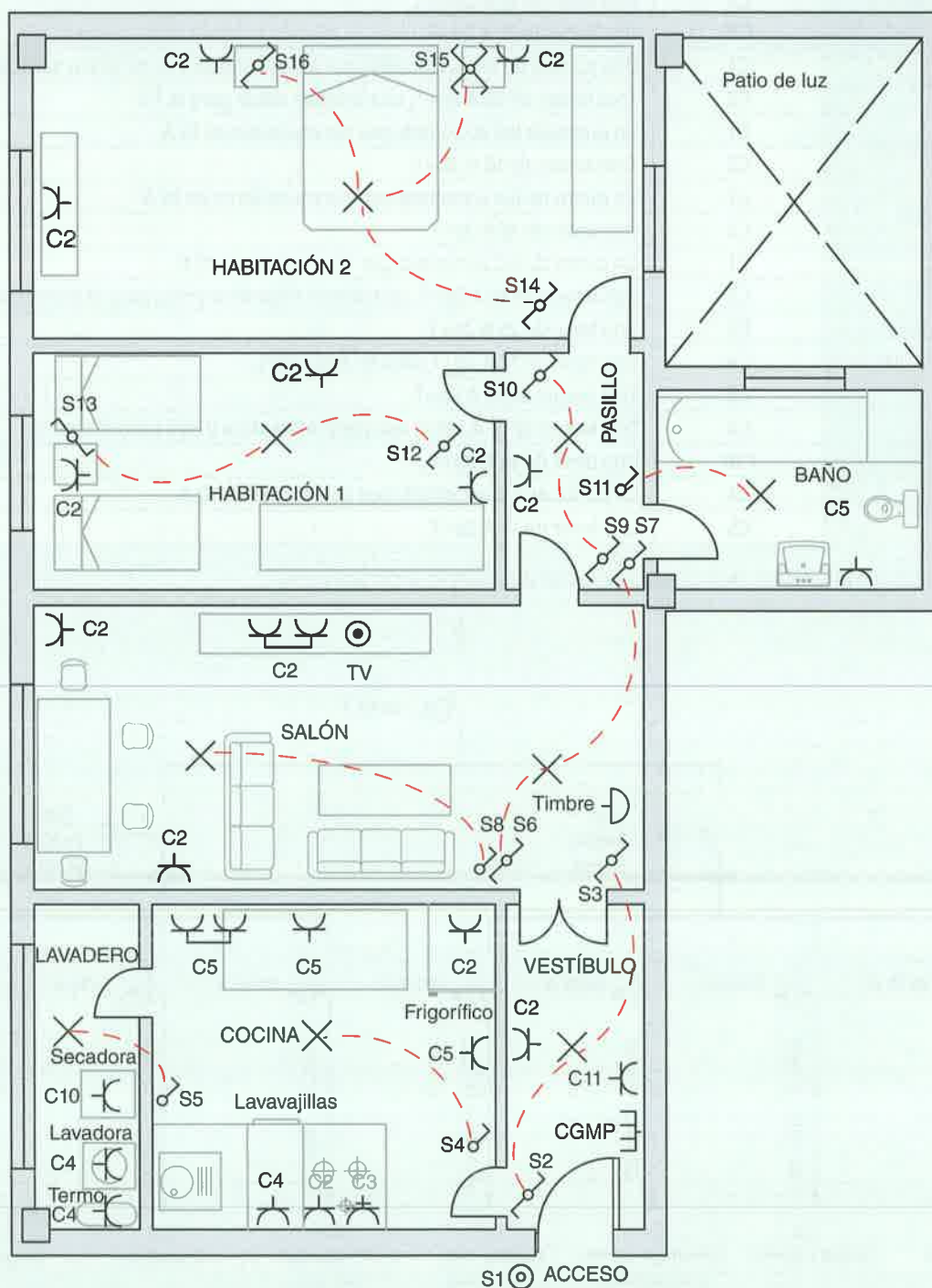


Figura 4.32. Esquema de distribución en planta.

6. Monta, sobre el panel de pruebas, el Cuadro General de Mando y Protección, según el esquema unifilar de la figura 4.33.

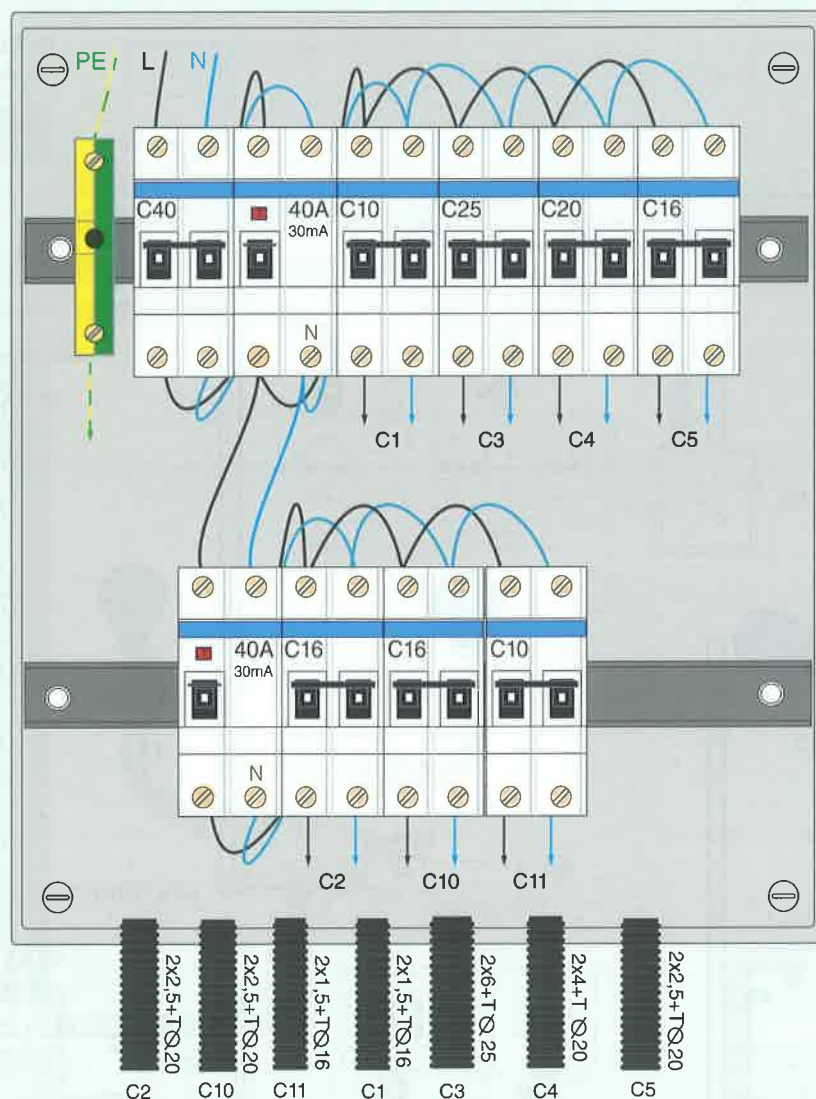


Figura 4.33. Montaje del CGMP de la vivienda.

7. Realiza, sobre el panel de pruebas, el montaje de la vivienda en dos partes, o bien de una sola vez toda la vivienda si las dimensiones del panel te lo permiten, teniendo en cuenta que para simplificar el montaje se instalarán todos los puntos de luz y sus mecanismos. Para los demás circuitos, instala los mecanismos según se muestra en las figuras de montaje 4.34 y 4.35, eliminando algunas tomas para no sobrecargar el montaje.

8. Prueba del montaje.

- Conecta el CGMP que has realizado anteriormente a la caja de registro de la entrada a la vivienda.
- Asegúrate que todos los automáticos y diferenciales están bajados.
- Acciona el IGA y el diferencial correspondiente al circuito que vas a probar y sube únicamente el PIA correspondiente, de forma que si es un circuito de alumbrado comprueba el funcionamiento de interruptores y conmutadores y si es un circuito de tomas de corriente, comprueba con el polímetro si tienes tensión; después, baja el PIA del circuito que has probado y sube el del siguiente circuito a probar.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

continuación

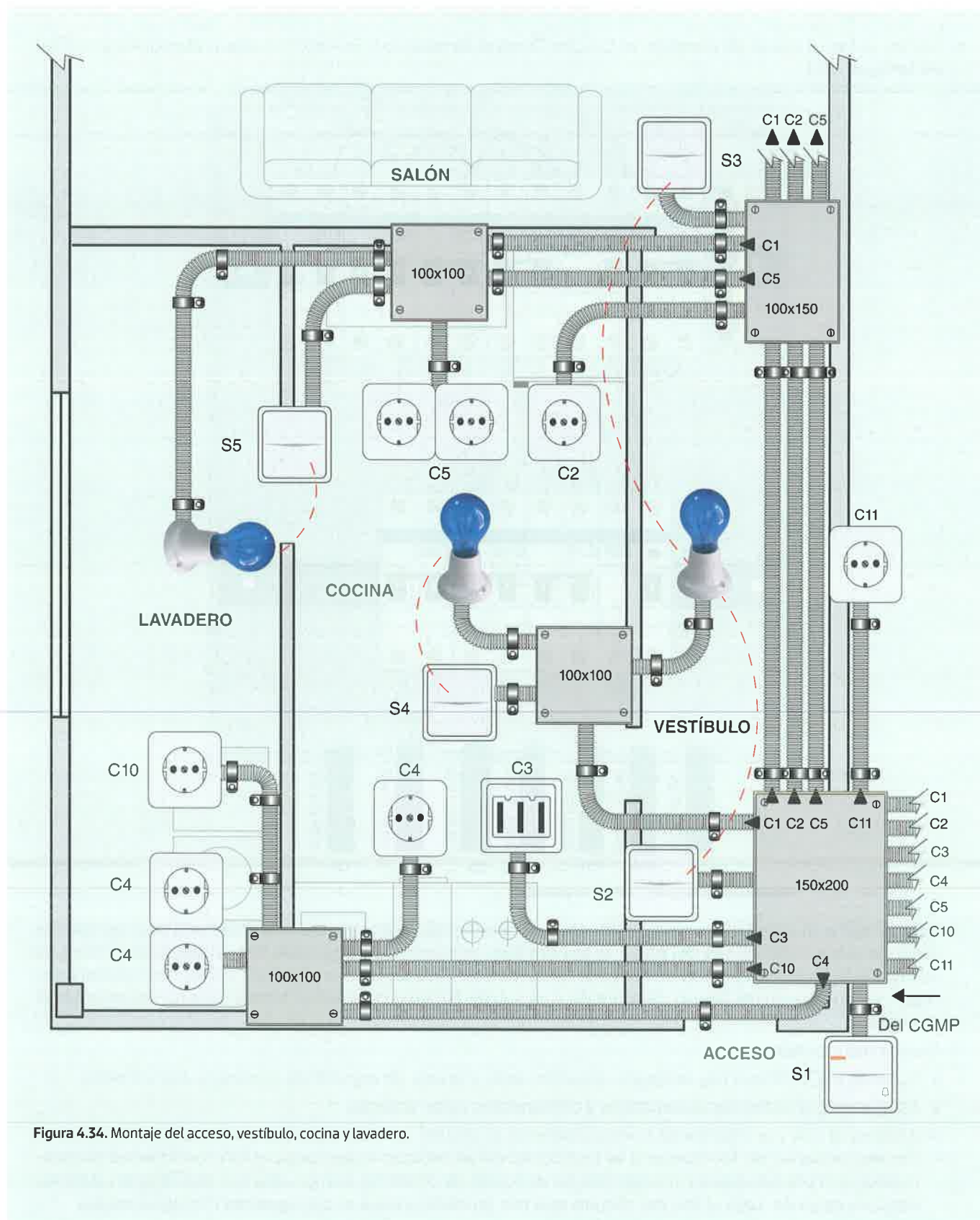


Figura 4.34. Montaje del acceso, vestíbulo, cocina y lavadero.

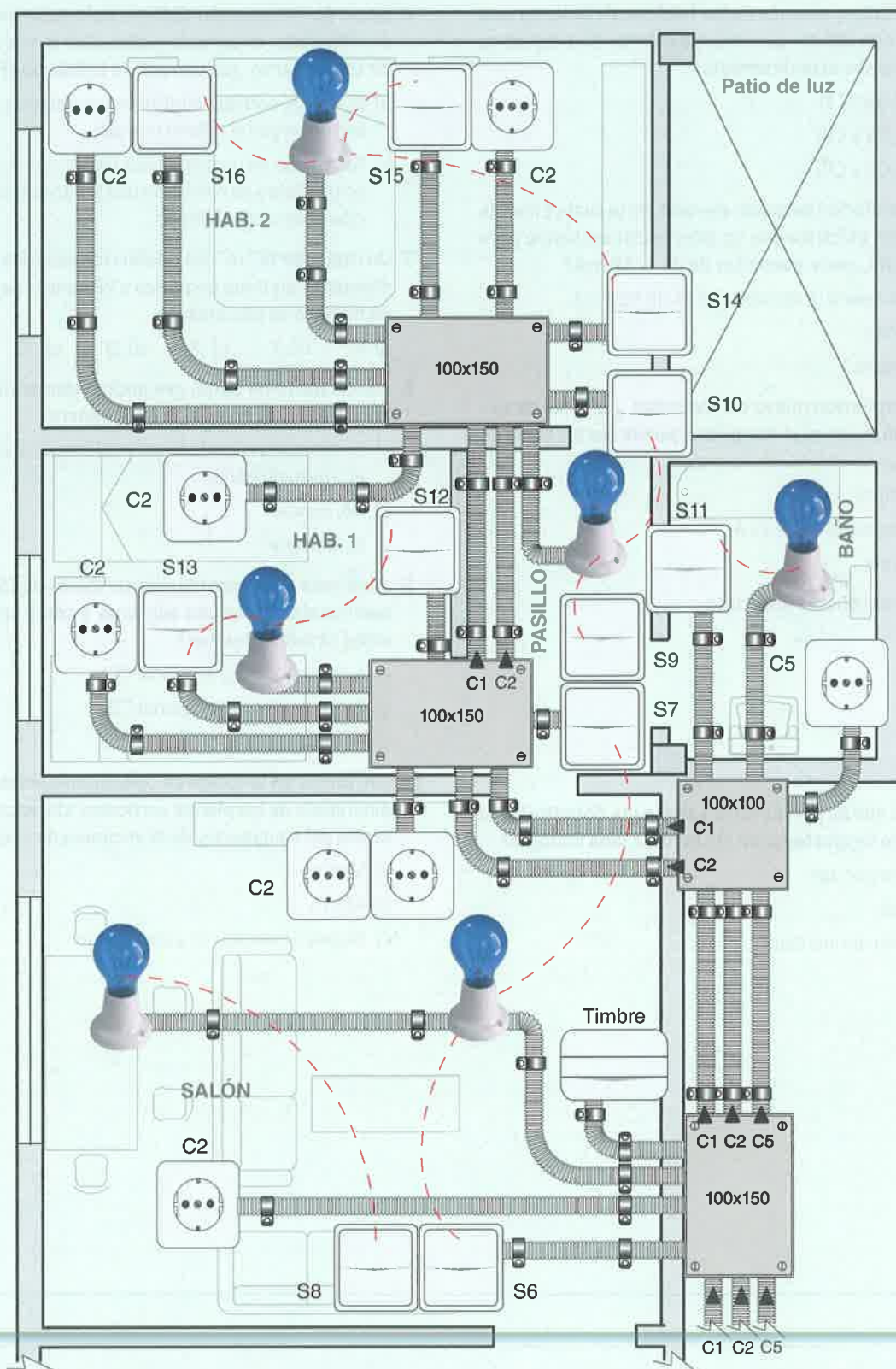


Figura 4.35. Montaje del salón, pasillo, baño y habitaciones.

TEST DE EVALUACIÓN

RESUELVE EN TU CUADERNO O BLOC DE NOTAS

1. Di qué circuitos, además de los básicos, debe llevar una vivienda con 180 m² que incluye calefacción eléctrica, secadora y aire acondicionado.
 - a) C6, C8, C9 y C11.
 - b) C7, C8, C9 y C10.
 - c) C6, C7, C8 y C10.
2. En una instalación de grado elevado, en la cual se instala calefacción eléctrica con un diferencial exclusivo para este circuito, ¿este puede ser de 25 A/30 mA?
 - a) Sí, pero solo si la sensibilidad es de 300 mA.
 - b) No, nunca.
 - c) Sí, siempre.
3. En una instalación nueva de viviendas, ¿la toma de corriente a instalar en el dormitorio puede ser sin toma de tierra?
 - a) Sí, siempre.
 - b) Sí, pero solo si es de 25 A.
 - c) No, nunca.
4. El timbre se conecta al circuito:
 - a) C1
 - b) C2
 - c) C3
 - d) C4
 - e) C5
5. ¿Siempre que se prevea en el salón o los dormitorios la instalación de una toma de TV, la toma será múltiple?
 - a) No tiene por qué.
 - b) Siempre.
 - c) A criterio del instalador.
6. En un dormitorio con 13,8 m², se instalan únicamente dos lámparas en paralelo accionadas desde un sistema de cruzamiento. ¿Es correcta la instalación?
 - a) Sí, ya que son dos puntos de luz distintos, aunque se accionen con el mismo mando.
 - b) No, ya que es un solo punto de luz con dos lámparas en paralelo y se necesitan dos puntos accionados por diferentes interruptores.
7. Un chalet de 187 m² con calefacción eléctrica, aire acondicionado, sistema domótico y 28 puntos de luz, tendrá un número de circuitos de:
 - a) 6 b) 7 c) 8 d) 9 e) 10
8. En un cuarto de baño, ¿se podrá instalar una base de enchufe de 230 V a 50 cm de la bañera?
 - a) Sí, siempre y cuando haya un diferencial exclusivo para el cuarto de baño.
 - b) No, nunca.
 - c) Sí, siempre.
9. ¿Cuál será el número máximo de tomas de C5 para tener que instalar un circuito adicional y cómo se denomina dicho circuito adicional?
 - a) 6 tomas, circuito adicional C12.
 - b) 7 tomas, circuito adicional C13.
 - c) 8 tomas, circuito adicional C12.
10. Las tomas en la cocina se colocarán fuera del volumen delimitado de los planos verticales, situados a una distancia del fregadero y de la encimera de cocción de:
 - a) 50 cm.
 - b) 40 cm.
 - c) No hay limitación en este sentido.

ACTIVIDADES FINALES

1. Realiza el esquema unifilar de un Cuadro General de Mando y Protección para una vivienda en la cual se prevé la instalación de aire acondicionado, secadora y sistema de seguridad, y además tiene un total de 24 tomas de corriente destinadas a uso general.
2. ¿Cuántos puntos de luz y tomas de uso general (C2) debe tener un salón de 26 m²? ¿Y una cocina de 14 m²? Razona tus respuestas.
3. La figura 4.36 representa la planta de un pequeño apartamento cuya cocina está abierta al salón comedor. Se pide:

En función de los electrodomésticos y la superficie, determinar el grado de electrificación, dibujar el esquema unifilar del CGMP y la ubicación de los mecanismos y puntos de luz sobre dicho plano.

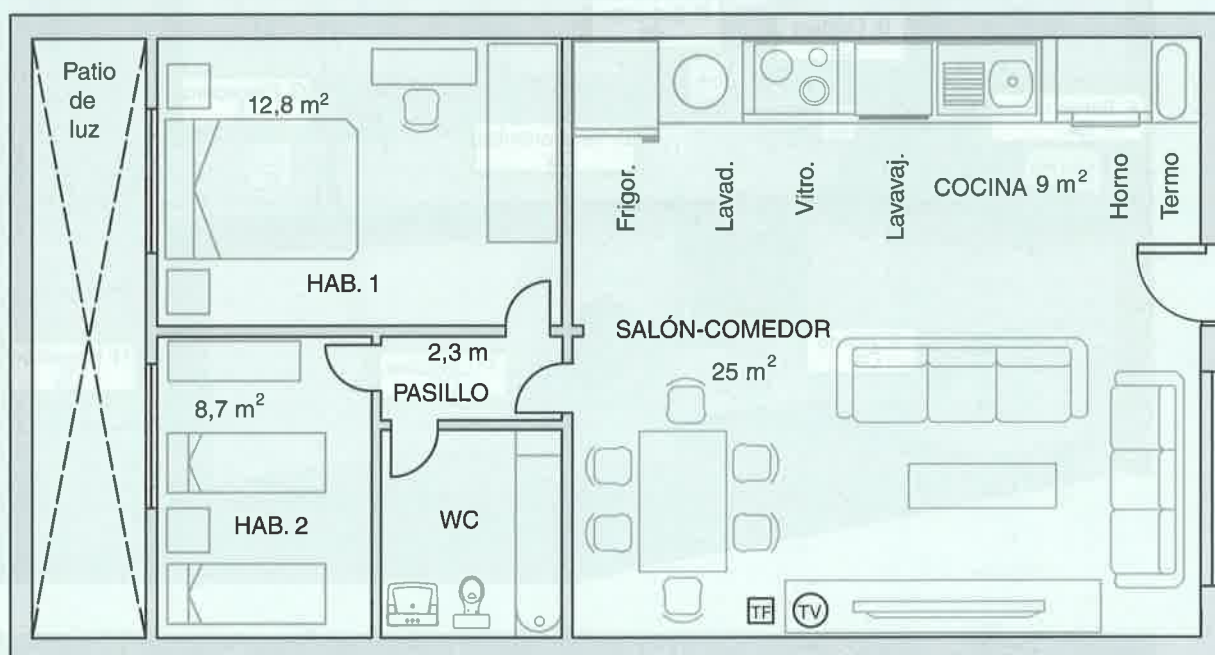


Figura 4.36.

4. Identifica los fallos de los siguientes esquemas, razonando tu respuesta.

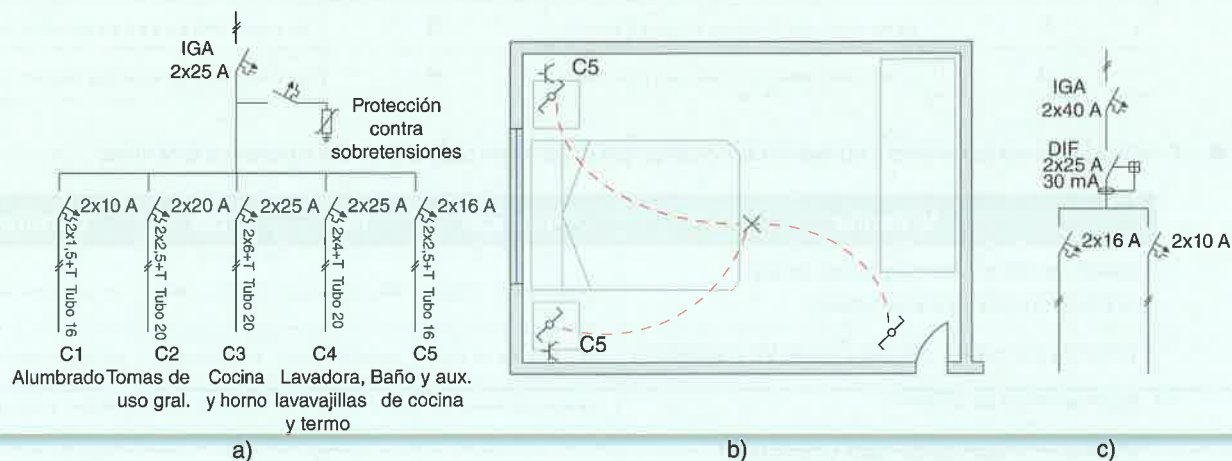


Figura 4.37.

ACTIVIDADES FINALES

- 5. En la actividad anterior, dibuja el esquema correcto de cada uno de los tres casos.
- 6. Indica los fallos que ves en la siguiente figura.



Toma	Descripción del fallo	Toma	Descripción del fallo
A		E	.....
B		F	.....
C		G	.....
D		H	.....

- 7. Indica la potencia, calibres y números de circuitos que debe tener cada una de las siguientes viviendas:

Vivienda	Potencia	IGA	DIF	Circuitos
Chalet de 164 m ² con 34 puntos de luz, calefacción eléctrica y secadora				
Vivienda con garaje con recarga de VE y secadora				
Apartamento de 65 m ²				
Vivienda con bomba de calor y control de climatización, 24 tomas de uso general				

Test de REBT

■ 8. Realiza los siguientes test del REBT de las instrucciones ITC- BT 25.

1. En una vivienda de grado de electrificación básica el usuario podrá contratar, una potencia máxima de:
 - a) 9 200 W a 230 V con IGA de 40 A.
 - b) 5 750 W a 230 V con IGA de 32 A.
 - c) 5 750 W a 230 V con IGA de 25 A.
 - d) 7 360 W a 230 V con IGA de 40 A.
2. Una vivienda en la cual hay 24 puntos de luz y 32 tomas de corriente, tendrá un número mínimo de circuitos de:
 - a) 5
 - b) 6
 - c) 7
 - d) 8
3. En una vivienda se instalarán como mínimo interruptores diferenciales.
 - a) Cada 4 circuitos.
 - b) Cada 5 circuitos.
 - c) Cada 6 circuitos.
 - d) No importa el número de circuitos.
4. La instalación eléctrica para la secadora se realizará con:
 - a) Cable de 1,5 mm², base de 25 A 2p+T.
 - b) Cable de 2,5 mm², base de 25 A 2p+T.
 - c) Cable de 2,5 mm², base de 16 A 2p+T.
 - d) Cable de 4 mm², base de 20 A 2p+T.
5. Los tubos para la instalación de aire acondicionado serán de:
 - a) 16 mm
 - b) 20 mm
 - c) 25 mm
 - d) 32 mm
6. Una instalación pasará a grado elevado siempre y cuando el número de tomas para el cuarto de baño y auxiliares de cocina tengan un número de tomas mayor de:
 - a) 4 tomas
 - b) 5 tomas
 - c) 6 tomas
 - d) 7 tomas
7. En una vivienda donde se prevea un sistema de control de climatización, el circuito a instalar será:
 - a) C7
 - b) C8
 - c) C9
 - d) C10
 - e) C11
8. En una vivienda, en la cual el salón tiene 19 m², el número mínimo de puntos de luz y tomas de corriente será de:
 - a) Un punto de luz y dos toma de corriente.
 - b) Un punto de luz y tres tomas de corriente.
 - c) Dos puntos de luz y tres tomas de corriente.
 - d) Dos puntos de luz y cuatro tomas de corriente.
9. En los dormitorios se instalarán:
 - a) Un punto de luz por cada 10 m² y como mínimo tres tomas de corriente.
 - b) Un punto de luz si es menor de 10 m², dos si es mayor de 10 m² y como mínimo tres tomas de corriente.
 - c) Un punto de luz si es menor de 10 m², dos si es mayor de 10 m² y como mínimo dos tomas de corriente.

ACTIVIDADES FINALES

Test de REBT

10. El circuito de cocina y horno se realizará:
 - a) Con cables de 4 mm², bases de 20 A y tubo de 25 mm.
 - b) Con cables de 6 mm², bases de 25 A y tubo de 25 mm.
 - c) Con cables de 6 mm², bases de 25 A y tubo de 20 mm.
 - d) Con cables de 4 mm², bases de 25 A y tubo de 25 mm.
 - e) Con cables de 6 mm², bases de 20 A y tubo de 25 mm.
11. Una vivienda con 170 m² deberá tener como mínimo un circuito adicional denominado.
 - a) C6
 - b) C7
 - c) C11
 - d) C12
12. En una cocina de una vivienda de 9 m² de grado básico se instalarán.
 - a) Un punto de luz y tres bases de C2.
 - b) Dos puntos de luz y dos bases de C2.
 - c) Un punto de luz y dos bases de C2.
13. En viviendas, el circuito para alumbrado deberá realizarse:
 - a) Con cables de 1,5 mm², PIA de 16 A y tubo de 20 mm.
 - b) Con cables de 1,5 mm², PIA de 10 A y tubo de 16 mm.
 - c) Con cables de 2,5 mm², PIA de 20 A y tubo de 16 mm.
 - d) Con cables de 1,5 mm², PIA de 20 A y tubo de 16 mm.
14. En viviendas la sección de los conductores para el circuito de calefacción serán de:
 - a) 2,5 mm²
 - b) 4 mm²
 - c) 6 mm²
 - d) 10 mm²
15. En los pasillos de las viviendas los puntos de luz que se instalarán serán:
 - a) Uno cada 5 m².
 - b) Uno si la longitud es menor de 5 m y dos si es mayor.
 - c) Uno por cada 5 m de longitud.
16. En la cocina de una vivienda de 12 m² se instalarán como mínimo.
 - a) Dos puntos de luz y dos tomas de C4.
 - b) Un punto de luz y tres tomas de C4.
 - c) Dos puntos de luz y tres tomas de C4.
17. En instalaciones domesticas de grado elevado la potencia máxima a 230 V destinada para alimentar el aire acondicionado será de:
 - a) 4 400 W
 - b) 5 750 W
 - c) 7 360 W
 - d) 9 200 W
18. La instalación eléctrica en viviendas para el circuito de lavadora, lavavajillas y termo se realizará:
 - a) Con cables de 2,5 mm², PIA de 20, bases de 20 A.
 - b) Con cables de 1,5 mm², PIA de 16, bases de 20 A.
 - c) Con cables de 2,5 mm², PIA de 16, bases de 20 A
 - d) Con cables de 4 mm², PIA de 20, bases de 16 A.
19. La distancia mínima a las tomas de corriente a instalar fuera del volumen del fregadero y encimera de cocción de la cocina será de:
 - a) 40 cm
 - b) 50 cm
 - c) 60 cm
 - d) 1 m

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Material

- Automáticos de: 10 A, 16 A, 20 A y 25 A
- Interruptores diferenciales de 40 A/30 mA
- Interruptor, conmutadores y bases de corriente de 16 A y 25 A
- Tubo corrugado, cajas de mecanismos, cajas de registro, etc.

Instalación eléctrica de una vivienda

Desarrollo

1. Diseña la instalación eléctrica de una vivienda con una P de 9200 W y que dispone de limitador contra sobretensiones.
 - a) El circuito de lavadora, lavavajillas y termo estará desdoblado en circuitos independientes para cada uno de los electrodomésticos.
 - b) En la vivienda se realizará la preinstalación de aire acondicionado por conductos con equipo evaporador instalado en el falso techo del cuarto de baño y el equipo condensador instalado en la terraza.

c) Se instalará un circuito de recarga de vehículos eléctricos en el garaje.

Vestíbulo	Salón	Cocina	Lavadero	Pasillo	Baño	Habit. 1	Habit. 2	Terraza	Garaje
2,1 m ²	28,7 m ²	12,4 m ²	8,3 m ²	6,4 m	7,8 m ²	9,7 m ²	14,2 m ²	10 m ²	36 m ²

2. Completa el esquema unifilar del **Cuadro General de Mando y Protección** de la vivienda.

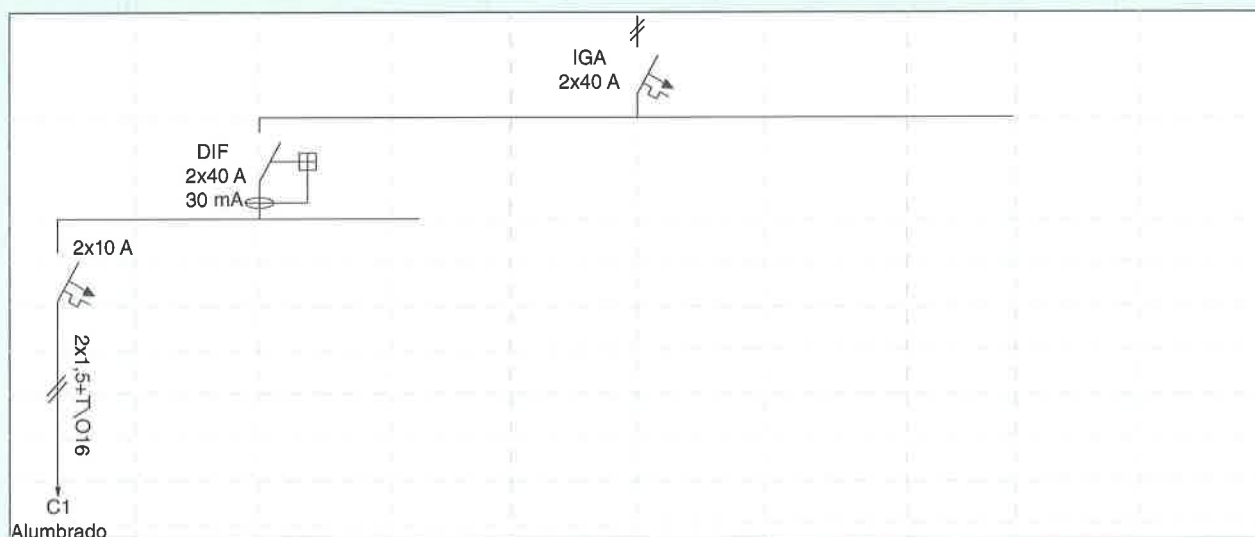


Figura 4.38. Esquema unifilar del CGMP.

3. Completa la tabla de puntos de utilización indicado el número puntos de luz o tomas de corriente necesarias en cada una de las estancias de la vivienda según la **tabla 2** de la **ITC-BT 25**.

Circuito	Vestíbulo	Salón	Cocina	Lavadero	Pasillo	Baño	Habit. 1	Habit. 2	Terraza	Garaje
C1	1									
C2	1				2					
C3	—									
C4 a-b-c	—		1 (lavavajillas)							
C5	—									
C13	—									

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

continuación

4. Diseña el esquema de distribución en planta y realiza el montaje de la instalación.

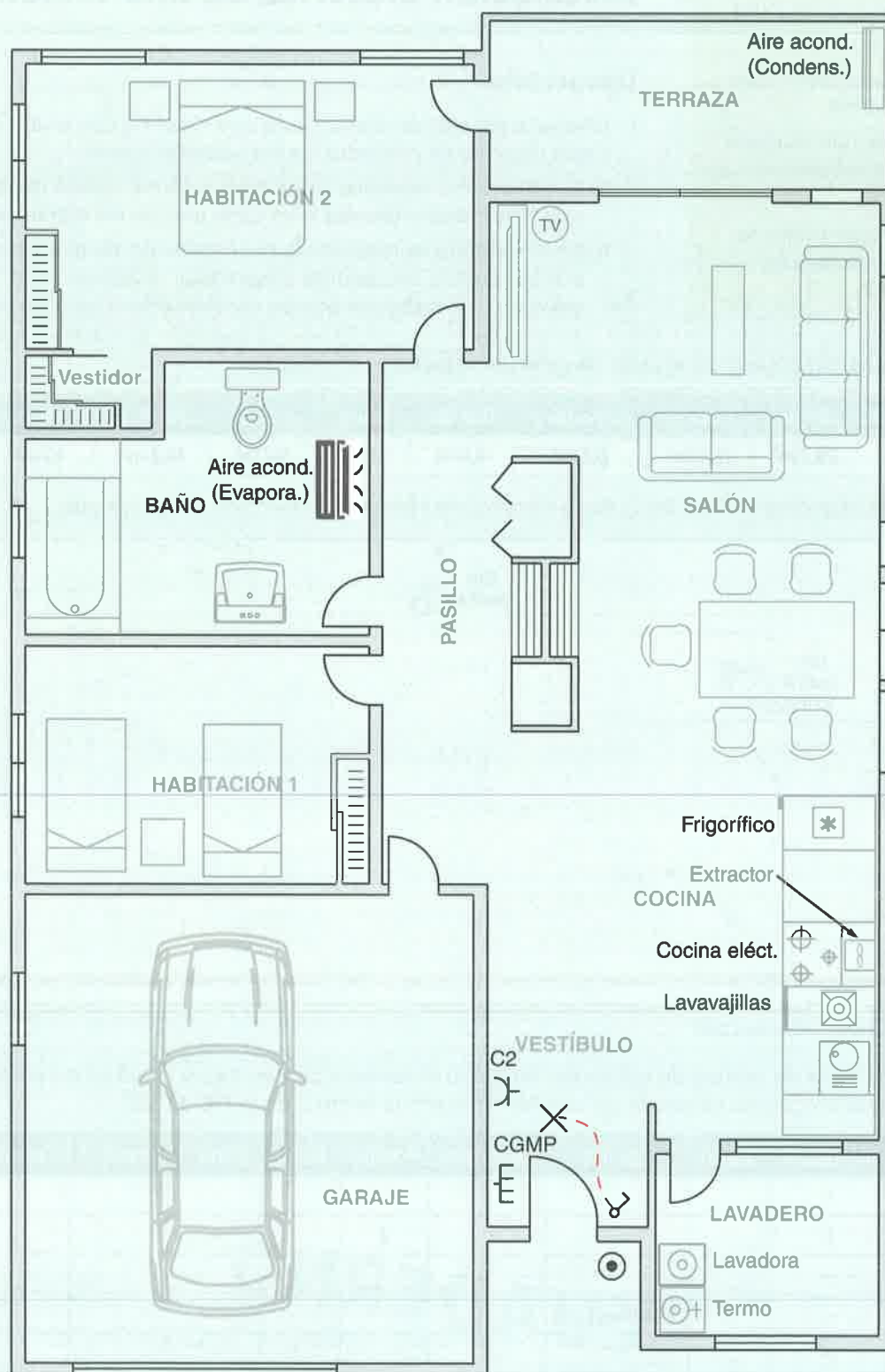
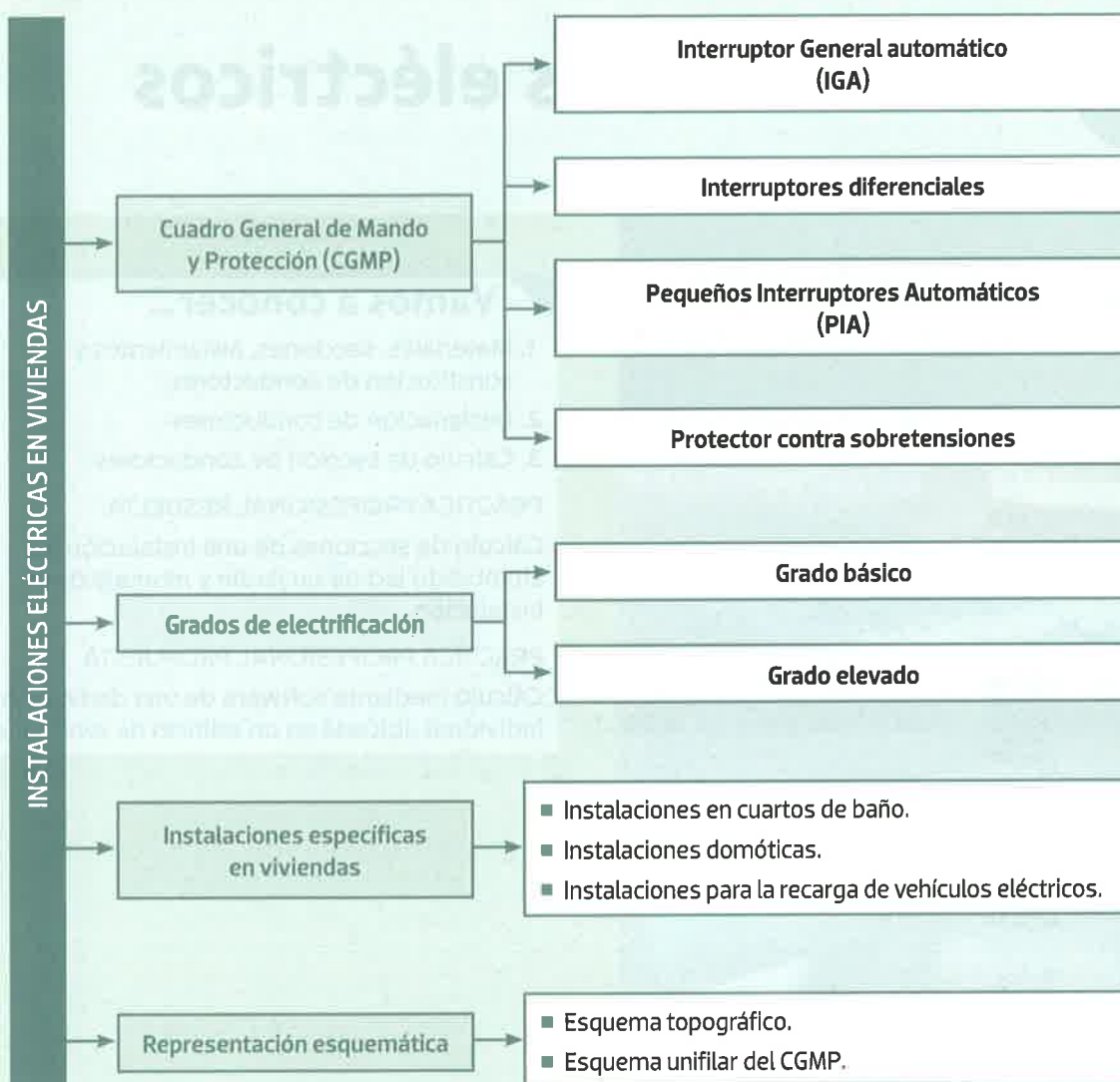
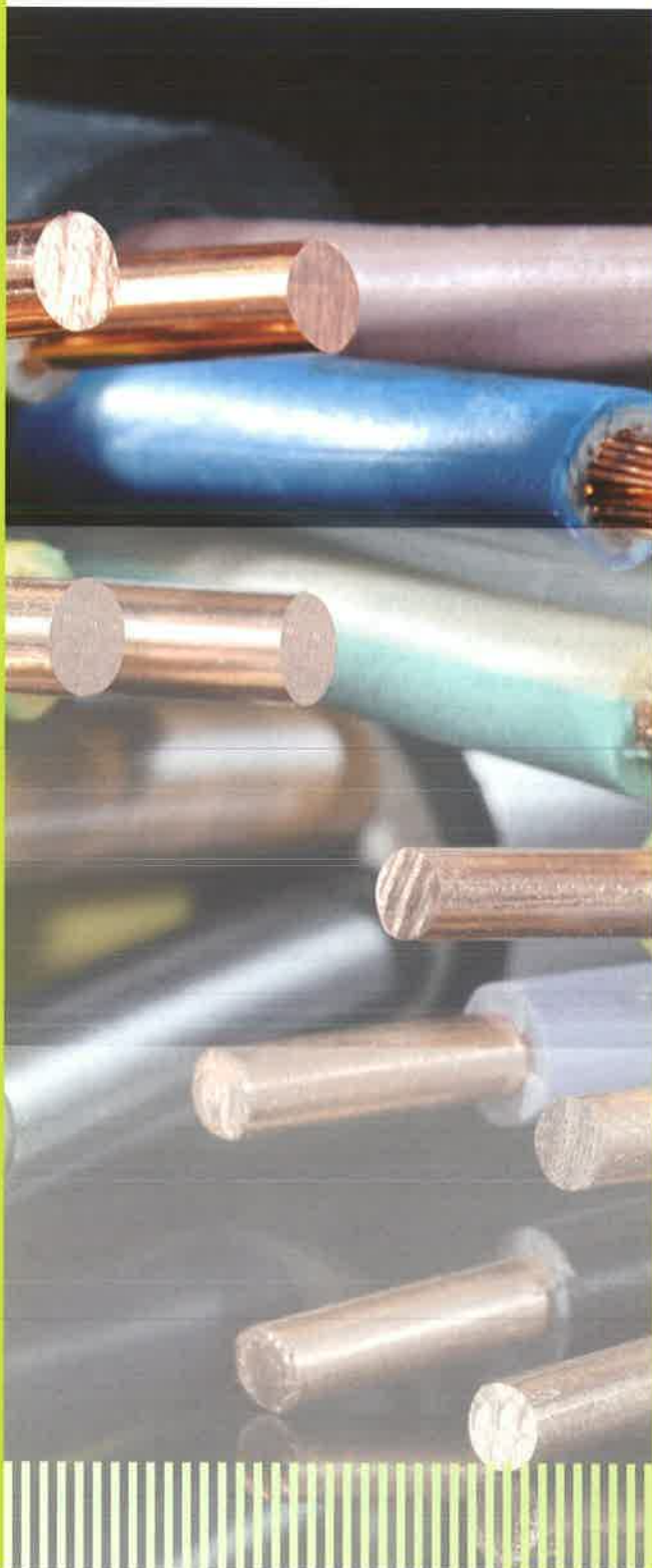


Figura 4.39. Esquema de distribución en planta de la vivienda.

EN RESUMEN



5 Conductores eléctricos



Vamos a conocer...

1. Materiales, secciones, aislamientos y constitución de conductores
2. Designación de conductores
3. Cálculo de sección de conductores

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Cálculo de secciones de una instalación de alumbrado led de un jardín y montaje de la instalación

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Cálculo mediante software de una derivación individual ubicada en un edificio de viviendas

Y al finalizar esta unidad...

- Conocerás los diferentes materiales para la construcción de cables, así como la constitución de los mismos.
- Aprenderás las diferentes designaciones para la identificación de conductores.
- Aprenderás qué tipo de conductor se requiere en cada instalación, así como el cálculo de sección de los mismos.
- Realizarás el cálculo de secciones de conductores, así como la correcta elección de los cables a utilizar para el diseño de una instalación.

1. Materiales, secciones, aislamientos y constitución de conductores

La finalidad de un conductor es transportar la energía eléctrica procedente de los generadores hasta los receptores. La resistencia final que ofrecerá una línea conductora en una instalación depende de varios factores, tales como el tipo de material, la sección, la longitud, la intensidad que circula por el conductor y la temperatura.

Los conductores se fabrican de dos formas:

- **Unipolares:** constituidos por un único hilo conductor recubierto de un material aislante en su versión más simple, o bien un único conductor recubierto por un material aislante, pantallas, protecciones mecánicas y cubierta, en su versión más compleja.
- **Multipolares (mangueras):** compuestos por varios conductores, recubiertos con un material aislante y una cubierta en su versión más sencilla, o bien varios conductores, igualmente recubiertos por un material aislante, cubiertas de separación, pantallas, protecciones metálicas y cubierta exterior, en su versión más compleja.

1.1. Materiales de los conductores

Los materiales utilizados como conductores en las instalaciones eléctricas son dos: el cobre (Cu) y el aluminio (Al). Ambos ofrecen una **resistividad** (oposición al paso de corriente) relativamente baja en comparación con otros materiales; aunque no son los materiales con resistividad más baja, sí son los más empleados por motivos económicos.

La **resistividad** de estos materiales es: para el cobre (Cu) $0,017 (\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$ y para el aluminio (Al) $0,028 (\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$ a una T° de 20°C . Como podemos apreciar, el cobre es mejor conductor que el aluminio; sin embargo, su costo es mayor, motivo por el cual el aluminio es el empleado principalmente por las compañías de distribución en líneas de distribución de energía eléctrica, y el cobre en líneas de distribución de instalaciones interiores.

La **conductividad (K)**: este término se emplea para el cálculo de la sección de los conductores y se calcula como la inversa de la resistividad, siendo de $1/0,017 = 56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ para el cobre y de $1/0,028 = 35 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ para el aluminio a 20°C , pero un conductor ofrece una mayor oposición al paso de corriente a medida que esta aumenta; como consecuencia de este fenómeno, la resistividad aumenta y la conductividad disminuye.

Debido al calentamiento de los conductores por el paso de corriente a través de ellos, es evidente que la temperatura del conductor frecuentemente va a estar alejada de los 20°C ; por ello, en ausencia de cálculos más precisos y según marca la Norma UNE-HD 60.364-5-52:2014, para el cálculo de secciones lo adecuado es utilizar los valores de conductividad a la máxima temperatura a la que el conductor va a trabajar, que dependerá del material de aislamiento del mismo, existiendo dos grandes grupos: PVC (termoplásticos e incluye también a los denominados libres de halógenos Z1) y XLPE/EPR (termoestables y gomas).

Tª Máxima/Aislamiento	70 °C PVC (y Z1)	90 °C XLPE/EPR
Cobre	48	44
Aluminio	30	28

Tabla 5.1. Conductividad de los conductores a su máxima temperatura de trabajo.

Saber más

De los materiales conductores, el cobre, exceptuando la plata, es el que más baja resistividad ofrece.

Los conductores de cobre ofrecen, además de su característica fundamental que es la resistividad, la carga de rotura que depende del proceso de fabricación, siendo el más utilizado en conductores destinados a instalaciones eléctricas el cobre recocido que ofrece una carga de rotura máxima de unos $22 \text{ kg}/\text{mm}^2$.

El otro conductor empleado es el aluminio, que tiene una mayor resistividad que el cobre, además de un menor coste económico.

Saber más

Según el REBT

El BOE de 24 de marzo de 2015, en su resolución de 26 de enero de 2015 de la Dirección General de Industria, publica la aprobación, entre otras, de la **Norma UNE-HD 60.364-5-52:2014** (instalaciones eléctricas de baja tensión) que deroga a la anterior **Norma UNE 20.460-5-523:2004**.

Vocabulary

- Resistencia: *resistance* (cualidad)/ *resistor* (elemento).
- Ohmio: *ohm*.
- Sección: *section*.
- Resistividad: *resistivity*.
- Conductividad: *conductivity*.
- Conductor: *conductive* (cualidad), *conductor* (cable).

1.2. Métodos de instalación y secciones normalizadas de los conductores

Tanto el reglamento electrotécnico para baja tensión como la **Norma UNE-HD 60.364-5-52** clasifican en dos grandes grupos los métodos de instalación de los conductores:

- **Conductores al aire:** todo tipo de instalación que se encuentre sobre el nivel del suelo, independientemente que se encuentre empotrada bajo tubos en montaje superficial o empotrados, en bandejas, canaletas, grapada sobre la pared, etc.
- **Conductores enterrados:** cualquier conductor que se encuentre bajo el nivel de suelo o sumergido, con independencia del método que se utilice para canalizarlo.



Figura 5.1. Canalizaciones al aire (en bandeja).



Figura 5.2. Canalizaciones enterradas.

Las **secciones** en mm² utilizadas para conductores en instalaciones interiores, en montaje al aire o enterrado, son las reflejadas en la siguiente tabla:

1,5	10	35	150
2,5	16	50	185
4	25	95	240
6	35	120	300

Tabla 5.2.

Recuerda

Los colores de los conductores son siempre:

Fase 1: negro.

Fase 2: marrón.

Fase 3: gris.

Neutro: azul claro.

Conductor de protección: verde/amarillo

El gris se utilizará únicamente en distribuciones monofásicas para identificación de conductores y no como conductor de fase.

No está permitido utilizar conductor de color azul y el color verde/amarillo como conductores de fase.

En las instalaciones eléctricas de interiores, los conductores deben estar aislados. Denominamos aislante al material que recubre al conductor. Principalmente, se utilizan dos tipos de aislantes, unos derivados de materiales plásticos y otros derivados del caucho (gomas), que son los siguientes:

- a) **Termoplásticos (PVC/Z1):** son materiales altamente resistentes a bajas temperaturas pero que, sin embargo, aunque no llegan a perder sus propiedades aislantes, cuando se eleva la temperatura se reblandecen y se deforman, perdiendo propiedades mecánicas. Los más importantes son el policloruro de vinilo (PVC) y la poliolefina (Z1), este último llamado «libre de halógeno», material que debe ser utilizado en determinadas instalaciones, de forma **obligatoria** donde se exija una baja emisión de humos y gases corrosivos.
- b) **Termoestables (XLPE/EPR):** dentro de este grupo, podemos encontrar aislamientos derivados de materiales plásticos o derivados del caucho (gomas). Los más importantes son los siguientes:
 - **XLPE:** son materiales aislantes plásticos que, antes de estar expuestos a agentes atmosféricos, son relativamente blandos y flexibles, lo que faci-

lita su manejo e instalación. Sin embargo, una vez instalados y expuestos a agentes atmosféricos, se endurecen y ya no vuelven a reblandecerse (incluso a altas temperaturas), ofreciendo unas grandes propiedades mecánicas, lo que les hace ideales para su utilización en instalaciones de intemperie. Por el contrario, son materiales absorbentes de agua, por lo que no son válidos para instalarlos directamente bajo el agua. El más importante es el polietileno reticulado (–R– en designación).

- **EPR:** son materiales basados en las gomas, también llamados elastómeros. Sus características son similares al XLPE pero, que además de ofrecer gran flexibilidad, poseen mayores propiedades mecánicas e impiden que el agua entre en ellos, por lo que son válidos para instalaciones sumergidas. Los más utilizados en las instalaciones eléctricas son los de etileno-propileno (–D– en designación), o bien los de goma de silicona (–S– en designación), muy aptos para instalaciones sometidas a altas temperaturas.

1.3. Constitución de un conductor

Los conductores los podemos distinguir de varias formas:

- **Por el número de hilos.** Siendo estos:
 - **Unipolares:** en su versión más básica, están compuestos por un solo conductor recubierto de material aislante.
 - **Multipolares (mangueras):** en su versión más básica, están constituidos por varios conductores recubiertos de un aislamiento y una cubierta que recubre el conjunto de conductores y que, además, hace la función de protección contra agentes atmosféricos, corrosión, etc.
- **Por su forma constructiva.** Siendo estos:
 - **Rígidos:** compuestos de un único hilo, o bien varios alambres de un determinado grosor.
 - **Flexibles:** compuestos por una gran cantidad de alambres, de forma que, para una misma sección, cuanto mayor sea la cantidad de alambres que forman el conductor, mayor será su flexibilidad.

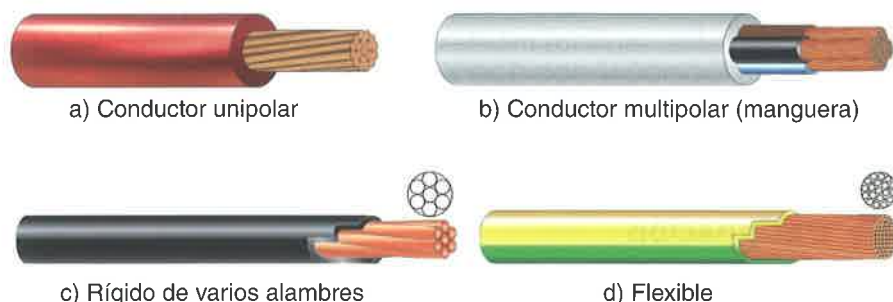


Figura 5.3. Tipos de conductores.

En ciertas instalaciones eléctricas, se requieren cables con recubrimientos más complejos tales como:

- Cables con **pantallas**, que ofrecen un aislamiento frente a efectos electromagnéticos.
- Cables **armados** con recubrimientos metálicos, cuya misión es dotar de protección mecánica a los conductores y aumentar su resistencia al fuego. Estos son muy útiles en ambientes mecánicos rigurosos (frente a daños físicos y químicos), en instalaciones con bandejas para protegerlos de la caída de objetos, en locales con presencia de roedores, etc.

Saber más

Existen conductores sin aislamiento (conductores desnudos) utilizados en líneas aéreas de distribución de alta tensión. En líneas de BT, se emplean exclusivamente en instalaciones de tierra.



Figura 5.4. Conductor de cobre desnudo (sin aislamiento) para líneas de tierra.

2. Designación de conductores

Para ser identificados, los conductores utilizan una serie de códigos formados por letras y números, que indican las normas a las que se acoge su construcción, las tensiones nominales de sus aislamientos, el tipo de aislamiento, cubiertas, pantallas o protecciones mecánicas si procede, formas constructivas, material conductor, número de conductores y sección de los mismos.

2.1. La tensión nominal de los conductores

Dentro de los conductores utilizados en baja tensión, existen dos grupos: de hasta 450/750 V y de 0,6/1 kV. La diferencia entre ambos está en el grosor del material aislante. Cuanto mayor es el grosor, mayor es la tensión capaz de soportar sin que el aislamiento pierda sus propiedades. El conductor se designa mediante dos tensiones, U_0/U ; en el caso de conductores de 450/750 V, 450 V (U_0) representa la tensión nominal del aislamiento del conductor respecto de tierra y 750 V (U) representa la tensión nominal del aislamiento entre dos conductores activos.

El valor de estas tensiones es fácil de entender, en el sentido de que la tensión U_0 únicamente posee el grosor de un material aislante; sin embargo, para la tensión mayor U , el grosor es doble; es decir, el de los dos materiales aislantes de cada conductor, como podemos observar en la figura 5.5.

Siempre la designación de tensiones está referida al **material aislante** que recubre el conductor, independientemente de la cubierta que pueda llevar, ya que esta no garantiza la función de aislamiento; simplemente ejerce la función de separación, de envolvente, de protección contra agentes atmosféricos y corrosión, protección mecánica, etc.

Aunque los cables a utilizar en las instalaciones eléctricas de baja tensión siempre serán de 450/750 V o bien de 0,6/1 kV, existen otros conductores con aislamientos de menor grosor; por tanto, menor tensión nominal de aislamiento. Estos nunca podrán ser utilizados en instalaciones fijas en baja tensión. Su uso está destinado, por ejemplo, a aparatos electrodomésticos, servicios móviles, etc. Las tensiones nominales para estos son de 100/100 V, 300/300 V y 300/500 V, cuya tabla de designación, como veremos más adelante, es la misma que para conductores de 450/750 V, motivo por el cual dicha designación se denomina de hasta 450/750 V.

2.2. Designación

Los cables de baja tensión (BT) se designan, en general, por la tensión de aislamiento máxima asignada. Esta puede ser de hasta 450/750 V o de 0,6/1 kV. El sistema de designación consiste en una secuencia de símbolos en el que cada uno de ellos, según su posición, tiene un significado previamente establecido en la correspondiente Norma UNE.

Para conductores de hasta 450/750 V

Estos cables se rigen por la Norma UNE 20434 (sistema de designación de los cables). Esta norma corresponde a un sistema armonizado (documento de armonización HD 361 de CENELEC) y, por lo tanto, estas especificaciones son de aplicación en todos los países de la Unión Europea.

La siguiente tabla resume su designación que, en adelante, denominaremos conductores de 450/750 V.

Saber más

La tensión nominal de los conductores está referida al «aguante» del aislamiento. En primer lugar, del conductor respecto de tierra, que será la tensión inferior, ya que solo hay una capa de aislamiento y, en segundo lugar, entre conductores, que es la superior, ya que entre ellos hay dos capas de aislamiento y, por tanto, soportará mayor tensión.

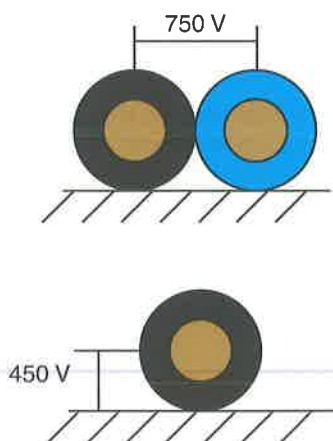


Figura 5.5.



Figura 5.6. Designación de un conductor multi-polar.



	Sigla símbolo	Descripción
Armonización	H ES o ES-N A	Cable de tipo armonizado Cable de tipo nacional Cable de tipo nacional autorizado por CENELEC
Tensión asignada	01 03 05 07	$U_0/U = 100/100$ V $U_0/U = 300/300$ V $U_0/U = 300/500$ V $U_0/U = 450/750$ V
Aislamiento	V V2 V3 V4 B G N2 R S Z Z1	Policloruro de vinilo (PVC) Mezcla de PVC (servicio a 90 °C) Mezcla de PVC (servicio a bajas temperaturas) PVC reticulado Goma etileno propileno Etileno-acetato de vinilo Mezcla de policloropreno Goma de estireno-butadieno Goma de silicona Mezcla reticulada a base de poliolefina de baja emisión de humos y gases corrosivos Mezcla termoplástica a base de poliolefina de baja emisión de humos y gases corrosivos
Cubierta	V V2 V4 B G N N4 N8 Q J R S Z	Policloruro de vinilo (PVC) Mezcla de PVC (servicio a 90 °C) PVC reticulado Goma de etileno propileno Etileno-acetato de vinilo Goma de policloropreno Polietileno clorosulfatado Policloropreno resistente al agua Poliuretano Trenza de fibra de vidrio Goma de estireno-butadieno Goma de silicona Mezcla reticulada a base de poliolefina de baja emisión de humos y gases corrosivos.
Forma del conductor	-U -R -F -H -K -D -E	Rígido circular de un solo alambre (clase 1) Rígido circular de varios alambres (clase 2) Flexible para servicios móviles (clase 5) Extraflexible (clase 6) Flexible para instalaciones fijas (clase 5) Flexible para utilizar en máquinas de soldar Muy flexible para utilizar en máquinas de soldar
Número de conductores y sección	N x G 1,5, 2,5, 4, 6...	Número de conductores (1, 2, 3...) En mangueras sin conductor de protección Cuando en una manguera hay conductor de protección Sección de los conductores en mm ²
Resistencia al fuego	AS AS+	Libre de halógenos, baja emisión de humos y opacidad reducida y no propagador de llama. Además de cumplir AS, debe ser resistente al fuego

Tabla 5.3. Designación de conductores de hasta 450/750 V.

Saber más

Cable: H07VZ1-K 3G4 (AS)

H: Cable tipo armonizado.

07: Tensión asignada 450/750 V.

V: Aislamiento de PVC.

Z1: Cubierta de poliolefina (libre de halógenos).

-K: Flexible (conductores de clase 5).

3G4: 3 conductores de 4 mm², uno de ellos de color verde/amarillo (conductor de protección o de tierra).

(AS): Libre de halógenos, baja emisión de humos y opacidad reducida y no propagador de llama.

Ejemplo

Identifica los siguientes conductores de hasta 450/750 V, cuyo fabricante designa según los códigos siguientes:

a) H07V-K 1×2,5 mm²

b) H07Z1-K 1×10 mm² (AS)

c) H05VV-F 4G4 mm²

a)

H	07	V	-K	1×2,5 mm ²
Conductor de tipo armonizado	Tensión nominal del aislamiento de 450/750 V	Aislamiento de PVC	Flexible para instalaciones fijas (clase 5)	Conductor unipolar de 2,5 mm ² de sección

b)

H	07	Z1	-K	1×10 mm ²	(AS)
Conductor de tipo armonizado	Tensión nominal del aislamiento de 450/750 V	Aislamiento de poliolefina	Flexible para instalaciones fijas (clase 5)	Conductor unipolar de 10 mm ² de sección	Libre de halógenos

c)

H	05	V V	-F	4G4 mm ²
Conductor de tipo armonizado	Tensión nominal del aislamiento de 300/500 V (*)	Aislamiento y cubierta de PVC	Flexible para servicios móviles	Manguera de 4 conductores de 4 mm ² , uno de los cuales es el de tierra

(*) Nota: Los cables de tensión nominal del aislamiento 300/500 se utilizan principalmente para alimentación de receptores móviles y en algunas instalaciones fijas como, por ejemplo, en conductores bajo molduras.

Designa e identifica sobre un dibujo cada una de las partes de una manguera para instalaciones sumergidas de 450/750 V de tipo armonizado, para alimentar una bomba sumergida (3 fases + T) de 4 mm² con aislamiento de goma de estireno-butadieno y cubierta de goma de policloropreno extraflexible de clase 6.

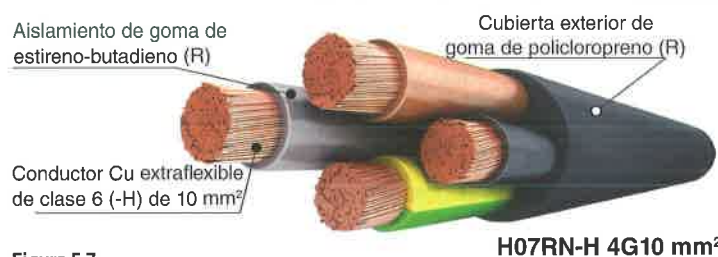


Figura 5.7.

H07RN-H 4G10 mm²

Recuerda

Aunque las cubiertas de los cables tienen propiedades aislantes, su misión no es el aislamiento de los conductores, sino que ejerce la función de envolvente. En el caso de cables multipolares, ofrecen a su vez protección frente a agentes atmosféricos, corrosión y protección mecánica.

Para un cable de dos hilos flexible para servicios móviles de clase 5, de 1,5 mm² (sin TT) para alimentar un receptor móvil, tipo armonizado, con aislamiento y cubierta de PVC, ¿cuál será su designación?

La designación será la siguiente: H05VV-F 2×1,5 mm²

Para conductores de 0,6/1 kV

Estos conductores no están armonizados; es decir, no se ajustan a la designación del apartado anterior, sino que poseen su propio código, según las diferentes normas y fabricantes.

La designación utilizada para estos conductores, según las normas UNE 21123 / IEC 60502 / UNE 21150, es la siguiente:

Aislamiento	R	Polietileno reticulado (XLPE)
	Z1	Poliolefina termoplástica libre de halógenos ⁽¹⁾
	Z	Elastómero termoestable libre de halógenos ⁽²⁾
	V	Policloruro de vinilo (PVC)
	S	Compuesto termoestable de silicona libre de halógenos ⁽²⁾
	D	Elastómero de etileno-propileno (EPR)
		(1) Equivalente a PVC (2) Equivalente a EPR
Pantalla, revestimiento interior, asiento de armadura	C3	Pantalla de hilos de cobre dispuestos helicoidalmente
	C4	Pantalla de cobre en forma de trenza
	V	Policloruro de vinilo (PVC)
	Z1	Poliolefina termoplástica libre de halógenos
		Si no lleva pantalla ni revestimiento interior, ni asiento de armadura, no se utiliza ninguna letra.
Tipo de armadura	F	Fleje de acero dispuesto helicoidalmente
	FA	Fleje de aluminio dispuesto helicoidalmente
	FA3	Fleje de aluminio corrugado longitudinalmente
	M	Corona de hilos de acero
	MA	Corona de hilos de aluminio
Cubierta exterior	V	Policloruro de vinilo (PVC)
	Z1	Poliolefina termoplástica libre de halógenos
	Z	Elastómero termoestable libre de halógenos
	N	Polímero clorado vulcanizado (policloropreno)
Conductor	-K	Flexible de cobre (clase 5) para instalaciones fijas
	-F	Flexible de cobre (clase 5) para servicios móviles
	-D	Flexible para cables de máquinas de soldar
	(Al)	Será de cobre rígido clase 1 o 2 si no existe letra Si el conductor es de aluminio
Tensión nominal	U ₀ /U	Tensión asignada de 0,6 /1 kV
Nº de conductores y sección nominal	N	Número de conductores
	x	En mangueras sin conductor de protección
	G	Cuando exista en una manguera conductor de protección
Resistencia al fuego	AS	Libre de halógenos, baja emisión de humos, opacidad reducida y no propagador de llama
	AS+	Además de cumplir AS, debe ser resistente al fuego

Tabla 5.4. Designación de cables de 0,6/1 kV.

Saber más

Para líneas de distribución aéreas ten-sadas (sobre postes, por ejemplo), se puede emplear conductores con neutro fiador o cables de acero galvanizado fiadores. El neutro fiador es un conductor de aleación de aluminio-magnesio-silicio denominado ALMELEC, que hace que este conductor ofrezca mayor resistencia mecánica.

El conductor neutro ALMELEC (Alm) es de mayor sección que los de fase. Ahora bien, en caso de utilizar cables fiadores de acero, el neutro en líneas de distribución es de menor sección que los de fase a partir de 95 mm².



Figura 5.8. Cuatro conductores trenzados para redes aéreas tipo RZ 06/1 kV Al con cable fiador.

Descripción: se comienza desde el conductor hasta la cubierta exterior, como indica la figura.

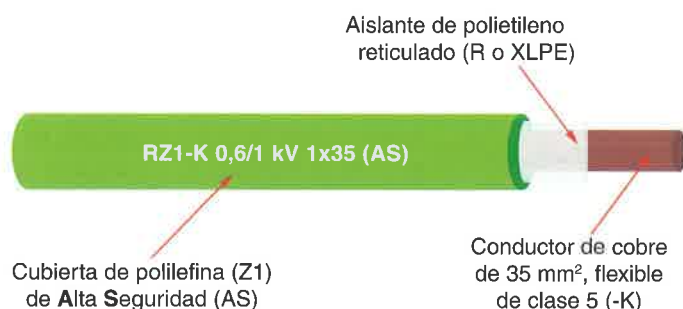


Figura 5.9.



Figura 5.10.

Ejemplo

Identifica los siguientes conductores de 0,6/1kV:

- a) **DZ1-K 0,6/1 kV 1×70 mm² (AS)** b) **RV-K 0,6/1 kV 4G6 mm²**
 c) **RFV Al 0,6/1 kV 3×16 mm²**

a)

DZ1	-K	0,6/1 kV	1×70 mm²	(AS)
Cable con aislamiento de etileno-propileno y cubierta de poliolefina	Flexible (clase 5)	Tensión asignada de 0,6/1 kV	Unipolar de 70 mm² de sección	Libre de halógenos

b)

RV	-K	0,6/1 kV	4G6 mm²
Cable con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de PVC	Flexible (clase 5)	Tensión asignada de 0,6/1 kV	Manguera con 4 conductores de 6 mm², de los cuales uno es un conductor de tierra

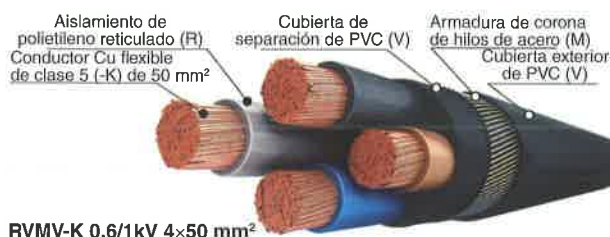
c)

RFV	Al	0,6/1 kV	3×16 mm²
Cable con aislamiento de polietileno reticulado, armadura de flejes de aluminio y cubierta de PVC	De aluminio y se entiende rígido de clase 1 o 2 al no llevar indicación constructiva.	Tensión asignada de 0,6/1 kV	Manguera de 3 conductores de 16 mm²

Actividades

1. Designa una manguera flexible de 450/750 V de 3 conductores utilizada en instalaciones fijas (clase 5). Dicha manguera tiene una sección de 4 mm², un conductor de protección, aislamiento de PVC y cubierta de PVC reticulado.
2. Comprueba el etiquetado de varios cables unipolares o mangueras de 0,6/1 kV que haya en el aula-taller y extrae las conclusiones oportunas.
3. Comprueba un cable de alimentación de un pequeño receptor como, por ejemplo, una radio, una TV, un secador de pelo, etc., en el cual este serigrafiada su designación y extrae las conclusiones oportunas.

Designa e identifica sobre un dibujo cada una de las partes de una manguera armada para locales con riesgo de incendio y explosión de 0,6/1 kV, trifásica (3F+N), flexible de clase 5, de 50 mm² con aislamiento de polietileno reticulado, cubierta separadora de PVC, armadura de corona de hilos de acero y cubierta exterior de PVC.



RVMV-K 0,6/1 kV 4×50 mm²

Figura 5.11.

3. Cálculo de sección de conductores

Para el cálculo de las secciones de los conductores, hay que tener en cuenta varios factores, tales como: modo de alimentación (monofásica o trifásica), naturaleza del conductor (cobre o aluminio), tipo de aislamiento (PVC, XLPE, EPR y equivalentes), tensión de suministro, caída de tensión, potencia prevista o demandada, modo de instalación (al aire o enterrada) y temperatura a la que se someterán los conductores en la instalación.

Una vez conocidos estos datos, el proceso a seguir es el siguiente:

3.1. Cálculo por caída de tensión

Los conductores ofrecen una cierta resistencia al paso de la corriente que depende, entre otros factores, de la sección y longitud. A menor sección y mayor longitud de la línea, mayor resistencia ofrece esta al paso de corriente.

Esta resistencia de los cables provoca que, desde el punto de suministro hasta el punto final de la línea donde se encuentran los receptores, haya una pérdida de tensión que denominamos c.d.t.; esta pérdida de tensión queda en los conductores y se disipa en forma calor.

Si las pérdidas en los cables son elevadas, la tensión en los receptores puede ser muy inferior a la de suministro, lo que provocaría que estos no funcionasen como es debido o que ni siquiera llegaran a funcionar.

Por este motivo, se establecen unas caídas de tensión máximas, que dependerán de la instalación. Estas caídas de tensión suelen venir dadas en tanto por ciento de la tensión de suministro; es decir, si se establece un 3 % de c.d.t. para una línea con una tensión de suministro de 230 V, el valor máximo permitido de caída de tensión será del 3 % de 230 V, es decir:

$$c.d.t.máx = \frac{230 \cdot 3}{100} = 6,9 \text{ V}$$

Esto indica que, desde el punto de suministro (230 V) hasta el punto final de la línea, la mínima tensión que debe tener el punto final de línea será de $230 - 6,9 = 223,1 \text{ V}$, según muestra la figura 5.12. Llegados a este extremo, los 6,9 V contribuyen, en función de la intensidad que circule por los conductores, a disiparse en forma de calor en la propia línea.

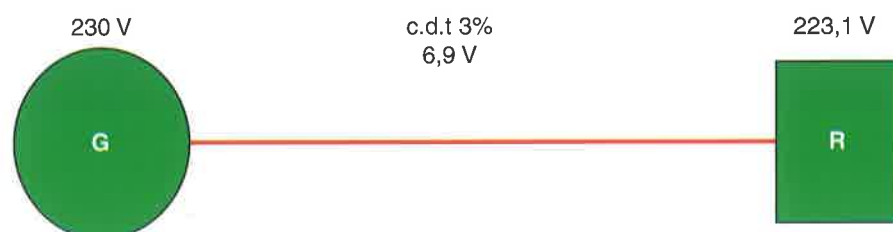


Figura 5.12. Ejemplo de caída de tensión.

Saber más

Para redes eléctricas de distribución aéreas trenzadas que no requieren esfuerzos mecánicos, no es necesaria la utilización del neutro fiador o cable fiador de acero como, por ejemplo, las líneas aéreas posadas sobre fachadas.



Figura 5.13. Conductores trenzados para redes aéreas tipo RV 0,6/1 kV AL.

Actividades

- Un motor es alimentado a través de una línea de 400 V y se pide calcular la c.d.t. en voltios, así como la tensión final en el motor, sabiendo que la pérdida total de la línea (c.d.t. en tanto por ciento) es del 5 %.
- ¿Cuál será la caída de tensión en tanto por ciento de una línea monofásica de 230 V que alimenta un calefactor, si la tensión medida en los bornes de alimentación de un calefactor es de 215 V?

Saber más

Para el cálculo de secciones de conductores, es importante conocer los calibres de las protecciones; es decir, si, por ejemplo, un conductor de 4 mm² soporta en determinadas circunstancias una intensidad máxima de 24 A y la instalación requiere 22 A, dicho conductor no es válido porque entre 22 A y 24 A no hay dispositivo de protección normalizada.

Para **interruptores automáticos** en formato carril DIN, los calibres que podremos encontrar en el mercado son de: 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 63, 80 y 125 A.

Para **fusibles**, los calibres que podemos encontrar en el mercado son: 2, 2,5, 3, 4,5, 6, 10, 16, 20, 32, 35, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630 y 800 A.

Las ecuaciones para el cálculo por c.d.t. son las reflejadas en la tabla 5.5:

Para líneas monofásicas II	Para líneas trifásicas III
$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot e \cdot V}$	$S = \frac{P \cdot L}{K \cdot e \cdot V}$
Donde: S = Sección de la línea en mm² L = Longitud de la línea en metros (m) P = Potencia prevista o demandada en vatios (W) e = Caída de tensión en voltios (V) V = Tensión en voltios (V) K = Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo: A 70 °C la conductividad es de 48 para el cobre y 30 para el aluminio. A 90 °C la conductividad es de 44 para el cobre y 28 para el aluminio. Siendo la T° máx. de trabajo para conductores con aislamiento de PVC/Z1 de 70 °C y de 90 °C para conductores XLPE/EPR.	

Tabla 5.5. Fórmulas para el cálculo de la sección de conductores en función de la caída de tensión (c.d.t.).

Una vez realizado el cálculo de la sección por c.d.t., la sección obtenida será la mínima sección que debe tener una línea para garantizar la caída de tensión máxima establecida.

3.2. Cálculo por intensidad máxima admisible (I_{máx})

También se denomina **cálculo por calentamiento**. Una vez conocida la sección mínima que debe tener la línea obtenida por la c.d.t., se debe comprobar la sección por intensidad con objeto de que el conductor sea capaz de soportar la corriente que transporta. El cálculo se realiza no solo teniendo en cuenta dicha intensidad, sino que también se deben tener en cuenta otros factores, tales como el método de instalación (al aire o enterrados), el tipo de material (cobre o aluminio), la naturaleza de los aislamientos (PVC, XLPE, etc.) y el modo de alimentación (trifásica o monofásica). Las ecuaciones son las reflejadas en la tabla 5.6.

Una vez calculado el valor de la intensidad, hay que calcular la sección mediante tablas. Dichas tablas las encontramos en la **Norma UNE-HD 60.364-5-52:2014**, tanto para cables instalados al aire (bajo tubo, en bandejas, sobre la pared, etc.) como para cables enterrados.

Saber más

Existe un tercer factor a tener en cuenta en el cálculo de secciones denominado **intensidad de cortocircuito**, importante en Alta Tensión pero que, sin embargo, en instalaciones de Baja Tensión no suele considerarse debido a que las protecciones se diseñan para limitar las sobrentensiones a tiempos muy cortos.

Para líneas monofásicas II	Para líneas trifásicas III
$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$
Donde: I = Intensidad de la línea en amperios (A) P = Potencia demandada o prevista en vatios (W) V = Tensión de alimentación en voltios (V) cos φ = Factor de potencia⁽¹⁾	
(1) El factor de potencia nos indica el carácter reactivo de la instalación, de forma que a falta de datos este valor suele ser arbitrario, siendo frecuentemente utilizado el valor de 0,85.	

Tabla 5.6. Fórmulas para el cálculo de la intensidad de consumo de una instalación.

3.2.1. Métodos de instalación y tablas de intensidades máximas

Las tablas de referencia, tanto para el cálculo de las intensidades máximas a diferentes temperaturas como para los diferentes métodos de instalación, así como los diferentes factores de corrección por los que se rigen las instalaciones de baja tensión, vienen reflejados en la **Norma UNE-HD 60.364-5-52** (deroga a la anterior UNE 20.460-5-523). A la hora de elegir las tablas de intensidades máximas de la norma, y mientras no se justifiquen otras temperaturas, en este país los estándares de temperatura serán de 40°C en instalaciones al aire y 25°C en instalaciones enterradas.

Métodos de instalación

La siguiente tabla muestra un resumen de los métodos de instalación:

Al aire	Descripción	Tipo
	Conductores aislados o cables unipolares en tubo en el interior de una pared térmicamente aislante	A1
	Cable multipolar en el interior de una pared térmicamente aislante	
	Conductores aislados o cables unipolares en molduras	
	Cables multipolares en tubo en el interior de una pared térmicamente aislante	A2
	Conductores aislados o cables unipolares en tubo sobre pared de madera o mampostería, o separados de ella a una distancia de 0,3 veces el diámetro del tubo	B1
	Conductores aislados o cables unipolares en canales (incluyendo canales de múltiples compartimentos) sobre una pared de madera o mampostería	
	Conductores aislados o cables unipolares en tubo empotrado en mampostería	
	Conductores aislados o cable unipolar en canales empotrado en el suelo	B2
	Cable multipolar en tubo sobre pared de madera o mampostería, o separado de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo	
	Cable multipolar en canales (incluyendo canales de múltiples compartimentos) sobre una pared de madera o mampostería	
	Cable multipolar en tubo empotrado en mampostería	
	Cable multipolar en canales empotrado en el suelo	

Al aire	Descripción	Tipo
	Cables unipolares o multipolares fijados en una pared o sobre techos de madera o mampostería o separados de la pared al menos de 0,3 veces el diámetro del cable	C
	Instalación fija de un receptor suspendido	
	Cables unipolares o multipolares en bandejas no perforadas en recorrido horizontal o vertical	
	Cables unipolares o multipolares sobre bandejas perforadas en recorrido horizontal o vertical	E o F (*)
	Cables unipolares o multipolares sobre soportes o bandejas de rejilla en recorrido horizontal o vertical	
	Cables unipolares o multipolares en bandeja de escalera	

(*) Multipolares (E) Unipolares (F)

Enterrados	Descripción	Tipo
	Cable unipolar enterrado en tubo (o conducto cerrado de sección no circular)	D1
	Cable multipolar enterrado en tubo (o conducto cerrado de sección no circular)	
	Cables unipolares o multipolares con cubierta en el suelo ■ Sin protección mecánica complementaria	D2
	Cables unipolares o multipolares con cubierta en el suelo ■ Con protección mecánica complementaria	

Tabla 5.7. Métodos de instalación reflejados en la tabla A.52.3 de la Norma UNE-HD 60.364-5-52.

3.2.2. Intensidades máximas admisibles de los conductores para instalaciones al aire

La siguiente tabla muestra las intensidades máximas admisibles ($I_{m\acute{a}x}$) de conductores de cobre al aire para temperaturas de 40 °C reflejadas en la tabla C-52-1 bis de la Norma UNE-HD 60.364-5-52:2014:

A1		3 PVC		2 PVC		3 XLPE		2 XLPE										
A2	3 PVC	2 PVC				3 XLPE		2 XLPE										
B1				3 PVC		2 PVC					3 XLPE				2 XLPE			
B2			3 PVC	2 PVC					3 XLPE		2 XLPE							
C						3 PVC				2 PVC			3 XLPE			2 XLPE		
E								3 PVC				2 PVC			3 XLPE		2 XLPE	
F										3 PVC				2 PVC		3 XLPE		2 XLPE
Sección mm ²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre (instalación al aire)	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	21	23	—
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135
	35	—	—	—	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168
	50	—	—	—	116	121	122	128	138	139	145	151	155	162	167	174	188	204
	70	—	—	—	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262
	95	—	—	—	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320
	120	—	—	—	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373
	150	—	—	—	—	—	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430
	185	—	—	—	—	—	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493
	240	—	—	—	—	—	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	617

Tabla 5.8. Intensidades máximas admisibles reflejadas en la tabla C-52-1 bis de la Norma UNE-HD 60.364-5-52 para conductores al aire a 40 °C.

Ejemplo

Obtén la intensidad máxima admisible de una manguera tipo H07VZ1-K 4G4 mm² grapada en la pared destinada a alimentar un motor trifásico.

En primer lugar, debemos conocer el método de instalación, que lo obtenemos de la tabla 5.7, siendo este el método de **tipo C**.

Finalmente, obtenemos la $I_{m\acute{a}x}$ en la tabla 5.8 partiendo de la fila C y columna 3PVC, al tratarse de una línea trifásica con aislamiento de PVC; siendo, por tanto, la $I_{m\acute{a}x}$ resultante de **26 A**.

B2		3 PVC	2 PVC					3 XLPE		2 XLPE		
C												
E												
F												
Sección mm ²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44

Figura 5.14.



3.2.3. Intensidades máximas admisibles de los conductores para instalaciones enterradas

Los valores de la siguiente tabla son de aplicación para instalaciones enterradas de enlace y para instalaciones enterradas interiores, pero no son aplicables para instalaciones eléctricas enterradas de distribución, para las cuales se deberá consultar la ITC-BT 07.

Intensidades máximas admisibles en instalaciones enterradas para temperaturas del terreno de 25 °C						
Nº de conductores cargados y tipo de aislamiento						
Método de instalación	Sección mm²	2PVC	3PVC	2XLPE	3XLPE	
D1/D2	Cobre enterrado	1,5	20	17	24	21
		2,5	27	22	32	27
		4	36	29	42	35
		6	44	37	53	44
		10	59	49	70	58
		16	76	63	91	75
		25	98	81	116	96
		35	118	97	140	117
		50	140	115	166	138
		70	173	143	204	170
		95	205	170	241	202
		120	233	192	275	230
		150	264	218	311	260
		185	296	245	348	291
		240	342	282	402	336
		300	387	319	455	380

Tabla 5.9. Intensidades máximas admisibles reflejadas en la tabla C-52-2 bis de la Norma UNE-HD 60.364-5-52 para conductores enterrados a temperatura del terreno de 25 °C.

3.2.4. Factores de corrección

Se aplicarán factores de corrección:

- Cuando las condiciones de instalación tanto al aire como enterradas son distintas a las de las tablas C-52-1 bis y C-52-2 bis; es decir, distintas a la temperatura de 40 °C en el ambiente en instalaciones al aire o 25 °C en el terreno en instalaciones enterradas.
- Cuando se instalan más de un circuito bajo una misma canalización.
- Cuando existen agrupaciones de circuitos cercanos entre sí.
- Cuando se canalizan cables en conductos en terrenos con resistividad diferente a 2,5 K · m/W.

a) Factores de corrección por temperatura

Para temperaturas de trabajo distintas a 40 °C en instalaciones al aire o diferentes a 25 °C en el terreno en instalaciones enterradas, la I_m se ajustará según los factores de corrección reflejados en las siguientes tablas:

Aislamiento	Temperatura ambiente (°C)									
Temperatura	10	15	20	25	30	35	45	50	55	60
PVC	1,40	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	0,91	0,82	0,70	0,57
XLPE o EPR	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	0,96	0,90	0,84	0,78

Tabla 5.10. Factores de corrección por T^a para instalaciones al aire. Tabla B-52-14 bis de la Norma UNE-HD 60.364-5-52.

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

Tabla 5.11. Factores de corrección por T^a para instalaciones enterradas. Tabla B-52-15 bis de la Norma UNE-HD 60.364-5-52.

Recuerda

Los cables con aislamientos de poliolefina **Z1**, para determinar sus intensidades máximas admisibles, pertenecen al grupo del **PVC**.

Vocabulario

La denominación de **conductores al aire** no incluye la canalización de cables para redes aéreas, ya que son totalmente diferentes. Recuerda que el montaje de conductores «al aire» incluye todos aquellos que van bajo tubo, en canaletas, en bandejas, grapados sobre la pared, etc.

Ejemplo

Se va a realizar una instalación para una línea trifásica en unas cámaras de almacenaje de frutas donde la temperatura no superará los 10 °C. Se va a utilizar una manguera con cables DZ10,6/1kV 5G6 mm² bajo tubo en montaje superficial. Calcula la $I_{m\acute{a}x}$ del conductor.

El método de instalación es **B2**, y para el aislamiento –D– etileno-propileno (EPR) según la tabla 5.8 la $I_{m\acute{a}x}$ para **3XLPE (equivalente a EPR)** y para una sección de 6 mm² será de **39 A**. Ahora bien, al estimarse en esa instalación que las temperaturas no superarán los 10 °C, haremos una corrección según los factores de corrección de la tabla 5.10, siendo el coeficiente de corrección $FC_{T(10^{\circ}C)}$ para **XLPE/EPR** a 10 °C, de **1,26**. Por tanto, la $I_{m\acute{a}x}$ final será:

$$I_{m\acute{a}x} (a 10^{\circ}C) = I_{m\acute{a}x} (a 40^{\circ}C) \cdot FC_{T(10^{\circ}C)}$$

$$I_{m\acute{a}x} (a 10^{\circ}C) = 39 A \cdot 1,26 = 49,14 A$$

Se va a realizar una canalización enterrada, donde se prevé que la temperatura del terreno pueda alcanzar hasta los 50 °C. Se trata de una canalización trifásica bajo tubo con conductores unipolares RV-K 0,6/1kV 1 × 35 mm². Se pide calcular la $I_{m\acute{a}x}$ del conductor para estas nuevas condiciones de temperatura.

El método de instalación es **D1**, y para una instalación trifásica con aislamiento **XLPE**, según la tabla 5.9 la $I_{m\acute{a}x}$ para cables de 35 mm² será de **117 A**. Ahora bien, al estar sometidos los conductores a condiciones de elevadas temperaturas del terreno, se aplica un coeficiente de corrección, siendo el factor de corrección $FC_{T(50^{\circ}C)}$ según la tabla 5.11 para **XLPE/EPR** a 50 °C, de **0,79**. Por tanto, la $I_{m\acute{a}x}$ final será:

$$I_{m\acute{a}x} (a 50^{\circ}C) = I_{m\acute{a}x} (a 25^{\circ}C) \cdot FC_{T(50^{\circ}C)}$$

$$I_{m\acute{a}x} (a 50^{\circ}C) = 117 A \cdot 0,79 = 92,43 A$$

b) Factores de corrección por agrupamiento

El sobrecalentamiento provocado por agrupaciones de cables próximos entre sí hace disminuir la capacidad de disipar su calor. Esto provoca que se deban aplicar factores de corrección sobre las intensidades máximas de los conductores. Las siguientes tablas reflejan los factores de corrección por agrupaciones de cables para instalaciones al aire y para instalaciones enterradas a 0,7 m de profundidad:

Número de circuitos o de cables multipolares									
Disposición	1	2	3	4	6	9	12	16	20
Agrupados en el aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1,00	0,80	0,70	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
Capa única sobre muros, suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Capa única fijada directamente al techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60
Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70
Capa única sobre bandeja de escalera, soportes o bridas de amarre, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Tabla 5.12. Factores de corrección para grupos de varios circuitos o de varios cables multipolares en instalaciones al aire. Tabla C-52-13 de la Norma UNE-HD 60.364-5-52.

Número de circuitos	Distancia entre cables ^a				
	Nula (cables en contacto)	Un diámetro de cable	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80
7	0,45	0,51	0,59	0,67	0,76
8	0,43	0,48	0,57	0,65	0,75
9	0,41	0,46	0,55	0,63	0,74
12	0,36	0,42	0,51	0,59	0,71
16	0,32	0,38	0,47	0,56	0,68
20	0,29	0,35	0,44	0,53	0,66

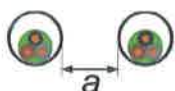
^a Cables multipolares

^b Cables unipolares

Tabla 5.13. Factores de corrección para más de un circuito para cables directamente enterrados a 0,7 m de profundidad. Tabla B-52-18 de la Norma UNE-HD 60.364-5-52.

Número de cables	A) Cables multipolares en conductos individuales				B) Cables unipolares en conductos individuales no magnéticos			
	Distancia entre cables ^a				Distancia entre conductores ^b			
	Nula (cables en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m	Nula (cables en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,70	0,80	0,85	0,90	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90	0,60	0,70	0,80	0,90
7	0,57	0,76	0,80	0,88	0,53	0,66	0,76	0,87
8	0,54	0,74	0,78	0,88	0,50	0,63	0,74	0,87
9	0,52	0,73	0,77	0,87	0,47	0,61	0,73	0,86
10	0,49	0,72	0,76	0,86	0,45	0,59	0,72	0,85
11	0,47	0,70	0,75	0,86	0,43	0,57	0,70	0,85
12	0,45	0,69	0,74	0,85	0,41	0,56	0,69	0,84
13	0,44	0,68	0,73	0,85	0,39	0,54	0,68	0,84
14	0,42	0,68	0,72	0,84	0,37	0,53	0,68	0,83
15	0,41	0,67	0,72	0,84	0,35	0,52	0,67	0,83
16	0,39	0,66	0,71	0,83	0,34	0,51	0,66	0,83
17	0,38	0,65	0,70	0,83	0,33	0,50	0,68	0,82
18	0,37	0,65	0,70	0,83	0,31	0,49	0,68	0,82
19	0,35	0,64	0,69	0,82	0,30	0,48	0,67	0,82
20	0,34	0,63	0,68	0,82	0,29	0,47	0,63	0,81

^a Cables multipolares



^b Cables unipolares



Tabla 5.14. Factores de corrección para más de un circuito de cables en conductos enterrados a 0,7 m de profundidad. Tabla B-52-19 de Norma UNE-HD 60.364-5-52.

c) Factores de corrección de cables en conductos enterrados en terrenos con resistividad diferente a 2,5 K · m/W

No todos los terrenos evacúan de la misma forma el calor provocado por el paso de corriente en los conductores, con lo que para terrenos con resistividad diferente en instalaciones enterradas se aplicarán los factores de la tabla B-52-16 de la Norma UNE-HD 60.364-5-52 que se reflejan en la tabla 5.15.

Recuerda

Para cálculo de cables unipolares o multipolares bajo canalizaciones en canaletas, se utilizarán los métodos de instalación B1 o B2, según corresponda. Sin embargo, en molduras se utilizan los métodos A1 o A2.

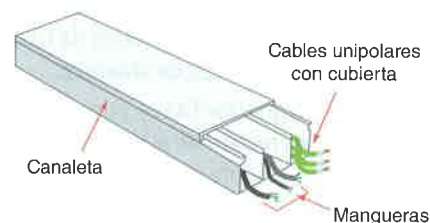


Figura 5.15. Canalización de conductores en canaletas.

Factores de corrección para diferente resistividad térmica del terreno de 2,5K · m/W

Resistividad térmica K · m/W	Factor de corrección para cables en conductos enterrados D1	Factor de corrección para cables enterrados directamente D2
0,5	1,28	1,88
0,7	1,20	1,62
1,0	1,18	1,5
1,5	1,1	1,28
2,0	1,05	1,12
2,5	1	1
3,0	0,96	0,9

Tabla 5.15. Factores de corrección para terrenos con diferente resistividad térmica. Tabla B-52-16 de la Norma UNE-HD 60.364-5.52.

Ejemplo

Se va a realizar una instalación de 4 líneas monofásicas canalizadas en bandeja de rejilla agrupados los cables unos con otros en una capa. Las líneas utilizarán mangueras RZ1-K 0,6/1 kV 3G2,5 mm² (AS).

Partimos, en este caso, de que el método de instalación es al aire de tipo E y calculamos la Imáx de las mangueras de 2,5 mm², de forma que para 2xXLPE la Imáx será de 26 A. Ahora bien, al agrupar 4 circuitos, el calentamiento provocado por esta situación variará la Imáx, que deberá corregirse según la tabla 5.12, siendo el coeficiente de corrección para agrupación de 4 circuitos para bandejas de rejilla o perforadas de FC_{AG} = 0,75; por tanto, la Imáx' será:

$$Imáx' = Imáx (a 40 ^\circ C) \cdot FC_{AG} \rightarrow Imáx' = 26 A \cdot 0,75 = 19,5 A$$

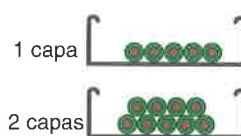


Figura 5.16. Agrupación por capas en bandejas.

Recuerda

El término (AS) significa seguridad aumentada. En la fabricación de cables, se utiliza este término para designar al material que se emplea como aislamiento o cubierta que no es propagador de llama, a la vez que es de baja emisión de humos y gases corrosivos. La utilización de estos, es obligatoria en todos los locales de pública concurrencia (hospitales, cines, bares, etc.), así como en las zonas de uso común de edificaciones de viviendas.

Si lleva la designación (AS+), además se trata de cables resistente al fuego, cables que permiten mantener con seguridad durante un tiempo el servicio eléctrico a los equipos de emergencia de la instalación en caso de incendios.



Figura 5.17. Cable resistente al fuego con aislamiento de silicona.

Ejemplo

Calcula la $I_{m\acute{a}x}$ de un circuito trifásico formado por cables unipolares RV-K 0,6/1 kV $1 \times 35 \text{ mm}^2$, directamente enterrado en contacto mutuo con otros 2 circuitos a una temperatura del terreno de 35°C .

En este caso, existen dos factores de corrección a tener en cuenta: uno por temperatura, debido a que partimos de las $I_{m\acute{a}x}$ dadas a una temperatura del terreno de 25°C y la instalación está sometida a 35°C , y otro por agrupación, al estar los cables enterrados con otros circuitos. El modo de instalación es D2 y la configuración del cable será 3XLPE; por tanto, según la tabla 5.9, la $I_{m\acute{a}x}$ de los conductores será de 117 A.

Para calcular la intensidad máxima final ($I_{m\acute{a}x}'$), tendremos en cuenta los factores siguientes:

Factor de corrección por temperatura (a 35°C) $FC_{T(35^\circ\text{C})} = 0,93$, según la tabla 5.11.

Factor de corrección por agrupación $FC_{AG} = 0,65$ (3 circuitos en contacto mutuo), según la tabla 5.13.

Por tanto:

$$I_{m\acute{a}x}' = I_{m\acute{a}x} (25^\circ\text{C}) \cdot FC_{T(35^\circ\text{C})} \cdot FC_{AG}$$

$$I_{m\acute{a}x}' = 117 \cdot 0,93 \cdot 0,65 = 70,72 \text{ A}$$

La siguiente figura muestra un resumen de las tablas de la UNE HD 63.364-5-52 a utilizar para obtener las diferentes intensidades máximas y los factores de corrección.

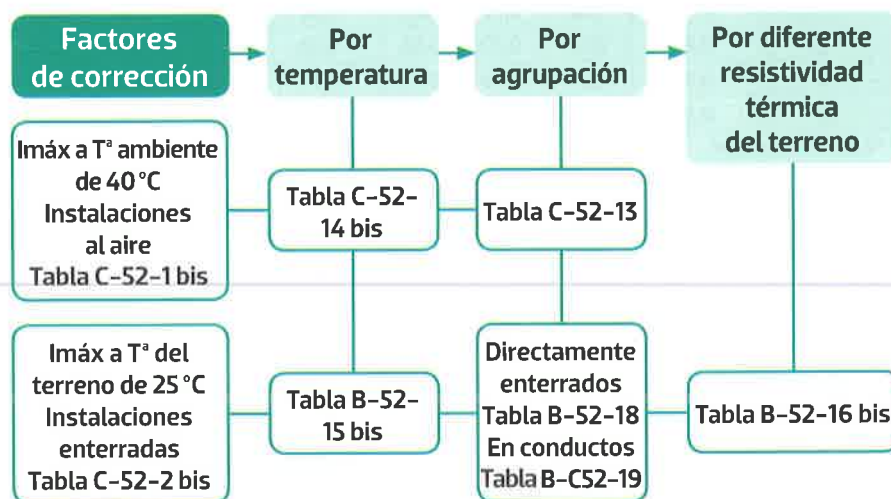


Figura 5.18.

Actividades

6. Indica a qué tipo de método de instalación corresponden las siguientes instalaciones:

Método de instalación	Tipo	Método de instalación	Tipo
Unipolares en bandeja de rejilla	|||||	Unipolares con cubierta directamente enterrados	|||||
Multipolares en canal empotrada en el suelo	|||||	Multipolares en bandeja perforada	|||||
Multipolares en bandeja no perforada	|||||	Manguera grapada sobre el techo	|||||
Unipolares en tubo empotrado en pared	|||||	Unipolares bajo tubo en pared aislante	|||||
Cables en molduras	|||||	Unipolares con cubierta en huecos de la construcción	|||||

3.3. Cálculo de la protección y sección final del conductor

Entre los dos valores de sección obtenidos (por c.d.t o por $I_{m\acute{a}x}$), se toma el mayor, pero este aún puede no ser el resultado final debido a otro factor: **que no exista protección normalizada**. Por tanto, como último paso, debemos comprobar que entre los valores de la intensidad de trabajo (o servicio) y la $I_{m\acute{a}x}$ del conductor haya en el mercado calibres normalizados de interruptores automáticos o fusibles. Para establecer el cálculo, según la Guía BT-22, un dispositivo de protección debe satisfacer contra sobrecargas las dos condiciones siguientes:

1) $I_b \leq I_n \leq I_z$	2) $I_2(I_f) \leq 1,45 I_z$						
Donde: I_b: es la intensidad de trabajo o intensidad de servicio I_s. I_n: es el calibre del dispositivo de protección. I_z: es la intensidad máxima admisible del conductor ($I_{m\acute{a}x}$).	Donde I_2 (para automáticos) o I_f (para fusibles): es la intensidad que asegura la actuación de un dispositivo para largo tiempo. Para interruptores automáticos está garantizado que, frente a una sobrecarga, estos corten antes que la intensidad de sobrecarga supere el 145 % de la $I_{m\acute{a}x}$ del cable; por tanto, con cumplir la primera condición es suficiente. Sin embargo, para fusibles no es así y, por tanto, es necesario comprobar las dos condiciones. Para fusibles gG y gL, la I_f (intensidad de funcionamiento) toma los siguientes valores: <table><tr><td>$I_f = 1,6I_n$</td><td>$I_f = 1,9I_n$</td><td>$I_f = 2,1I_n$</td></tr><tr><td>Si $I_n \geq 16$ A</td><td>Si 4 A < $I_n < 16$ A</td><td>Si $I_n \leq 4$ A</td></tr></table>	$I_f = 1,6I_n$	$I_f = 1,9I_n$	$I_f = 2,1I_n$	Si $I_n \geq 16$ A	Si 4 A < $I_n < 16$ A	Si $I_n \leq 4$ A
$I_f = 1,6I_n$	$I_f = 1,9I_n$	$I_f = 2,1I_n$					
Si $I_n \geq 16$ A	Si 4 A < $I_n < 16$ A	Si $I_n \leq 4$ A					

Tabla 5.16.

Atendiendo a estas condiciones, siempre se realizará la primera comprobación y esta condición será suficiente para interruptores automáticos.

$$I_s \leq I_n \leq I_{m\acute{a}x}$$

En caso de fusibles, se realizarán las dos comprobaciones y, por ejemplo, si se trata de un fusible mayor o igual que 16 A (lo que siempre ocurrirá en instalaciones de derivaciones individuales y líneas generales de alimentación) las dos condiciones podrán resumirse en una ecuación de la siguiente forma:

$$I_s \leq 1,6 I_n \leq 1,45 I_{m\acute{a}x} \rightarrow I_s \leq I_n \leq (1,45/1,6) I_{m\acute{a}x}.$$

Por tanto, la condición será:

$$I_s \leq I_n \leq 0,91 I_{m\acute{a}x} \text{ (para fusibles mayores o iguales que 16 A)}$$

Ahora bien, para cualquier tipo de protección, en el caso de que entre la intensidad de servicio y la intensidad máxima no haya protección normalizada, se deberá aumentar la sección.

En el ejemplo de la figura 5.19, inicialmente la sección para los 3 circuitos será de 1,5 mm²; sin embargo, finalmente solo será válida para el receptor 1, ya que para el resto (con esta sección) no existe protección normalizada.

Receptores	Conductores	$I_s(I_b)$	$I_{m\acute{a}x}$ cable de 1,5 mm ²	I_n
Receptor 1	3xPVC	5,1 A	13,5 A	10 A
Receptor 2	2xPVC	12,17 A	14,5 A	No hay protección
Receptor 3	3xPVC	11 A	13,5 A	No hay protección

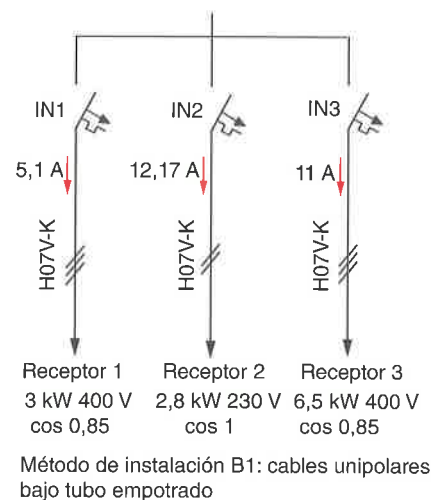


Figura 5.19.

La solución en ambos casos es subir la sección a 2,5 mm², siendo ahora la $I_{m\acute{a}x}$ de 20 A para el receptor 2 y de 18 A para la línea del receptor 3; en ambos casos, se puede utilizar una protección magnetotérmica de 16 A.

Ejemplo

Se pide calcular la sección de una línea trifásica compuesta por conductores unipolares del tipo H07Z1-K (AS) canalizados bajo tubo en montaje empotrado. La temperatura ambiente es de 40 °C, la longitud es de 50 m y la caída de tensión permitida es del 5 %. La potencia instalada en la línea es de 15 kW, siendo la tensión de 400 V y $\cos \varphi = 0,8$.

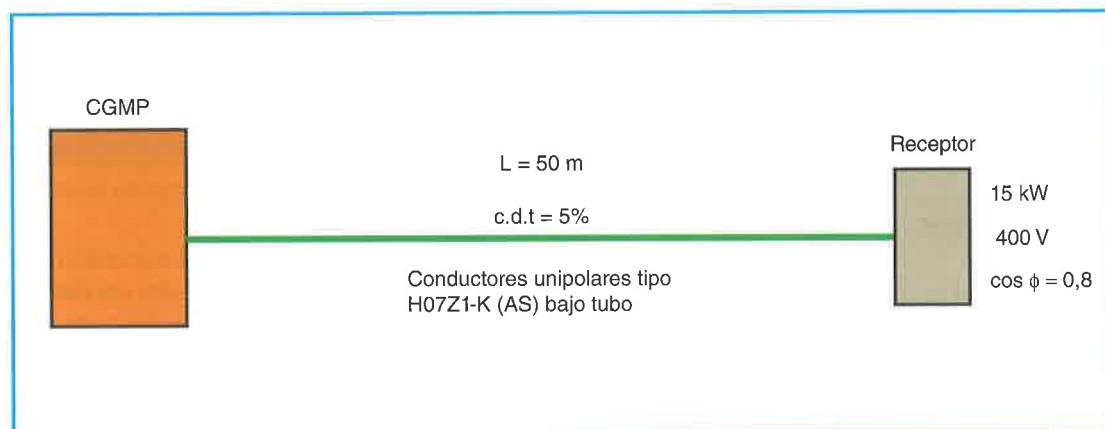


Figura 5.20.

a) Cálculo de la sección por caída de tensión máxima permitida.

La máxima caída permitida será de 20 V (5 % de 400 V).

La conductividad del conductor es de $48 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$, establecida a 70 °C, que es la máxima temperatura del aislamiento de poliolefina (Z1). Por tanto:

$$S = \frac{15000 \cdot 50}{48 \cdot 20 \cdot 400} = 1,95 \rightarrow 2,5 \text{ mm}^2$$

b) Cálculo de la sección por intensidad máxima admisible.

$$I = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 27,06 \text{ A}$$

Se comprueba que el conductor, teniendo en cuenta la canalización utilizada, puede soportar la intensidad de servicio calculada. Para obtener la sección, tenemos en cuenta que el aislamiento de poliolefina (Z1) se considera equivalente al PVC, que el método de instalación es B1 y que se trata de una línea trifásica. El resultado que obtenemos por intensidad máxima admisible, tal como muestra la figura 5.21, inicialmente será de 6 mm² de sección.

Por tanto, de las dos secciones obtenidas (por c.d.t y por $I_{\text{máx}}$), la mínima que se deberá utilizar será de 6 mm². Ahora bien, teniendo en cuenta que la línea se protege con interruptores automáticos, debemos comprobar si hay protección normalizada:

Para cable de 6 mm²: $27,09 \text{ A} \leq I_n \leq 31 \text{ A}$

A2	3 PVC	2 PVC			3 XLPE		2 XLPE						
B1				3 PVC	2 PVC					3 XLPE			
B2			3 PVC	2 PVC					3 XLPE	2 XLPE			
C						3 PVC				2 PVC			3 XLPE
E							3 PVC				2 PVC		
F								3 PVC					
Sección mm ²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85
25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108

Figura 5.21.

En este caso, **no hay protección**, ya que los calibres normalizados de interruptores magnetotérmicos más próximos son 25 A y 32 A y ninguno de ellos es válido; por tanto, debemos subir la sección a 10 mm², cuya $I_{\text{máx}}$ es de 43 A; en este caso, el calibre del interruptor automático podrá ser de 32 A o 40 A.

Para cable de 10 mm²: $27,09 \text{ A} \leq (32 \text{ o } 40 \text{ A}) \leq 43 \text{ A}$

continúa >

» continuación

Calcular la sección (únicamente por $I_{m\acute{a}x}$), teniendo en cuenta que la corriente de servicio de una Línea General de Alimentación (LGA) es de 118 A, está compuesta por 4 conductores unipolares (3 Fases + N) de tipo DZ1-K (AS) bajo tubo empotrado y la protección se realiza mediante fusibles.

El método a utilizar es **B1**, y para cables 3XLPE (D –Etileno–Propileno– **EPR**– es equivalente XLPE) la menor sección del conductor que soporta la intensidad de servicio es de 35 mm², cuya $I_{m\acute{a}x}$ es de 124 A.

Comprobamos si existe protección normalizada, pero en este caso, teniendo en cuenta que las protecciones son fusibles, aplicamos, además de la primera, la segunda condición; es decir, que también se asegure el corte antes de que la Intensidad de sobrecarga supere el 145 % de la intensidad máxima del conductor.

Por tanto, aplicando las ecuaciones de la tabla 5.16, para fusibles mayores o iguales a 16 A, obtenemos los siguientes valores:

$$I_s \leq I_n \leq (1,45/1,6) I_{m\acute{a}x}$$

$$118 \text{ A} \leq I_n \leq 0,91 \cdot 124 \text{ A}$$

$$118 \text{ A} \leq I_n \leq 112,84 \text{ A} \rightarrow \text{No cumple}$$

No hay protección normalizada

Por tanto, en este caso, habrá que subir la sección a 50 mm², cuya $I_{m\acute{a}x}$ es de **151 A**, y aplicando a los fusibles la segunda condición, encontramos calibres de **125 A**, tal como muestra la siguiente ecuación:

$$118 \text{ A} \leq I_n \leq 0,91 \cdot 151 \text{ A}$$

$$118 \text{ A} \leq \mathbf{125} \leq 137,41 \text{ A}$$

Calcula la sección (únicamente por $I_{m\acute{a}x}$) de una línea monofásica con cables unipolares con aislamiento de PVC enterrada bajo tubo que se destina a alimentar una carga de 13 kW, 230 V, $\cos \varphi = 0,9$. El terreno tiene una resistividad térmica de 0,5 K · m/W, es decir, mejores condiciones para que los conductores liberen el calor que en terrenos para los cuales se han dado las tablas de $I_{m\acute{a}x}$ (2,5 K · m/W).

Calculamos la intensidad de trabajo o servicio:

$$I = \frac{13000}{230 \cdot 0,9} = 62,8 \text{ A}$$

El método de instalación es **D1**, con cables de **PVC** en instalaciones monofásicas. En esta situación, la mínima sección que se podrá utilizar es de 16 mm², cuya $I_{m\acute{a}x}$ es de **76 A**. Ahora bien, al ser la resistividad térmica del terreno diferente, vemos que, al aplicar su correspondiente factor de corrección a la $I_{m\acute{a}x}$: $FC_{RT} = 1,28$ (valor obtenido en la tabla 5.15 para una resistividad del terreno menor), podemos deducir que la $I_{m\acute{a}x}$ del conductor aumenta en estas nuevas condiciones.

Comprobamos para un cable de sección menor a 16 mm², por ejemplo, tanteamos con 10 mm² cuya $I_{m\acute{a}x}$ inicial es de **59 A**, siendo ahora, para las nuevas condiciones de terreno, de:

$$I_{m\acute{a}x} (a \text{ } 0,5 \text{ K} \cdot \text{m/W}) = I_{m\acute{a}x} (a \text{ } 2,5 \text{ K} \cdot \text{m/W}) \cdot FC_{RT}$$

$$I_{m\acute{a}x} (a \text{ } 0,5 \text{ K} \cdot \text{m/W}) = 59 \cdot 1,28 = 75,52 \text{ A, valor superior a los } 62,8 \text{ A demandados.}$$

El calibre del interruptor automático lo obtenemos de la siguiente ecuación:

$$62,8 \text{ A} \leq \mathbf{63 \text{ A}} \leq 75,52 \text{ A}$$

3.4. Otras consideraciones para el cálculo de secciones

En todo caso, se deberán tener en cuenta diferentes prescripciones reglamentarias, que se resumen a continuación:

a) En instalaciones interiores:

- La c.d.t. para la **Línea General de Alimentación (LGA)** será del 0,5% cuando los contadores estén totalmente concentrados y del 1% cuando estén concentrados por planta.
- La c.d.t. para la **Derivación Individual (DI)** será del 1% cuando los contadores estén totalmente concentrados y del 0,5% cuando estén concentrados por planta. Para un único usuario, no existe LGA y, por tanto, la c.d.t. de derivación individual será del 1,5%.
- Para los **circuitos interiores** (a partir del CGMP), la caída de tensión será del 3% para alumbrado y del 5% para fuerza, excepto en viviendas, en las que será siempre del 3%.
- Para instalaciones que se alimentan de su propio centro de transformación, su instalación interior se considera a la propia salida del transformador. En este caso, la c.d.t. máxima admisible será del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para fuerza.

Actividades

7. Un instalador debe canalizar una línea trifásica (3 Fases+Neutro+TT) con 5 conductores unipolares de tipo RV-K 0,6/1 kV en una bandeja **no perforada**, siendo una línea de fuerza de 85 m de longitud, potencia de 10 kW, $\cos \varphi = 0,87$ y alimentación a 230/400 V. Se pide calcular la sección de los conductores y la protección de los mismos si la c.d.t. máxima permitida es del 5%.

Recuerda

Coefficiente de simultaneidad

Este coeficiente se aplica en el caso de que una línea alimente a una serie de receptores que no son susceptibles de funcionar simultáneamente, y se define como el cociente entre la máxima potencia que proporciona una instalación eléctrica, y la suma de las potencias nominales de todos los receptores que están conectados a ella.

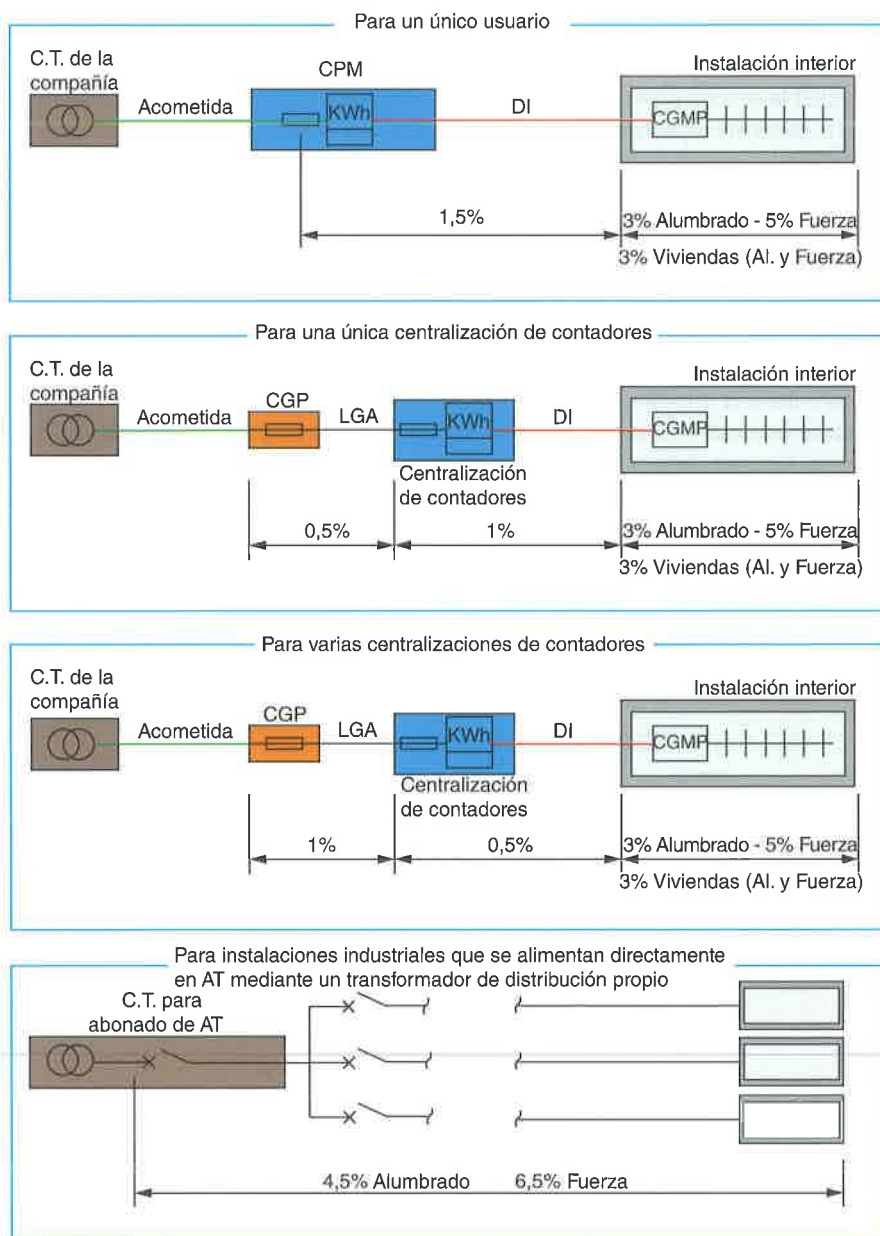


Figura 5.22.

Recuerda

Los motores suelen expresar su potencia mecánica en **Caballos de Vapor (CV)** y la relación entre un CV y la potencia en vatios es de: $1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$. También podemos encontrar en la placa de características el valor de **Caballos de Fuerza (HP)** cuya equivalencia en vatios es de: $1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$.

Para el cálculo de secciones será necesario utilizar la potencia eléctrica absorbida, siendo esta:

$$P_{\text{Absorbida}} = \frac{P_{\text{Mecánica}} (\text{CV}) \cdot 736}{\eta}$$

Donde η es el rendimiento del motor.

b) **Para motores.** Según la ITC-BT 47, los conductores que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de su intensidad a plena carga. Para varios motores, los conductores se dimensionarán para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del **motor de mayor potencia**, más la intensidad a plena carga de **todos los demás**. Esto supone –a efectos de cálculo– multiplicar por 1,25 la potencia, todo ello debido a que los motores en el arranque consumen una mayor intensidad.

Para motores de ascensores, montacargas y aparatos de elevación en general, según la ITC-BT 47, se considerará la intensidad a plena carga por 1,3.

c) **Para lámparas de descarga.** Según la ITC-BT 44 (punto 3.1), para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas, debido al consumo de la reactancia, y será obligatoria la compensación del factor de potencia a un valor mínimo de 0,9.



- d) **Cables fijados sobre las paredes.** Estos deben ser siempre de 0,6/1 kV.
- e) **Conductor neutro.** En las redes de las compañías de distribución de energía eléctrica, la distribución se realiza en trifásica y es común la reducción del conductor neutro respecto de los de fase, debido a que dichas redes se calculan para equilibrar las líneas, siendo la intensidad del conductor neutro menor que las de fase cuanto más equilibradas sean estas. En instalaciones interiores, **únicamente se permite la reducción del conductor neutro** en una única línea, la denominada **Línea General de Alimentación (LGA)**, cuya función es alimentar edificios de viviendas, oficinas, etc. Dicha reducción la podemos ver en la tabla 1 de la ITC-BT 14.
- f) **La Norma UNE-HD 60.364-5-52:2014.** Como hemos visto, habrá que tenerla siempre en cuenta para el cálculo de intensidades máximas admisibles a distintas temperaturas, métodos de instalación, agrupación y tipos de cables y otras condiciones distintas a las recogidas en el REBT.
- g) **Conductores de protección.** Como es evidente, todos los cálculos se realizan para los conductores activos (fase y neutro); sin embargo, el conductor de protección puede reducirse según lo prescrito en la tabla 2 de la ITC-BT 19 en conductores al aire.

Saber más

Guía Técnica de aplicación al REBT

Según esta guía, los conductores deben ser fácilmente identificables. Esta identificación se realiza por los colores que representen sus aislamientos:

- En monofásica, para la fase se utilizará el negro o marrón (el gris solo se utiliza como color para identificación de circuitos) y el azul para el conductor neutro.
- En trifásica, se utilizarán para las fases el color negro, marrón o gris, y el azul para el neutro.

El verde/amarillo, en todo tipo de distribución, se utilizará para el conductor de protección.

Sin embargo, los cables de tensión asignada 0,6/1 kV con aislamiento y cubierta no tienen aplicadas diferentes coloraciones. En este caso, el instalador debe identificar los conductores mediante señalizadores o argollas, etiquetas, cintas aislantes, etc., en cada extremo del cable.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	$S^{(*)}$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

(*) Con un mínimo de:
 2,5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen protección mecánica.
 4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización y no tienen una protección mecánica.

Tabla 5.17. Determinación del conductor de protección en función de los conductores de fase (tabla 2 ITC-BT-19).

Ejemplo

- **Calcula la sección de los conductores de fase, neutro y de protección de una línea que alimenta a un motor trifásico de 25 CV, 400 V, $\cos \varphi = 0,85$, con un rendimiento $\eta = 0,9$. La canalización se realiza mediante tubo en montaje superficial, utilizando cables unipolares H07V-K. La c.d.t. permitida será del 2 % y la longitud será de 150 metros.**

Al ser la carga un motor, multiplicamos la potencia por el factor de 1,25; siendo la potencia de cálculo de:

$$P = \frac{P(\text{CV}) \cdot 736 \cdot 1,25}{\eta} = \frac{25 \cdot 736 \cdot 1,25}{0,9} = 25555 \text{ W}$$

a) Por c.d.t.:

$$S = \frac{25555 \cdot 150}{48 \cdot 8 \cdot 400} = 24,9 \rightarrow 25 \text{ mm}^2$$

b) Por $I_{\text{máx}}$:

$$I = \frac{25555}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 43,3 \text{ A}$$

La sección que garantiza la c.d.t. debe ser de **25 mm²** ($I_{\text{máx}} = 77 \text{ A}$). El conductor de tierra será de **16 mm²** (ver tabla 5.17).

- **Calcula la sección de los conductores de una línea que alimenta a un conjunto de 55 lámparas fluorescentes de 36 W/230 V, con un f.d.p. ($\cos \varphi$) $\geq 0,9$. La canalización se realiza mediante tubo empotrado. Los cables serán unipolares H07Z1-K (AS). La c.d.t. permitida será del 3 % y la longitud es de 15 metros.**

Para lámparas de descarga, la potencia de cálculo será 1,8 veces la potencia nominal de las mismas en compensación de las pérdidas de los equipos y corrientes armónicas, debiendo ser compensadas a un f.d.p. $\geq 0,9$, utilizándose para el cálculo un valor de $\cos \varphi = 1$. Por tanto: $P = 55 \cdot 36 \cdot 1,8 = 3564 \text{ W}$:

a) Por c.d.t.:

$$S = \frac{2 \cdot 3564 \cdot 15}{48 \cdot 6,9 \cdot 230} = 1,4 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2$$

b) Por $I_{\text{máx}}$:

$$I = \frac{3564}{230 \cdot 1} = 15,4 \text{ A}$$

Para cables de 1,5 mm²: $I_{\text{máx}} = 14,5 \text{ A}$ ($< 15,4 \text{ A}$); por tanto, la sección de la línea será de **2,5 mm²**, siendo su $I_{\text{máx}}$ de **20 A**.

Saber más

Para la identificación de conductores, pueden usarse diversos métodos: cinta aislante del color que identifique los conductores, anillas, etc., o incluso medios más sofisticados, como rotuladoras electrónicas, que permiten programar la identificación que será impresa en una cinta adhesiva.



Figura 5.24. Anillas para la identificación de conductores.

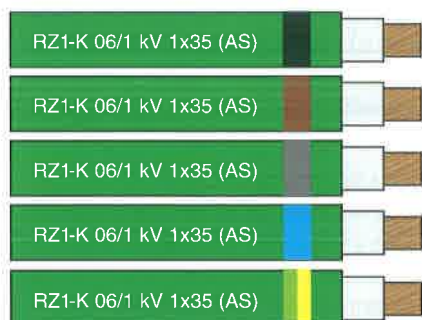


Figura 5.25. Ejemplo de marcado de cables unipolares de 0,6/1 kV con cinta aislante que identifica en los extremos las fases, el neutro y el conductor de protección.

3.5. Reparto de la caída de tensión

En el diseño de instalaciones eléctricas, es común realizar un **reparto de la c.d.t.** entre las diferentes partes de la misma, asignándoles valores parciales de c.d.t. Supongamos, por ejemplo, una línea de alimentación (tal como muestra la figura 5.23) de un cuadro industrial del cual parten dos líneas que alimentan a dos motores. También se destina una potencia adicional de 2000 W para las bases trifásicas industriales adosadas en el cuadro secundario.

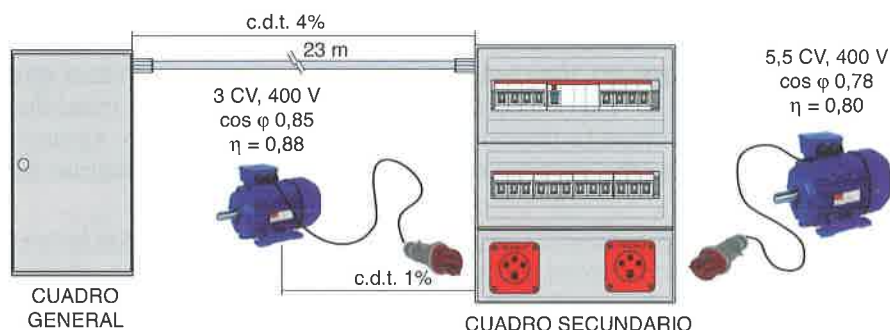


Figura 5.23. Ejemplo de reparto de c.d.t.

Repartimos la c.d.t. de fuerza en dos tramos, estableciendo arbitrariamente un 4% (16 V) desde el CGMP hasta el cuadro secundario, y un 1% desde este hasta cada uno de sus receptores. Si realizamos los cálculos:

$$P = 2000 + \frac{3 \cdot 736}{0,88} + \frac{5,5 \cdot 736 \cdot 1,25}{0,8} = 2000 + 2509 + 6325 = 10834 \text{ W}$$

Establecemos igualmente un factor de potencia ($\cos \varphi$) arbitrario, por ejemplo, de 0,88 con lo cual la intensidad demandada será de:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{10834}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,88} = 17,76 \text{ A}$$

Calculamos la sección de la línea que alimenta al cuadro secundario por c.d.t., y vamos a considerar la conductividad del cobre para la máxima T^3 de trabajo de los cables de PVC ($K_{70^\circ\text{C}} = 48 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$).

$$S = \frac{P \cdot L}{K \cdot e \cdot V} = \frac{10834 \cdot 23}{48 \cdot 16 \cdot 400} = 0,81 \text{ mm}^2 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2$$

Para cables unipolares de PVC bajo tubo, según la tabla 5.8, para el método de instalación B1-3PVC de 1,5 mm² tiene una $I_{\text{máx}}$ de 13,5 A, intensidad menor que la demandada. Por tanto, en un principio debemos utilizar un conductor de 2,5 mm², el cual tiene una $I_{\text{máx}}$ de 18 A; ahora bien, entre 17,76 A y 18 A, no hay protección normalizada, lo que nos obliga a subir la sección a 4 mm², cuya $I_{\text{máx}}$ es de 24 A y se colocará un automático de 20 A. Si consideramos la c.d.t. real de esta línea, podremos observar que es muy baja, siendo de:

$$e = \frac{10834 \cdot 23}{48 \cdot 4 \cdot 400} = 3,24 \text{ V} \rightarrow 0,81\% \text{ de } 400 \text{ V}$$

Con lo cual, para los motores y las tomas adicionales a las cuales se podrán conectar receptores a través de clavijas industriales y cuya longitud no está determinada, disponemos de una caída de tensión de:

$$\text{c.d.t. para receptores} = 5\% - 0,81\% = 4,19\%$$

Bastante más que el 1% establecido inicialmente.

Ejemplo

En una panadería, se instala un horno de 6 kW/230 V situado a 80 m del CGMP. Para ello, se tiende una línea con conductores unipolares de cobre con aislamiento de PVC, instalados en canaletas. (c.d.t. máxima permitida 5 % = 11,5 V). Siguiendo el procedimiento estudiado para el cálculo de secciones, obtendríamos una sección de 10 mm², con una protección mediante interruptor magnetotérmico de 40 A.

Realiza los cálculos necesarios e indica qué ocurriría si, por diversas circunstancias, se realizará la instalación en las siguientes condiciones:

a) $S = 6 \text{ mm}^2$; Protección = 32 A

b) $S = 10 \text{ mm}^2$; Protección = 32 A

c) $S = 6 \text{ mm}^2$; Protección = 40 A

a) La sección de 6 mm² produce una caída de tensión:

$$e = \frac{2 \cdot 80 \cdot 6000}{48 \cdot 6 \cdot 230} = 14,49 \text{ V (6,3\%)}$$

Por tanto, supera un poco la c.d.t. máxima permitida, pero el cable está protegido, pues $I_{\text{máx}} = 34 \text{ A}$.

Esta $I_{\text{máx}}$ está fuera de lo que marca la reglamentación, se podría admitir pues no afecta al funcionamiento y la seguridad de la instalación.

b) La sección de 10 mm² produce una caída de tensión menor de 11,5 V y el cable está protegido, pues $I_{\text{máx}} = 46 \text{ A}$.

La elección es correcta y podría admitir una protección de 40 A, que permitiría conectar en un futuro algún receptor más en este circuito.

c) La sección de 6 mm² produce una caída de tensión, como hemos visto antes, de 14,49 V; por tanto, supera un poco la c.d.t. máxima permitida y el cable no está protegido, pues $I_{\text{máx}} = 34 \text{ A}$.

No se podría admitir, pues, en caso de sobreintensidad por avería o por la conexión de otro receptor, se produciría un sobrecalentamiento en la línea que afectaría a la seguridad de la instalación, pudiendo provocar un incendio.

Se desea instalar una toma de corriente trifásica para alimentar una tronzadora con un motor de 4 kW, $\cos \varphi = 0,85$. La instalación se realiza mediante una manguera de tipo RV-K 0,6/1 kV (3F + T) grapada sobre la pared. Esta línea parte de un cuadro secundario y tiene una longitud de 12 m, estableciendo en este caso una c.d.t. del 1%.

Al ser un motor, para el cálculo de sección, la potencia del mismo deberá multiplicarse por 1,25. Calculamos la sección de la línea:

a) Por c.d.t.

$$S = \frac{4000 \cdot 1,25 \cdot 12}{48 \cdot 4 \cdot 400} = 0,78 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2$$

b) Por $I_{\text{máx}}$.

$$I = \frac{4000 \cdot 1,25}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 8,49 \text{ A}$$

El método de instalación será C (cables grapados sobre la pared).

Comprobamos en la tabla C-52-1 bis (tabla 5.8), fila C, 3XLPE, columna 9b, que el cable de 1,5 mm² tiene una $I_{\text{máx}}$ de 20 A.

Finalmente comprobamos que entre 8,49 A y 20 A existen varias protecciones, pudiendo utilizar automáticos con calibres de: 10 A, 16 A o 20 A.

Saber más

La evolución de monóxido de carbono (CO) es lenta y reducida en los cables **libres de halógenos**. Según indican diferentes estadísticas, los 3 o 4 minutos iniciales son cruciales para evitar las víctimas ocasionadas por incendios.

1 ppm equivale a 1 mg de CO por millón de mg de aire. 100 ppm de CO ya supone un nivel de alarma, nivel que no se alcanza en cables libres de halógenos hasta transcurridos aproximadamente unos 9 minutos.

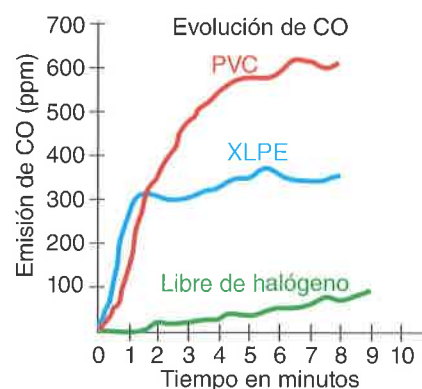


Figura 5.26. Gráfica comparativa de emisión de monóxido de carbono (CO) entre cables libres de halógenos, XLPE y PVC.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Material

- Un IGA de 4×20 A, un interruptor diferencial de 4×25 A/30 mA, 2 interruptores automáticos de 2×16 A, un interruptor automático de 2×10A, 2 interruptores horarios de esfera y 2 contactores de 20 A
- Un interruptor rotativo de doble cámara y 2 lámparas de señalización
- Un interruptor crepuscular.
- Mangueras de 3G2,5 y 3G1,5
- Canaletas de 20×50 mm y 12×30 mm
- Cuatro cajas de derivación de 75×75×32 mm
- Carril DIN, codos para canaletas de 20×50 mm y 12×30 mm, regletas de conexión, 6 portalámparas y 6 lámparas

Cálculo de secciones de una instalación de alumbrado led de un jardín y montaje de la instalación

Objetivo

Realizar el cálculo de sección de conductores y montaje del cuadro de control de la instalación de alumbrado de una terraza ajardinada de un hotel. Se utilizarán dos líneas de focos led de 200 W empotrados en el suelo y los conductores serán multipolares tipo RZ1-K 0,6/1kV en dos tubos enterrados, cuyo esquema de distribución se muestra en la figura 5.27.

Desarrollo

1. Se canalizan dos líneas de alumbrado de 92 m cada una en tubos separados en contacto mutuo y enterrados en una misma zanja a 50 cm de profundidad. Cada línea tiene un consumo de 1600 W, alimentando 8 focos led de 200 W empotrados en el suelo.

El cuadro de control se diseña de tal manera que los focos se encenderán de forma automática desde las 19:00 h hasta la 1:30 h. Se utilizará un interruptor crepuscular para optimizar el encendido y evitar que, en horario de verano, se puedan encender los focos en horas de luz solar.

Por otro lado, habrá dos tramos horarios: un tramo de luz intensiva, que va desde las 19:00 h hasta las 22:30 h y en el que todos los focos estarán encendidos, y otro tramo, que va del 22:30 h hasta las 1:30 h, en el cual solo permanecerán encendidas las lámparas conectadas a la línea 1.

Se dispondrá de un interruptor de encendido permanente para tareas de mantenimiento y de dos lámparas de señalización que indicarán el estado de los focos en el cuadro de mando.

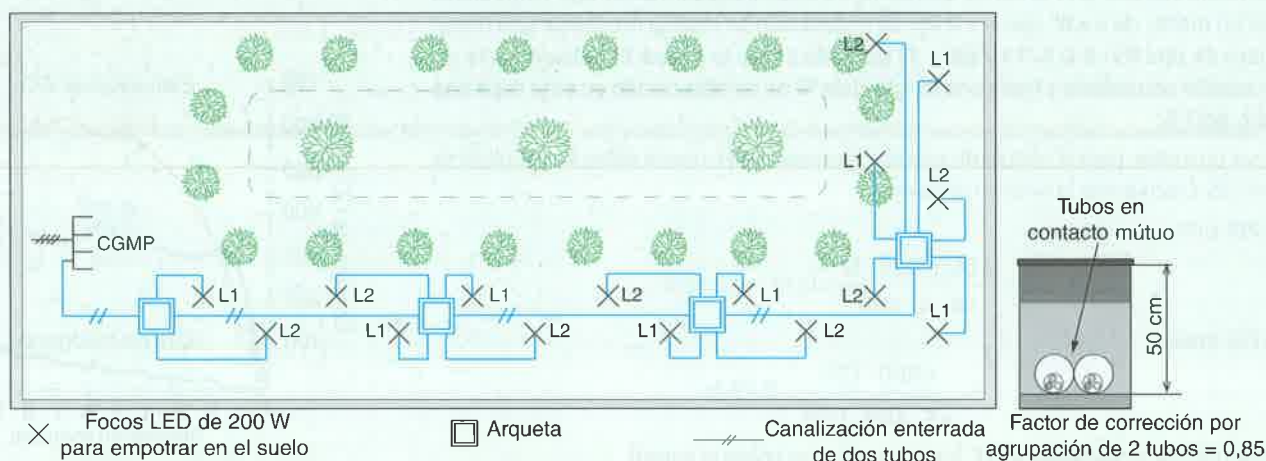


Figura 5.27. Distribución de la instalación de alumbrado del jardín.

2. El instalador electricista determinará la sección del cable a utilizar, teniendo en cuenta que utilizará mangueras de aislamiento XLPE con cubierta de poliolefina (Z1) bajo tubo enterrado (método de instalación D1). Igualmente, se calcularán las protecciones y equipos de control. La instalación eléctrica a ejecutar se realizará:

- Montando un cuadro de protección y control y externamente se instalará un interruptor crepuscular.
- La línea 1 y la línea 2 se conectarán a las fases L1 y L2, respectivamente, y estarán controladas por un interruptor crepuscular y dos interruptores horarios. El mando se conecta a la fase L3.

3. Los cálculos obtenidos para esta instalación enterrada son los de la siguiente tabla:

Circuito	Tensión (V)	Potencia (W)	I (A)	L (m)	c.d.t. (%)	Sección (mm ²)	I _{máx} (A)	Protección (A)
Línea 1 y 2	230	1600	6,95	92	3	4,21→6	$53 \cdot 0,85 = 45,5$	16

Tabla 5.18.

En este caso, para una canalización de conductores multipolares con aislamiento XLPE bajo tubo enterrado (método D1), sería suficiente con una sección de 1,5 mm², cuya I_{máx} corregida por agrupación ($24 \cdot 0,85 \text{ A} = 20,4 \text{ A}$) es superior a la demandada (6,95 A), pero no cumple la caída de tensión, demandando una sección de 6 mm² cuya I_{máx} es de $53 \cdot 0,85 = 45,5 \text{ A}$, que está muy por encima de la de servicio.

De la arqueta a la lámpara, la sección será de 2,5 mm².

La protección podrá estar entre 10 A y 40 A; se elige 16 A.

4. Realiza el montaje práctico utilizando para simular la canalización canaletas y cajas de superficie. Por otro lado, reduce el número de lámparas a colocar en el panel de pruebas tal como muestra la figura 5.29, y baja la sección de los cables para la simulación utilizando mangueras de 2,5 mm² para las líneas L1 y L2, y de 1,5 mm² desde los registros a las lámparas.

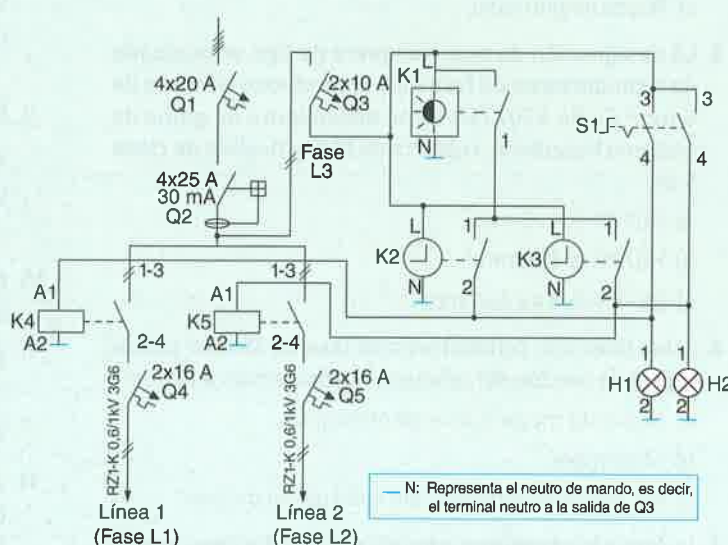


Figura 5.28. Esquema eléctrico del CGMP.

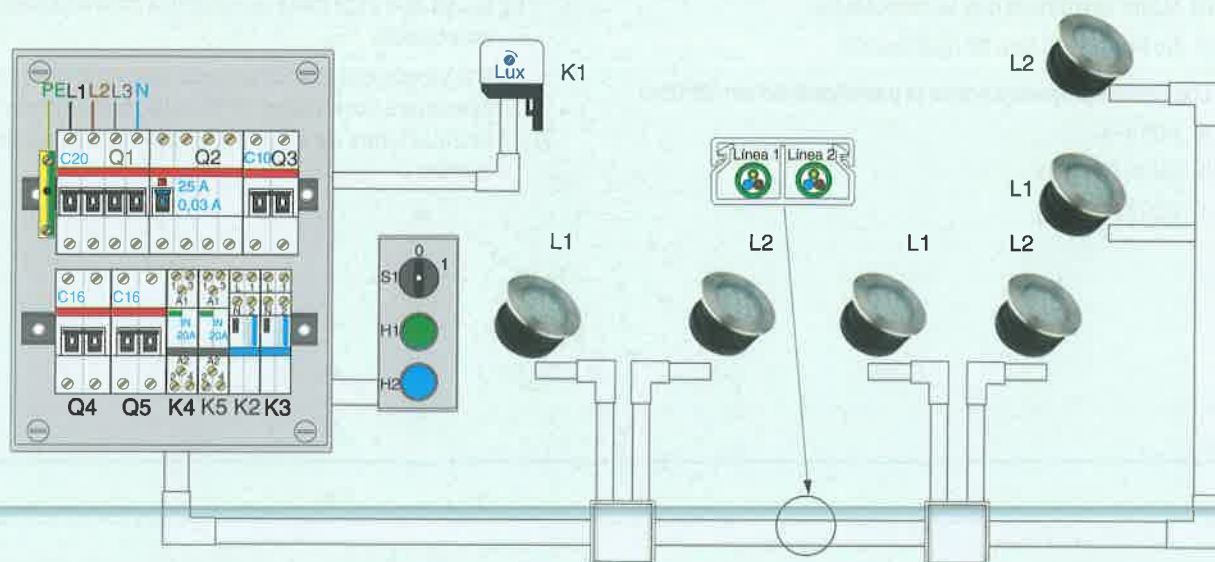


Figura 5.29. Montaje de la instalación eléctrica del jardín.

TEST DE EVALUACIÓN

RESUELVE EN TU CUADERNO O BLOC DE NOTAS

1. ¿Un cable rígido es aquel que siempre lleva un solo hilo?
 - a) Sí.
 - b) Sí, solo si el cable es de 450/750 V.
 - c) No, ya que existen conductores rígidos de varios hilos.
2. ¿Para realizar la designación de los conductores se comienza desde la cubierta hasta el aislamiento que recubre el conductor?
 - a) Sí, pero solo en cables de 0,6/1 kV.
 - b) Sí, pero solo en cables de 450/750 V.
 - c) No, en ningún caso.
3. La designación de una manguera de tipo armonizado de 3 conductores de fase más el conductor de tierra de 6 mm² Cu de 450/750 V con aislamiento de goma de estireno butadieno, cubierta de PVC y flexible de clase 5 es:
 - a) H07VR-K 4×6 mm².
 - b) H07RV-K 4G6 mm².
 - c) RV-K 0,6/1 kV 4×6 mm².
4. ¿Una línea con conductores de fase de 35 mm² puede reducir la sección del conductor de protección a 16 mm²?
 - a) Sí, si está mecánicamente protegido.
 - b) Sí, siempre.
 - c) No, nunca, ya que debe ser igual que el de fase.
5. La intensidad máxima admisible de conductores de una línea monofásica de la misma sección que una trifásica en cables enterrados será:
 - a) Mayor la monofásica que la trifásica.
 - b) Mayor la trifásica que la monofásica.
 - c) No importa el tipo de distribución.
6. Los cables grapados sobre la pared podrán ser de tipo:
 - a) H05V-K.
 - b) RV-K 0,6/1 kV.
 - c) H07Z1-K (AS).
7. ¿Para las líneas generales de alimentación de edificios de viviendas, locales comerciales y oficinas, podrá reducirse el neutro?
 - a) Sí, el neutro podrá reducirse a la mitad siempre.
 - b) Sí, a partir de una sección determinada.
 - c) No, el neutro nunca podrá reducirse.
8. ¿La conductividad de los conductores varía con la temperatura?
 - a) No, nunca.
 - b) Sí, siempre.
 - c) Sí, pero solo cuando existen agrupaciones de conductores.
9. El método de instalación para cables en molduras es:
 - a) B1.
 - b) A1.
 - c) C.
10. Para el cálculo de la Imáx, los conductores con aislamientos de poliolefina son equivalentes a:
 - a) EPR.
 - b) PVC.
 - c) XLPE.
11. ¿Para el cálculo de líneas de distribución enterradas en baja tensión, se utilizará la tabla C-52-2 bis de la Norma UNE-HD 60.364-5-52:2014?
 - a) Sí, ya que esta tabla refleja las intensidades máximas para todo tipo de conductores enterrados en baja tensión.
 - b) No, ya que esta tabla no se utiliza para instalaciones enterradas.
 - c) No, ya que esta tabla solo es aplicable para canalizaciones enterradas de instalaciones interiores e instalaciones de enlace y no para líneas de distribución.

ACTIVIDADES FINALES

1. Se van a instalar en una industria una bandeja perforada, según muestra la figura 5.30, para canalizar una línea trifásica de fuerza compuesta por 5 conductores unipolares (3 fases + N + TT) de tipo RZ1-K 06/1kV (AS), agrupada junto a otros 5 circuitos. La longitud de dicha línea es de 28 m.

Se pide calcular la sección de los conductores de la línea, teniendo en cuenta que la potencia demandada es de 40 kW, tensión de 400 V, $\cos \varphi = 0,85$ y c.d.t. = 5%.

Igualmente, establece la reducción de la sección del conductor de protección según la tabla 2 de la ITC-BT 19.

2. La LGA de un edificio de viviendas está compuesta por 4 conductores unipolares (3 fases + Neutro) tipo DZ1-K 0,6/1kV (AS) en montaje enterrado bajo tubo a una temperatura del terreno de 15 °C y con una resistividad térmica del terreno de 1 K · W/m. La potencia total del edificio es de 130 kW, tensión de 400 V, $\cos \varphi = 0,85$. La longitud es de 15 m y se establece una c.d.t. de 0,5%.

Se pide:

- La sección de los conductores de fase.
- La reducción del conductor neutro (ver tabla 1 ITC-BT 14).

3. Una línea compuesta por 4 conductores (3 fases + TT) tipo H07V-K, que parte de un cuadro general hasta un cuadro secundario bajo tubo, en montaje superficial, y alimenta 4 motores cuyas características son las siguientes:

M1 = 1,5 kW, 400 V, $\cos \varphi = 0,88$.

M2 = 2 kW, 400 V, $\cos \varphi = 0,85$.

M3 = 11 kW, 400 V, $\cos \varphi = 0,78$.

M4 = 7,5 kW, 400 V, $\cos \varphi = 0,87$.

Siendo la distancia de dicha línea 50 m, se pide:

Calcular la sección de los conductores estableciendo un $\cos \varphi$ arbitrario, teniendo en cuenta que hay que realizar reparto de c.d.t. inicial de dicha línea desde el cuadro general hasta el cuadro secundario, y desde el cuadro secundario hasta los motores y, una vez calculada la sección, obtén la c.d.t. real de dicha línea.

4. Calcula la sección de una manguera monofásica tipo RV-K 0,6/1kV grapada junto a otras tres mangueras. Esta se destina a alimentar un circuito de alumbrado compuesto por 10 lámparas de descarga de 100 W/230 V, siendo la distancia de 50 m.
5. Una línea monofásica compuesta por 3 conductores tipo H07V-K (Fase + Neutro + TT) se canaliza bajo tubo en montaje empotrado y se destina a alimentar 30 focos led de 200 W/230 V, siendo la longitud de la misma de 40 metros. Se pide calcular la sección de dichos conductores.

6. Calcula la sección de las dos líneas trifásicas en las dos situaciones (a y b) e indica cuál de los dos repartos es más coherente.

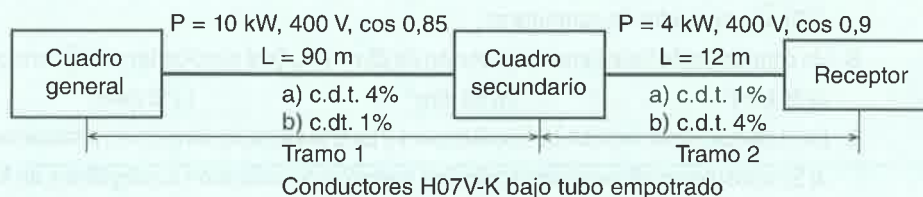
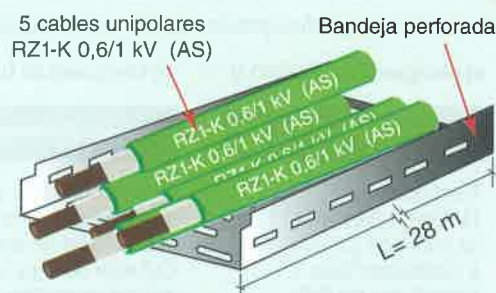


Figura 5.32.



Nota: para la $I_{m\acute{a}x}$ de conductores unipolares en canalizaciones en bandejas perforadas, se considera el método de instalación de tipo E o F.

Figura 5.30.

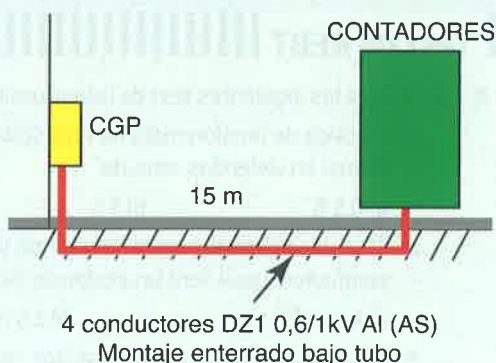


Figura 5.31.

ACTIVIDADES FINALES

- 7. Realiza la designación de los conductores representados en la figura 5.33.

a) Manguera de 450/750 V



5 conductores
(3 fases + Neutro + TT)
de cobre de 2,5 mm²
Extraflexible clase 6
Aislamiento de PVC
Cubierta de goma
de silicona

b) Manguera de 0,6/1 kV



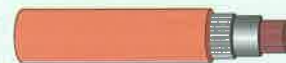
3 conductores de aluminio
de 16 mm² rígidos
Aislamiento de etileno propileno
Cubierta de separación de PVC
Armadura de flejes de aluminio
Cubierta exterior
de policloropreno

c) Cable unipolar de 0,6/1 kV



Un conductor de cobre
flexible de 95 mm²
Aislamiento de polietileno
reticulado
Cubierta de poliolefina

d) Cable unipolar de 0,6/1 kV



Un conductor de cobre
de 150 mm² flexible
Aislamiento
de etileno-propileno
Armadura de flejes
de acero
Cubierta de PVC

Figura 5.33.

Test de REBT

- 8. Realiza los siguientes test de la instrucción ITC-BT 19 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

- La caída de tensión máxima en instalaciones eléctricas interiores para circuitos de fuerza, exceptuando las instalaciones en viviendas, será de:
 - 0,5 %
 - 3 %
 - 1,5 %
 - 5 %
 - 1 %
- Si se desea instalar un conductor de tierra en una instalación ya instalada con cables de 2,5 mm² que no posee dicho conductor, ¿cuál será la sección de dicho conductor, si este no se protege mecánicamente?
 - 4 mm²
 - 2,5 mm²
 - 6 mm²
 - 1,5 mm²
- ¿Cuál será la máxima c.d.t. para los circuitos de fuerza en una industria que posee su propio transformador de media a baja tensión?
 - 5 %
 - 4,5 %
 - 3 %
 - 1 %
 - 6,5 %
- Para una línea que alimenta en un taller de construcciones metálicas a un grupo de soldadura, la máxima caída de tensión desde el origen de la instalación será de:
 - 4,5 %
 - 6,5 %
 - 3 %
 - 5 %
- En una línea el conductor de fase es de 50 mm², ¿cuál será la sección del conductor de protección?
 - 16 mm²
 - 50 mm²
 - 25 mm²
 - 35 mm²
- En instalaciones eléctricas de interiores, los conductores deberán ser:
 - Únicamente de cobre.
 - De cobre o aluminio.
 - De aleaciones de cobre.
- Para el cálculo de la c.d.t. de instalaciones interiores, se tomará:
 - Desde la línea de distribución.
 - Desde el origen de la instalación interior o CGMP.
 - Desde el cuadro de contadores
- Un conductor de fase tiene una sección de 25 mm². ¿Qué sección tendrá el conductor de protección?
 - 25 mm²
 - 35 mm²
 - 16 mm²
 - 6 mm²
- En el cálculo de la sección de conductores y para la caída de tensión en instalaciones interiores receptoras:
 - Se consideran alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.
 - Se consideran alimentados todos los aparatos de utilización no susceptibles de funcionar simultáneamente.
 - Se considera un coeficiente de simultaneidad de uso del 3 % para alumbrado y del 5 % para fuerza.
 - Se considera siempre un coeficiente de simultaneidad del 3 %

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Material

- Ordenador con acceso a internet y/o móvil
- Software CableApp

Cálculo de secciones mediante software

Objetivo

Conocer los diferentes programas de cálculo de instalaciones.

Desarrollo

1. Como ejemplo, se va a realizar el cálculo rápido mediante software de varias secciones de conductores en diferentes instalaciones. Los conductores a calcular son los siguientes:

Nº Inst.	Tipo de instalación	Potencia (kW)	Tensión (V)	II/III	cos ϕ	c.d.t. (%)	Longitud (m)	Nº Circ. agrupados	Temperatura	Canalización	Conductor
1	Der. Individual	9,2	230	II	1	1	28	6	40 °C	Tubos en huecos de construcción	Unipolar H07Z1-K (AS)
2	Motor	10,8	400	III	5	5	17	9	55 °C	En bandeja perforada	Multipolar RV-K 0,6/1kV
3	Alum. led	6	230	II	3	3	40	1	40 °C	Grapado en la pared	Multipolar RV-K 0,6/1kV
4	LGA	60	400	III	0,5	0,5	25	2	15 °C	En tubos enterados	Unipolar RZ1-K 0,6/1kV (AS)

2. CableApp es un software gratuito que ofrece el fabricante de cables Prysmian al que puedes acceder a través de la dirección: <http://www.cableapp.com/>. En la web podremos realizar el cálculo o acceder a las fichas técnicas de los cables. Comenzaremos dando los datos de nuestras instalaciones.
3. Posteriormente se eligen las diferentes canalizaciones según los tipos de instalaciones estipuladas en el REBT. En nuestro caso, la primera instalación (una derivación individual) se realiza bajo tubos alojados en huecos de construcción⁽¹⁾ junto con otros 5 tubos que albergan otros circuitos.

(1) Para establecer el método de instalación consultamos la **tabla A.52.3** de la norma **UNE-HD 30.364-5-52**. En este supuesto se utiliza un hueco de la construcción con una profundidad igual a 3 veces el diámetro exterior del tubo (véase la figura 5.34) que según la **referencia 42** de la misma tabla, el método de instalación es **B2**.

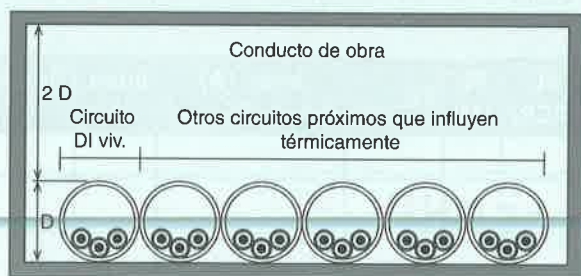


Figura 5.34. Canalización de la derivación individual.

SELECCIONAR CABLE

POR SISTEMA DE INSTALACIÓN

Tipo de instalación (REBT o RLAT)

ITC-BT 15 Derivaciones individuales

Sistema de instalación

Bajo tubo, canal* o conducto de sección no circular

Sistema de instalación 2

En huecos de construcción

CONFIRMAR

Figura 5.35. Establecimiento del sistema de instalación.

Para la segunda y tercera instalación se partirá de **Instalaciones interiores o receptores en general**. Para la cuarta el cálculo se iniciará partiendo de **Líneas Generales de Alimentación (LGA)**.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

continuación

4. La siguiente acción será elegir el tipo de conductores. Para la primera instalación buscamos conductores unipolares libres de halógenos tipo H07Z1-K (AS) de entre los que ofrezca el fabricante.



Figura 5.36. Elección de conductores.

5. En la siguiente pantalla se establecerán los datos de la instalación (figura 5.37).

Establecemos una separación de 0 m (contacto mutuo).

Para la segunda instalación se aplicará un **coeficiente por receptor** de 1,25 y consideramos que la potencia dada es la absorbida (se establece un rendimiento del 100 %). En esta instalación los conductores se canalizan en una sola capa.

Figura 5.37.

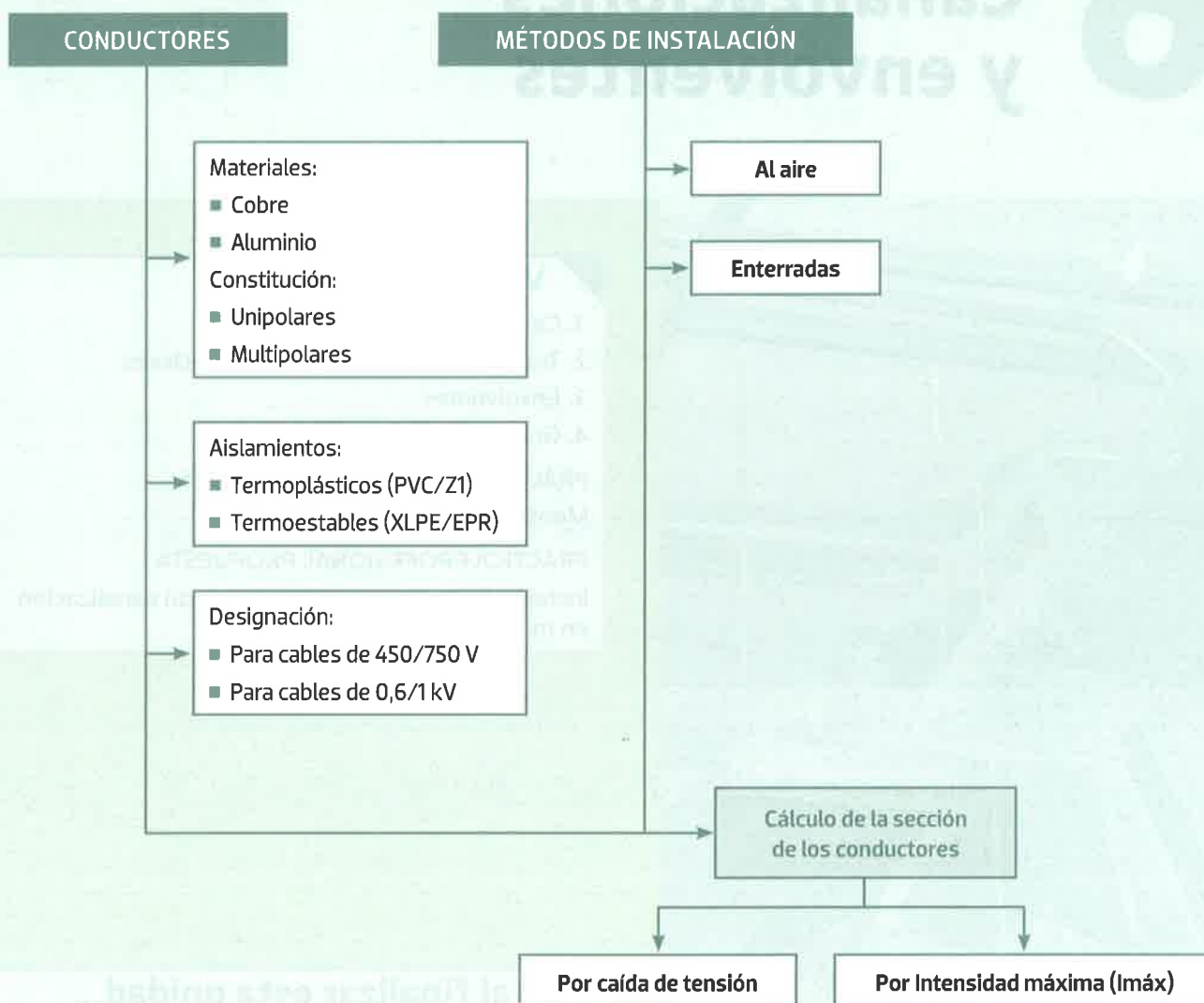
6. Rellena la tabla de resultados que has obtenido mediante el software.

Nº Inst.	Tipo de instalación (REBT)	Sistema de instalación	Sistema de instalación 2	Agrupamiento	Sección por c.d.t.	Sección por intensidad
1						
2						
3...						

7. En función de la sección seleccionada y el método de instalación realiza las siguientes comprobaciones:
- Según las tablas C-52-1 bis o C.52-2 bis de la norma UNE-HD 60.364.5.52, obtén la $I_{m\acute{a}x}$ de cada uno de los conductores seleccionados.
 - Según las tablas C-52-13, C-52-19, B-52-14 bis o B-52-15 bis de la misma norma, obtén el factor de corrección correspondiente por agrupación y/o por temperatura ambiente o del terreno según corresponda para cada una de las instalaciones.
 - Calcula la $I_{m\acute{a}x}$ final ($I_{m\acute{a}x}'$) del conductor teniendo en cuenta los factores de corrección obtenidos.
 - En función de la intensidad de servicio y la $I_{m\acute{a}x}$ final del conductor obtenida comprueba si hay protección normalizada. En caso de que exista, indica su calibre. Ten en cuenta que este software no realiza esta última comprobación.

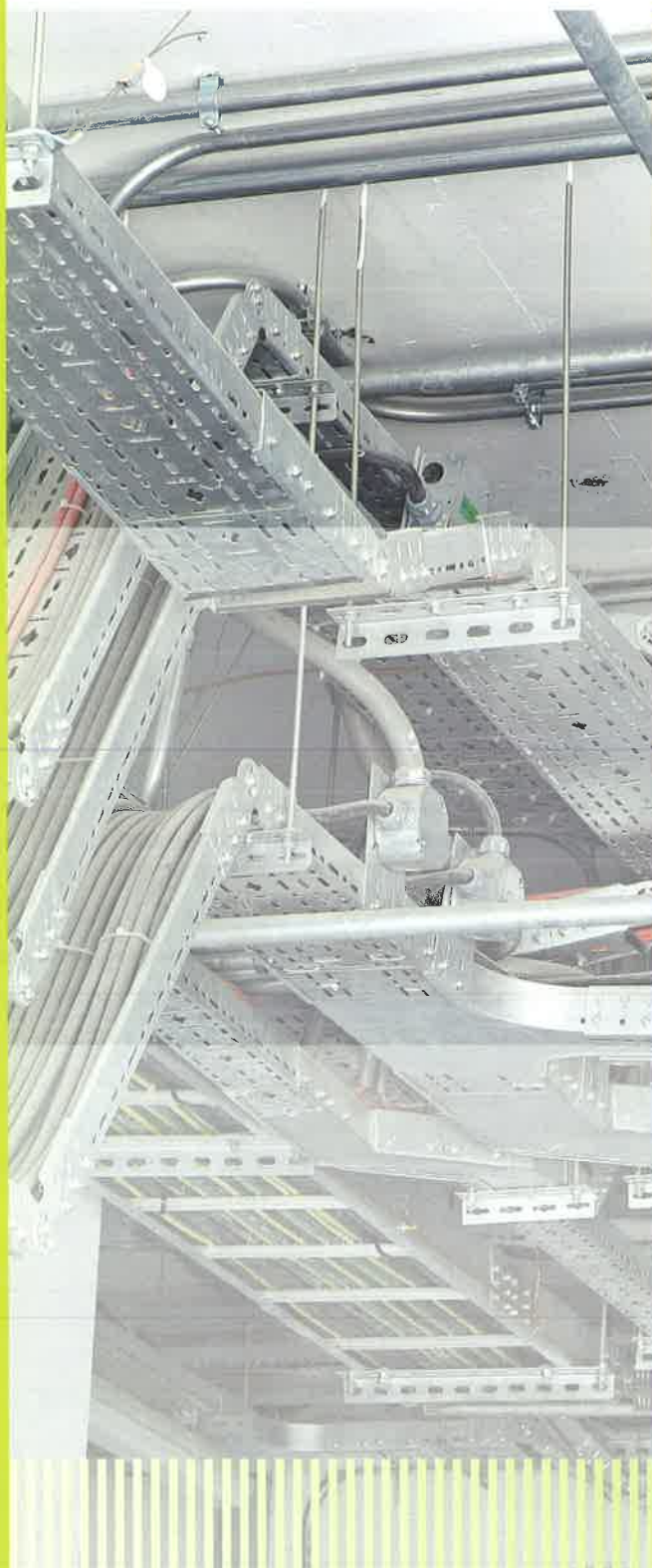
Nº Inst.	Tipo de protec.	Sección (mm²)	Método Instalación	Aislamiento	$I_{m\acute{a}x}$ (A)	FC (AGR)	FC (T°)	FC TOTAL	$I_{m\acute{a}x}'$ (A) ($I_{m\acute{a}x} \cdot FC_{TOTAL}$)	Inten. (A)	Protecc. (A)
1	Fusible		B2	PVC							
2	Int. Aut.										
3	Int. Aut.										
4	Fusible										

EN RESUMEN



6

Canalizaciones y envolventes



Vamos a conocer...

1. Canalizaciones
2. Trazado y canalización de conductores
3. Envolventes
4. Grados de protección (IP, IK)

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Montaje en bandeja de rejilla

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Instalación de una nave industrial con canalización en montaje superficial

Y al finalizar esta unidad...

- Aprenderás todos los tipos de tubos utilizados en las instalaciones eléctricas y sus aplicaciones, así como sus diferentes accesorios y métodos de curvado de tubos rígidos.
- Aprenderás a calcular el diámetro de los tubos a utilizar en cada instalación en función de los cables a canalizar y el tipo de instalación.
- Conocerás otros medios de canalización, como canaletas, molduras, bandejas, canalización de cables directamente sobre pared y en huecos de la construcción.
- Conocerás los sistemas de trazado de canalizaciones, así como prescripciones reglamentarias para el montaje de las mismas.
- Aprenderás de forma detallada todo lo relativo a las cajas de registro, cajas de mecanismos y cuadros de distribución.

1. Canalizaciones

Denominamos canalizaciones a todos aquellos elementos encargados de soportar los conductores. Entre ellos, podemos distinguir: canalización bajo tubo, en bandejas, cables fijados sobre pared, conductores sobre canaletas o molduras, en huecos de la construcción, etc.

1.1. Canalizaciones bajo tubos

Podemos distinguir diferentes tipos de canalización bajo tubo:

- **Montaje empotrado:** cuando los tubos se encuentran embebidos en la construcción en paredes, techos o suelo.
- **Montaje superficial:** cuando los tubos se encuentran fijados sobre paredes y techos.
- **Montaje al aire:** cuando los tubos en todo o parte de su trayecto se encuentran sin fijación.
- **Montaje enterrado:** cuando los tubos se encuentran enterrados en zanjas.

Así mismo, podemos clasificarlos principalmente como **flexibles** o **rígidos**, de forma que los primeros no necesitan ninguna herramienta ni proceso para adaptarse a las diferentes curvas; al contrario que los rígidos, que necesitan de un proceso para conseguir el curvado para su adaptación a las superficies de la instalación. Los conductores bajo tubo deben tener una tensión nominal de aislamiento de 450/750 V o 0,6/1 kV. Los tipos de tubos utilizados en las instalaciones eléctricas son los siguientes:

Tubos corrugados y corrugados de doble capa

Estos tubos se construyen a base de materiales plásticos, generalmente de PVC, y son de tipo **flexible**. Ambos son utilizados en exclusividad en montaje **empotrado**, debido a su baja resistencia mecánica. La diferencia entre el corrugado y corrugado de doble capa es su resistencia mecánica: los de doble capa, gracias a su refuerzo, ofrecen una resistencia mecánica mayor que los corrugados. La utilización de uno u otro depende de su instalación; por ejemplo, para tubos empotrados en construcciones bajo ladrillos o rasillas, la elección más idónea es la de corrugados; sin embargo, si estos van bajo suelo o embebidos en hormigón, los más idóneos son los de doble capa.

Ambos poseen un estriado que les proporciona una fuerte fijación sobre los materiales de obra en los cuales quedan empotrados.

Saber más

Los tubos se pueden designar en dos denominaciones, **métrica** y **PG**. La diferencia es que mientras la rosca métrica coincide con el diámetro exterior del tubo, la rosca PG, su designación, no corresponde; es decir, por ejemplo, un tubo PG 9 tiene un diámetro exterior de 16 mm y un tubo PG 21 tiene un diámetro exterior de 25 mm.

La rosca PG quedó derogada por norma con la entrada del reglamento del 2002; sin embargo, se pueden seguir utilizando. Estos los podemos encontrar sobre todo en tubos helicoidales, que habrá que tener en cuenta a la hora de instalarlos, ya que las medidas reglamentarias corresponden al **diámetro exterior** del tubo en métrica, con lo cual se deben buscar sus equivalencias entre PG y métrica, tanto en tubos como accesorios.



Figura 6.1. Tubos corrugados.



Figura 6.2. Tubo helicoidal de plástico.

Tubos helicoidales de plástico

También se denominan **tubos Elecplas**. Estos tubos son de tipo **flexible** y construidos principalmente de PVC. Hay dos factores importantes que los diferencian de los anteriores: su resistencia mecánica y su modo de instalación. Debido a su mayor grado de resistencia mecánica, se utilizan en montaje superficial, principalmente en ambientes industriales para la canalización de conductores desde los cuadros de mando y protección a las diferentes máquinas.

Tubos helicoidales metálicos flexibles

Estos tubos son de tipo **flexible** y se construyen de acero galvanizado, pudiendo distinguir dos tipos: **con o sin recubrimiento plástico**. Ambos ofrecen una alta resistencia mecánica. La diferencia entre ambos es que los que poseen recubrimiento de plástico ofrecen una mayor protección contra agentes atmosféricos, corrosión, etc. Se utilizan en montaje al aire y superficial, igual que los anteriores, en ambientes industriales donde por las circunstancias de la instalación se requieren tubos flexibles con un alto grado de protección mecánica. Si, por ejemplo, estos van a estar expuestos en una caseta depuradora de piscina en la que existe un gran grado de corrosión (p.e. cloro) y humedad, la elección más idónea sería la utilización de tubo con recubrimiento.



Figura 6.3. Tubos metálicos flexibles con y sin recubrimiento.

TUBOS RÍGIDOS

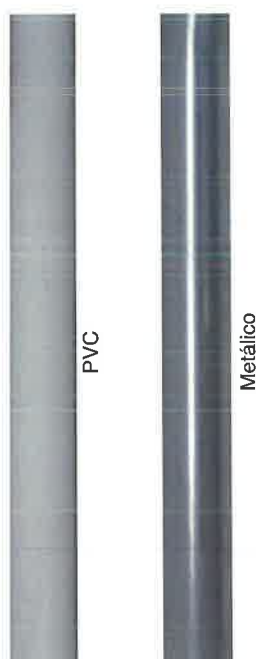


Figura 6.4. Tubos rígidos de PVC y metálico.

Tubos rígidos de plástico (tubos H)

Estos tubos se construyen a base de materiales plásticos, generalmente de PVC, y se utilizan en montaje superficial, ofreciendo como característica principal una buena resistencia mecánica, así como una excelente protección contra agentes atmosféricos y corrosión.

Tubos rígidos metálicos

Estos tubos ofrecen una **alta resistencia mecánica** y son utilizados en montaje superficial, principalmente en ambientes industriales como, por ejemplo, un taller de construcciones metálicas, donde los tubos pueden estar expuestos a fuertes impactos debido al riesgo de apoyo de vigas y otros materiales metálicos. Su uso también es obligatorio en locales de características especiales, tales como locales con riesgo de incendio y explosión. Estos tubos se fabrican de acero galvanizado o laminado y aleaciones de aluminio.

Tubos enterrados

Este tipo de tubos son de tipo corrugado de doble pared, construidos de materiales plásticos, y están diseñados para soportar grandes presiones de compresión una vez enterrados en zanjas. A diferencia de los otros tubos, sus cajas de registro se denominan **arquetas**. Estas pueden ser prefabricadas con materiales de obra a los cuales se le coloca un marco y tapa de fundición, o bien arquetas rectangulares enteramente de materiales termoplásticos con tapa ciega de alta resistencia.

Accesorios para tubos

Son todos aquellos elementos que permiten la unión de tubos, conexión a las cajas y cuadros, curvas, etc. Estos son los siguientes:

- **Manguitos, racores y casquillos:** los manguitos permiten la unión entre dos tubos. Los racores permiten la unión de los tubos a las cajas de registro, cuadros de distribución o máquinas. Tanto los racores como los manguitos pueden ser enchufables o roscados. En el caso de tubos helicoidales, estos son enchufables, y en el caso de tubos rígidos, pueden ser enchufables o roscados. Los **casquillos** son de tipo roscado, muy útiles para unir dos tubos helicoidales (ver figura 6.9).



Figura 6.6. Racores, manguito y casquillo.

- **Adaptadores de rosca y tapones:** los adaptadores de rosca permiten adaptar una rosca métrica a PG, y viceversa. Los tapones se utilizan para cegar y asegurar la estanqueidad en cualquier agujero abierto de una caja de registro, cuadro o caja de un receptor.
- **Codos y curvas:** la diferencia entre ambos es que mientras los codos son de tipo rígido permitiendo realizar curvas de 90° en los tubos, las curvas son flexibles permitiendo realizar una curva a medida. Se construyen de materiales plásticos o metálicos de tipo enchufable o roscado.



Figura 6.8. Curva y codo de 90° enchufables.

Curvado de tubos

Cuando no se emplean accesorios de curvado, existen diferentes métodos para realizar la curva: el curvado en caliente para tubos de PVC y el curvado mediante curvadoras neumáticas y eléctricas para tubos metálicos.

- **Curvado en caliente para tubos de PVC rígidos:** consiste en aplicar calor al tubo hasta obtener la curva deseada, utilizando un soplete o bien una pistola de aire caliente. El curvado de tubos rígidos de PVC en caliente se muestra en la figura 6.11.

El proceso se realiza sujetando el tubo con la mano en ambos extremos donde se va a realizar la curva, mientras otro operario procede a utilizar el soplete o la pistola de aire caliente inyectando calor al tubo a una cierta distancia, siendo esta la suficiente para que el tubo se ablande pero no llegue a quemarse, de forma que el operario que sujeta el tubo realiza



Figura 6.5. Tubo y manguito de unión para canalizaciones enterradas.



Figura 6.7. Ampliador de rosca, reductor de rosca y tapón metálico.

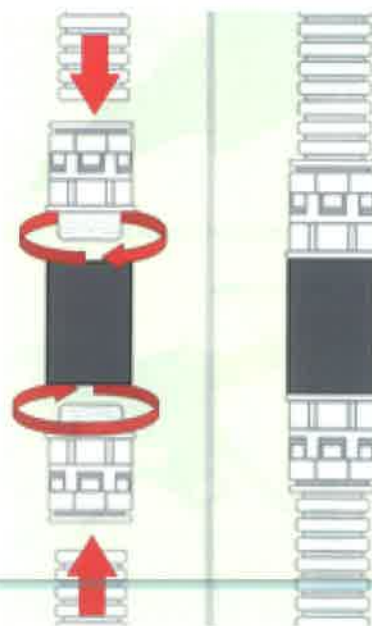


Figura 6.9. Unión de tubos «helicoidales» mediante casquillo.



Figura 6.10. Soplete y pistola de aire caliente empleados para el curvado de tubos en caliente.

la curva requerida. Siempre que se realiza una curva, el diámetro interior disminuye. Para corregir esto antes de que el tubo se enfríe, se puede presionar sobre el tubo con ayuda de una esponja humedecida en agua.

PROCESO DE CURVADO

Inicialmente, sostener el tubo de PVC rígido a curvar con ambas manos. Seguidamente, aplicar calor al tubo con soplete o pistola de aire caliente, de tal forma que, cuando comience a reblandecerse, se puede doblar el tubo hasta obtener la curva deseada.

Nota: en caso de utilizar soplete, la llama no debe incidir en el tubo, ya que llegaría a quemarlo. Por tanto, debe mantenerse a una cierta distancia para evitarlo, ya que lo único que es necesario para el doblado es una temperatura lo suficientemente elevada para conseguir ablandarlo y así poder realizar el doblado manualmente sin esfuerzo.



Figura 6.11. Proceso de doblado, mediante soplete, de tubo de PVC rígido.

■ **Curvado de tubos metálicos:** para ello, se emplean curvadoras eléctricas o manuales compuestas por:

- **Galleta:** elemento semicircular donde se apoya el tubo a curvar. Marca el ángulo de curvatura y tiene unas dimensiones semejantes al tubo.
- **Patín:** elemento que realiza la sujeción del tubo para su curvado con las dimensiones equivalentes al tubo a curvar.
- **Horquilla:** elemento que retiene el tubo para su curvado.
- **Bulón:** elemento de sujeción del patín.

El proceso de curvado, por ejemplo, con una curvadora eléctrica, es el siguiente:

Se coloca la galleta del diámetro correspondiente al tubo (16, 20, 25 mm, etc.) sobre el bulón de la curvadora; seguidamente, se introduce el patín en el agujero correspondiente al mismo tiempo que el tubo. El tubo debe entrar a través de la horquilla a la vez que se coloca el patín y, a continuación, se introduce el bulón de sujeción del patín. A partir de ahora, se acciona la palanca de curvado hasta el ángulo deseado.

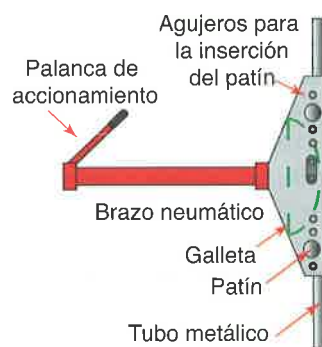
Finalmente, se acciona la palanca en sentido de retroceso hasta la posición inicial, se quita el bulón de sujeción del patín y se retira el tubo ya curvado.



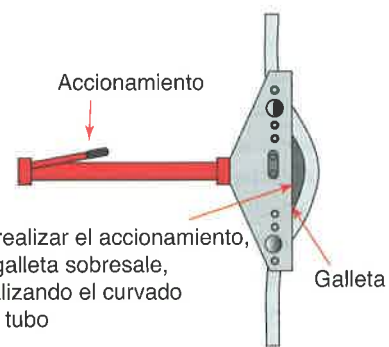
Figura 6.12. Curvadora eléctrica de tubos metálicos.



Figura 6.13. Curvadora manual de tubos rígidos.



a) Colocación del tubo



b) Curvado

Figura 6.14. Proceso de curvado de tubos metálicos con una curvadora manual.

- **Accesorios de fijación de tubos:** para los tubos rígidos, se utilizan abrazaderas. En el mercado, se fabrican de diferentes tipos y materiales (metálicas o de materiales plásticos). Las abrazaderas pueden ser abiertas o cerradas, y cada una de ellas debe ser dimensionada en función del diámetro del tubo, aunque existen variantes, como abrazaderas que permiten dos o más diámetros de tubos mediante una brida ajustable.

Cálculo de las dimensiones y características de los tubos según la instalación

Podemos distinguir, según las prescripciones reglamentarias establecidas en la ITC-BT 21, cuatro tipos de montajes de tubos. En esta instrucción, se indican mediante tablas las características y los diámetros exteriores del tubo, en función de la instalación. Los diámetros en mm utilizados para los tubos son los siguientes:

Diámetros de tubos en mm utilizados en función del tipo de montaje									
Montaje superficial y empotrado			Montaje al aire		Montaje enterrado				
12	32	63	12	25	25	50	90	140	200
16	40	75	16	32	32	63	110	160	225
20	50		20	40	40	75	125	180	250

Tabla 6.1.

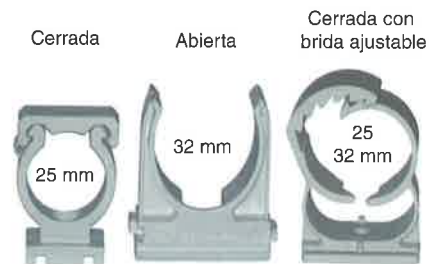
- **Montaje superficial:** (tubos en canalizaciones fijas en superficie) los tubos que se suelen utilizar son rígidos o, en casos especiales, curvables (tubos helicoidales). Para su cálculo, se utiliza la **tabla 2** de la ITC-BT21.
- **Montaje empotrado:** este sistema hace referencia a todos los tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectores de obra. El tubo utilizado es el corrugado. Para su cálculo, se utiliza la **tabla 5** de la ITC-BT21.
- **Montaje al aire:** son las instalaciones formadas por tubos flexibles tipo anillado metálico o PVC donde todo el trayecto o parte de la instalación no esté fijado sobre ninguna superficie. Un ejemplo es el de canalizaciones que alimentan máquinas que parten de un cuadro de distribución donde todo o parte del trayecto está sin sujeción (ver figura 6.17). Para su cálculo, se usa la **tabla 7** de la ITC-BT 21.
- **Montaje enterrado:** en este tipo de canalización, se utiliza el tubo corrugado de doble pared, que está diseñado con un alto grado de resistencia a la compresión. Para su cálculo, se utiliza la **tabla 9** de la ITC-BT 21, considerando que únicamente se admite un solo circuito por tubo.

Para calcular el diámetro del tubo, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Para 5 o menos conductores (10 o menos para tubos enterrados) de la misma sección, el diámetro se obtiene directamente de las tablas 2, 5, 7 y 9.
- Para más de 5 conductores (10 en tubos enterrados) de la misma sección o conductores de diferentes secciones en un mismo tubo, su sección interior se obtiene incrementando un determinado número de veces la sección ocupada por los conductores (2,5 para tubos en montaje superficial, 3 para tubos empotrados, 4 para tubos al aire y 4 para tubos enterrados).

En este caso, podemos obtener el valor del diámetro del tubo partiendo del **diámetro exterior** del cable que incluye, además del conductor, el aislante y las cubiertas. Estos valores son ofrecidos por los dife-

Abrazaderas de plástico



Abrazadera metálica cerrada



Figura 6.15. Abrazaderas de plástico y metálicas.

Saber más

Roscado de tubos

Los útiles manuales utilizados por los electricistas para el roscado de tubos se llaman **terrajás**. Están constituidos por un útil llamado **portaterrajás** y por un juego de piezas específicas para el roscado, en función del diámetro exterior del tubo. Para el roscado, basta con insertar al portaterrajás la pieza del diámetro adecuado y, a continuación, proceder al roscado del tubo, insertando la terraja y girando hasta obtener la rosca pretendida.



Figura 6.16. Portaterrajás y terraja.

Saber más

Los valores medios de los diámetros interiores y exteriores de los tubos se podrán obtener de la norma UNE 211002 o directamente de las tablas ofrecidas por los fabricantes. La siguiente tabla muestra un ejemplo:

Tubo corrugado AISCAN		
Tubo	ØExt	ØInt
M16	16	10,7
M20	20	13,4
M25	25	18,5
M32	32	24,3
Tubo PVC rígido AISCAN		
Tubo	ØExt	ØInt
M16	16	10,5
M20	20	14
M25	25	18
M32	32	24,5
Tubo helicoidal INTERFLEX		
Tubo	ØExt	ØInt
PG16	22,8	17,3
PG21	27,5	21,8
PG29	36,5	29,4
PG36	46,5	38,9

Tabla 6.2.



Figura 6.17. Ejemplo de canalización al aire.

rentes fabricantes de cables; sin embargo, si no tenemos datos sobre este valor, se puede consultar la Norma UNE 211002, que ofrece los valores medios de los diámetros de diferentes tipos de conductores y diferentes secciones.

En cualquier caso, con este valor se podrá obtener el diámetro interior del tubo utilizando las ecuaciones de la tabla 6.3. El diámetro exterior se obtiene del catálogo del fabricante.

Cables de la misma sección	Cables de diferente sección
$\varnothing \text{ INT. TUBO} = \varnothing \text{ EXT. CABLE} \sqrt{n \cdot f_c} \text{ (mm)}$	$\varnothing \text{ INT. TUBO} = \sqrt{f_c \sum n (\varnothing \text{ EXT. CABLE})^2} \text{ (mm)}$
Donde: $\varnothing \text{ INT. TUBO}$ = Diámetro interior del tubo (mm) $\varnothing \text{ EXT. CABLE}$ = Diámetro exterior del cable (mm) n = Número de conductores de la misma sección por tubo f_c = Veces que se debe incrementar la sección ocupada por los conductores.	$f_c = 2,5$ en tubos en montaje superficial $f_c = 3$ en tubos en montaje empotrado $f_c = 4$ en tubos en montaje al aire $f_c = 4$ en tubos en montaje enterrado

Tabla 6.3.

Ejemplo

Teniendo en cuenta los datos ofrecidos por el fabricante de cables Prysmian reflejados en la tabla 6.4, calcular el diámetro exterior del tubo necesario para alojar los siguientes cables tipo H07V-K:

- 3 cables de 6 mm² en tubo empotrado (con tubo corrugado).
- 7 cables de 2,5 mm² en tubo al aire (con tubo helicoidal).
- 3 cables de 1,5 mm² y 3 cables de 4 mm² bajo tubo en superficie (con tubo rígido).

Conductor	Diámetro (mm)	Conductor	Diámetro (mm)
1×1,5 mm²	3,4	1×4 mm²	4,8
1×2,5 mm²	4,1	1×6 mm²	5,3

Tabla 6.4. Diámetro exterior de cables tipo H07V-K (Prysmian).

Solución:

- La solución la obtenemos directamente en la tabla 5 de la ITC-BT 21, siendo el diámetro exterior necesario para alojar 3 conductores unipolares de 6 mm² de **25 mm**.
- Aplicamos la ecuación para cables de la misma sección de la tabla 6.3, tomando un factor f_c de 4, siendo el resultado:

$$\varnothing_{\text{Int. tubo}} = 4,1 \cdot \sqrt{7 \cdot 4} = 4,1 \cdot 5,29 = 21,69 \text{ mm}$$

Comprobando en el catálogo del fabricante de tubos INTERFLEX (tabla 6.2) para tubos helicoidales, elegimos un tubo **PG21** cuyo diámetro interior es de 21,8 mm.

- Aplicamos la ecuación para cables de diferente sección de la tabla 6.3, tomando un factor f_c de 2,5, siendo el resultado:

$$\varnothing_{\text{Int. tubo}} = \sqrt{2,5 [(3 \cdot 3,4^2) + (3 \cdot 4,8^2)]} = 16,1 \text{ mm}$$

Comprobando en el catálogo del fabricante de tubos AISCAN (tabla 6.2) para tubos H (montaje en superficie), elegimos un tubo de **25 mm** cuyo diámetro interior es de 18 mm.



1.2. Bandejas

Las bandejas son canalizaciones utilizadas principalmente en ambientes industriales donde impera más el sentido práctico que el estético. Su ventaja fundamental es el fácil tendido de cables sobre ellas y, sobre todo, que facilitan las labores de mantenimiento, ya que determinadas industrias o instalaciones especiales son susceptibles a nuevos tendidos de líneas, ampliaciones y operaciones de mantenimiento continuo.

Las bandejas se construyen principalmente de materiales metálicos, aunque también las podemos encontrar de materiales plásticos de gran resistencia mecánica. Entre ellas, podemos distinguir principalmente las **bandejas de rejilla**, **bandejas perforadas**, **bandejas de escalera** y **bandejas estancas**. La elección de una u otra depende de las características de la instalación; por ejemplo, en locales donde no se requiere canalización estanca, una buena opción es utilizar bandejas de rejilla que ofrecen una gran ventilación a los conductores. Por otro lado, las bandejas de escalera ofrecen también una gran ventilación y soportan mayor peso.

Los conductores a utilizar en esta canalización solo pueden ser unipolares o multiconductores (mangueras) aislados, ambos **con cubierta**, recomendándose los cables de 0,6/1 kV. Igualmente, las bandejas deben conectarse a tierra mediante un conductor mínimo de 16 mm² en el caso de bandejas metálicas. Además, se admite adosar a las bandejas cajas de registro. La figura 6.22 muestra un ejemplo de utilización de bandejas de rejilla.

Para su elección y dimensionamiento, se tendrán en cuenta principalmente las características de la instalación y el número de conductores y peso total de los mismos, siempre teniendo en cuenta un coeficiente de reserva, ya que precisamente esa es una de las misiones de las bandejas: permitir canalizar nuevos conductores sobre ellas en labores de ampliación y mantenimiento.



Figura 6.18. Bandeja perforada (CABLOFIL). Ofrece un relativo grado de estanqueidad y soporte de peso de conductores.



Figura 6.19. Bandeja ciega (estanca). Ofrece un alto grado de estanqueidad. (CABLOFIL).

Las bandejas especifican sus dimensiones en **alto (ala) × ancho** en mm, y se comercializan en una gran variedad de dimensiones: de 30, 54, 80 mm... de alto y de 50, 100, 150, 200, 300 mm... de ancho. Este dato es importante en función de los conductores a instalar inicialmente y las previsiones de instalación de nuevos conductores. Las longitudes que se pueden encontrar en el mercado suelen ser de 2 o 3 m.



Figura 6.20. Bandeja de escalera (CABLOFIL). Ofrece una buena ventilación y un gran soporte de peso de conductores.

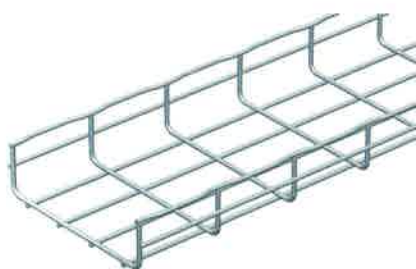


Figura 6.21. Bandeja de rejilla (CABLOFIL). Ofrece un elevado grado de ventilación y un bajo nivel de soporte de peso de conductores.



Figura 6.22. Detalle de instalación de bandejas de rejilla.

Accesorio de las bandejas

Principalmente, se utilizan los siguientes accesorios:

- **Codos y cambios de nivel.** Permiten realizar curvas horizontales y verticales. Son suministrados por los fabricantes en función del tipo y modelo de bandeja.
- **Accesorios de sujeción y unión.** Igualmente, en función del tipo de bandeja, los fabricantes suministran todo tipo de accesorios para unión de distintos tramos de bandejas y su fijación sobre paredes y techos.
- **Tabiques separadores.** Se adosan a la bandeja para separar distintas canalizaciones en una misma bandeja.
- **Otros accesorios.** Tapas, derivadores, soportes para adosar cajas de registro, accesorios para salida de cables, etc.



Figura 6.23. Accesorios para bandejas (CABLOFIL).

Ejemplo

En una industria parten desde un cuadro general diferentes líneas con conductores libres de halógenos canalizadas en bandejas perforadas soportadas desde techos y paredes. Se pide diseñar la canalización que va desde dicho cuadro general hasta varios cuadros secundarios. Los conductores que se canalizarán son los siguientes:

- 30 conductores multipolares $3 \times 35 \text{ mm}^2$
- 10 conductores multipolares $3 \times 50 \text{ mm}^2$
- 50 conductores unipolares $1 \times 10 \text{ mm}^2$

En canalizaciones en bandeja todos los conductores deben llevar cubierta, y se recomienda que sean de 0,6/1 kV, además se pide que sean libres de halógenos. Por tanto, elegimos conductores tipo RZ1-K 0,6/1 kV (AS).

Debemos elegir las dimensiones de las bandejas. Éstas dependerán del tipo y número y de conductores, siempre teniendo en cuenta que, debido a las características de la instalación, es previsible que haya ampliaciones en el tendido. A falta de este dato establecemos de forma arbitraria un 30 % de ampliación.

La sección mínima de la bandeja se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$S = [K(a + 100)/100] \Sigma n$$

Donde:

S = Sección útil necesaria en la bandeja.

K = Coeficiente de relleno 1,2 para cables pequeños y de 1,4 para cables de potencia.

a = Porcentaje de ampliación (30 % a 50 %).

Σn = Suma de las secciones exteriores de los cables a instalar.

Por tanto, teniendo en cuenta que la relación entre el diámetro y la sección es de:

$S = n (d/2)^2$ y el peso de los conductores, se realiza la siguiente tabla obtenida del catálogo del fabricante de conductores:

Conductores RZ1-K 0,6/1 kV (AS)			
Sección (mm ²)	Diámetro exterior (mm)	Peso total (kg/m)	Sección exterior (mm ²)
RZ1-K 0,6/1 kV 3×35	24	1,355	113,09
RZ1-K 0,6/1 kV 3×50	28,6	1,869	160,6
RZ1-K 0,6/1 kV 1×10	8,4	0,140	13,85

Tabla 6.5.

Inicialmente sumamos todas las secciones exteriores que incluyen el aislamiento y cubierta, siendo, por tanto:

$$\Sigma n = 30 \cdot 113,09 + 10 \cdot 160,6 + 50 \cdot 13,85 = 5\,691,2 \text{ mm}^2$$

Ahora bien, aplicando un factor de relleno K de 1,4 (cables de potencia) y un porcentaje de ampliación del 30 %, la sección mínima que deberá tener la bandeja será de:

$$S = [1,4 (30 + 100)/100] 5\,691,2 = 10\,357,98 \text{ mm}^2$$

A continuación calculamos el peso total de los conductores teniendo en cuenta la posible ampliación establecida del 30 %.

$$P_{\text{Total}} = (30 \cdot 1,355 + 10 \cdot 1,869 + 50 \cdot 0,140) \cdot [(30 + 100)/100] = 66,34 \cdot 1,3 = 86,24 \text{ kg/m}$$

continúa >

Saber más

Las bandejas de rejilla, además de ofrecer una gran ventilación a los conductores, son fáciles de instalar y de mecanizar, permitiendo la construcción de accesorios (curvas, cambios de nivel, etc.) en obra. La herramienta más adecuada para el corte es la tenaza de corte asimétrico.



Figura 6.24. Proceso de corte de bandeja de rejilla.

Saber más

La **carga de trabajo** admisible de las bandejas es un dato ofrecido por los fabricantes que debe ser tenido en cuenta por el instalador o proyectista para asegurar que la canalización será capaz de soportar el peso total de los conductores sin causar deformaciones. Estos datos están dados en función de la separación de los soportes.

La siguiente figura muestra la gráfica ofrecida por un fabricante de bandejas perforadas para 60 mm de ala y de 50 mm a 600 mm de ancho.

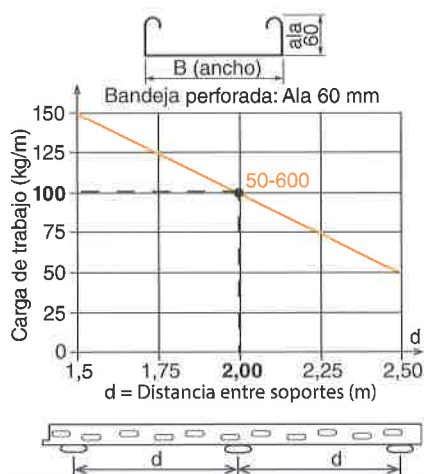


Figura 6.25. Carga de trabajo en bandejas perforadas de 60 mm de ala (Obo Bettermann).

Saber más

Existen accesorios que permiten ensamblar cajas de registro para montaje superficial sobre bandejas. Esto permite realizar de forma sencilla conexiones y derivaciones de conductores en cualquier punto de la instalación de la canalización.



Figura 6.26. Montaje de cajas de registro sobre bandeja perforada.

» continuación

Seguidamente, se busca en el catálogo del fabricante el valor de sección útil más próximo por exceso. Por ejemplo, buscamos a partir de un ala de 60 mm.

Bandejas perforadas de 60 mm de ala (Obo Bettermann)			
Modelo	Ancho (mm)	Peso (kg/m)	Sección útil (mm ²)
MKS 605 FS	50	0,149	2 800
MKS 610 FS	100	0,173	5 800
MKS 615 FS	150	0,210	8 800
MKS 620 FS	200	0,238	11 800
MKS 630 FS	300	0,304	17 800

Tabla 6.5. Especificaciones técnicas para bandejas perforadas (Obo Bettermann).

Si se opta por este fabricante se elige una bandeja de **60×200** cuya sección útil es de **11 800 mm²**, valor superior a los 10 357,98 mm² necesarios.

Ahora debemos comprobar si la bandeja será capaz de soportar el peso total de los conductores. Para ello se utilizan las diferentes gráficas de **carga de trabajo** que ofrece el fabricante. La figura 6.25 refleja la máxima carga de trabajo capaz de aguantar la bandeja elegida en función de la distancia entre soportes.

Si establecemos una distancia de **2 m** entre soportes, la máxima carga que será capaz de soportar este tipo de bandejas será de **100 kg/m**, valor mayor a los 86,24 kg/m necesarios.

En cuanto al montaje, la figura 6.27 muestra gráficamente diferentes operaciones a realizar en el montaje de bandejas perforadas.

- a) Unión T de bandejas.
- b) Curva de 90°.
- c) Soporte para techo.
- d) Cambio de nivel.



Figura 6.27. Montaje en bandejas perforadas (OBO Bettermann).

1.3. Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes

Otra forma de canalizar los conductores es fijarlos directamente sobre paredes. En este caso, los conductores **deben** ser siempre de **0,6/1 kV**, provistos con **aislante y cubierta**; por ejemplo, de tipo RV-0,6/1 kV o bien RZ1 0,6/1 kV (AS), si la instalación requiere que sean de baja emisión de humos (libres de halógenos), fijándose a las paredes por medio de bridas, abrazaderas, collarines, etc.

Los puntos de fijación de los cables tendrán una distancia **no** superior a **40 cm**, y en el caso de que por las condiciones de la instalación deban tener una **protección mecánica**, el cable a utilizar será de tipo **armado**. Ahora bien, si el cable a utilizar no es armado, supongamos el caso de una instalación en la que en un tramo determinado debe poseer una protección mecánica, se debe emplear una protección mecánica complementaria; por ejemplo, introduciendo el tramo a proteger de cable en un tubo metálico.

En caso de que la instalación, por características del local, sea de tipo **estanca**, los extremos de entrada a cajas de registro, cuadros de distribución o máquinas se hace mediante **prensaestopas**; así mismo, las conexiones y empalmes se harán únicamente en cajas por medio de bornes o regletas de conexión.

El prensaestopas

Es un accesorio utilizado en las instalaciones eléctricas para la entrada de cables a cajas de registro, cuadros y máquinas, con el objetivo de asegurar la **estanqueidad**. Están diseñados de materiales plásticos o metálicos, según el tipo de instalación. A su entrada, posee un aislante de goma que, mediante roscado, se ajusta a la medida del cable para asegurar la estanqueidad. En el otro extremo, posee un sistema de fijación roscado en la parte interior del cuadro, caja, etc., asegurando su fijación mediante tuerca.



Figura 6.29. Diferentes tipos de prensaestopas.

Fijación de conductores en paredes

Se realiza mediante grapas, bridas o collarines. Estos pueden ser de materiales plásticos o metálicos, y la elección de grapas y bridas de dimensiones fijas depende del diámetro de cable o diámetro total de los cables que abraza el elemento de fijación. En cuanto a las bridas ajustables (figura 6.30), las hay de varias longitudes, pero la diferencia respecto de las anteriores es que estas permiten ajustarse a las dimensiones del cable o los cables a fijar. Esto se realiza mediante un tornillo introducido en la pared o techo, el cual posee una abertura donde entra la brida ajustable que acabará fijando



Figura 6.28. Detalle de entrada de una manguera en un prensaestopas.



Figura 6.30. Bridas y tornillo de plástico para fijación de cables a las paredes.



Figura 6.31. Arqueta cuadrada de material termoplástico (GEWISS).

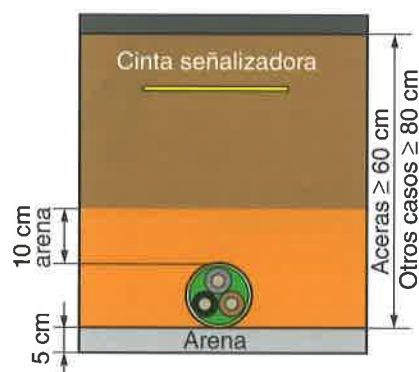


Figura 6.32. Zanja para la canalización de conductores directamente enterrados.



Figura 6.33. Banda de señalización obligatoria en las canalizaciones enterradas a lo largo de la zanja.

el cable a la superficie. Es importante destacar que en **ningún caso** dichos elementos en el momento de su fijación deben suponer un **deterioro** de la cubierta y aislamiento de los cables, motivo por el cual es importante elegir las grapas, bridas, etc. adecuadas.

1.4. Conductores enterrados

- **Cables bajo tubo enterrados en zanjas:** se recomienda instalar los tubos enterrados a una profundidad mínima de **45 cm** del pavimento o nivel del terreno en caso de tubos en aceras, parques y jardines, y de **60 cm** en calzadas y en el resto de casos; además, se recomienda un recubrimiento mínimo superior a **6 cm**.

En la construcción de estas zanjas se evitarán en lo posible los cambios de dirección, de forma que en cada cambio de dirección o en tramos rectos de más de 40 m se tendrán que colocar arquetas con el fin de facilitar el tendido de los conductores.

- **Cables directamente enterrados en zanjas:** la profundidad de la zanja tiene que ser mayor de **60 cm** en aceras y de **80 cm** en calzada, de forma que el cable no pueda dañarse, a la vez que ofrezca una seguridad frente a posibles excavaciones en la zona de instalación.

La zanja tiene que cumplir una serie de requisitos. El lecho de la zanja debe ser liso y libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. Para ello, dicho lecho debe recubrirse como mínimo con una capa de 5 cm de arena de mina o río (arena gruesa) sobre la que se coloca el cable. Por encima de los cables, se colocará otra capa de arena cribada (arena fina) de unos 10 cm y, por encima de esta, una protección mecánica como, por ejemplo, losetas de hormigón, ladrillos, rasillas, etc., colocándose por encima una cinta de señalización a lo largo de toda la zanja para advertir de la existencia de una canalización eléctrica. El resto de la zanja se **rellena** con tierra tupida, hormigón o los materiales de obra que sean necesarios; en el caso de calzada, el relleno debe ser únicamente de hormigón.

En ambos casos, para el montaje y acceso a los conductores, se utilizan arquetas con las dimensiones adecuadas a la canalización. Dichas arquetas se construyen bien con material de obra con marco y tapa de fundición, o bien de una sola pieza de material termoplástico de alta resistencia a la compresión y a los golpes.



Figura 6.34. Obra civil de construcción de una arqueta para canalizaciones enterradas.



1.5. Conductores aislados bajo canaletas y molduras

Este tipo de canalizaciones suele utilizarse a posteriori, es decir, cuando es necesario canalizar conductores una vez realizada la instalación, ubicándose las canaletas tanto en paredes, techos o suelos. Su ventaja principal es la facilidad de instalación, ya que las canaletas están construidas por un canal de material plástico o metálico con tapa.

El uso de un material u otro depende del tipo de instalación. En las instalaciones con canaletas en las que se requiera un cierto grado de protección mecánica, la opción es utilizar canaletas metálicas, las cuales deben conectarse a tierra.

En el caso de canales utilizados en suelos, estas ofrecen una forma avellanada para ofrecer un menor grado de obstáculo. Así mismo, deben ser de tipo metálico o de materiales plásticos de gran resistencia mecánica.

Las canaletas las podemos encontrar en el mercado también en función de su cierre; es decir, con tapa desmontable con herramientas o bien con tapa desmontable que puede abrirse sin herramienta.

Por tanto, podemos distinguir dos tipos:

- a) **Canaletas desmontables con herramientas:** se utilizan cuando se requiere un cierto grado de protección, en el sentido de que **no sean** fácilmente desmontable por los usuarios. En este tipo de canalizaciones, los conductores pueden ser unipolares o mangueras, tendrán una tensión mínima de aislamiento de 450/750 V y se permite en ellas la instalación de mecanismos tales como interruptores, bases de corriente, dispositivos de mando y protección, etc., de acuerdo con las instrucciones que marque el fabricante. Igualmente, se podrán realizar empalmes en su interior.
- b) **Canaletas desmontables sin herramientas:** solamente podrán utilizarse conductores aislados bajo **cubierta estanca**, permitiéndose unas tensiones de aislamiento de 300/500 V, 450/750 V y 0,6/1 kV.



Figura 6.35. Detalle de instalación de mecanismos en canaletas desmontables con herramientas (GEWISS).



Canaleta monocanal de 35x15 (ancho x alto) en mm



Canaleta para suelo de 4 compartimentos de 85x20 (ancho x alto)

Figura 6.36. Canaletas desmontables sin herramientas para pared y suelos.

Recuerda

En canaletas **desmontables con herramientas**, se permite la instalación de todo tipo de cables (unipolares o mangueras) con tensión asignada mínima de 450/750 V. Sin embargo, en canaletas **desmontables sin herramientas**, únicamente se permiten cables con cubierta estanca. En este caso, sí se pueden instalar conductores con tensión asignada de aislamiento mínima de 300/500 V.

Las canaletas se fabrican con o sin tabique separador. La elección de una u otra depende de las necesidades de la instalación, siendo útiles los tabiques de separación cuando se quieren distinguir circuitos bajo



Figura 6.37. Molduras de tipo rodapiés ranurados.

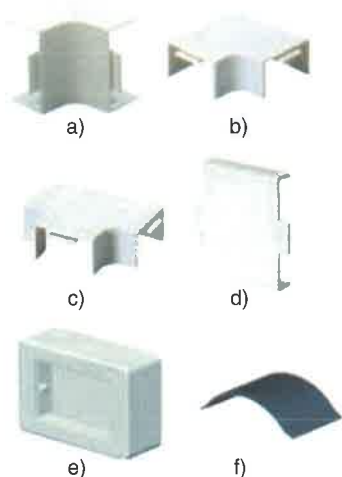


Figura 6.38. Accesorios: a) y b) ángulos, c) derivador en T, d) cubrejuntas, e) caja de mecanismos para canaletas, f) junta para canaletas (avellanadas) de suelo (GEWISS).

una misma canalización, o bien separar las canalizaciones eléctricas de otras tales como la TV y telefonía. Estas se comercializan en longitudes de 3 m y se dimensionan en función de su anchura $\times$ altura en mm, las cuales deben estar acorde con el número de conductores y secciones; por ejemplo, canaletas de 22 $\times$ 10, 15 $\times$ 15, 20 $\times$ 20, 30 $\times$ 15, 20 $\times$ 10, 30 $\times$ 10, 35 $\times$ 15, etc.

- **Molduras.** Realmente, son una variedad de la canaleta de paredes llenas. Suelen presentar pequeñas dimensiones, conteniendo en su interior uno o varios alojamientos para conductores.

Las molduras se construyen de diferentes materiales (plásticos, metálicos, madera, etc.) y colores, adaptándose de forma «estética» a las características de la superficie del local. Interiormente, las molduras poseen una o varias ranuras donde se alojan los conductores y, en todo caso, los conductores deben ser aislados de una tensión no inferior a 450/750 V, y se podrán utilizar únicamente en locales clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos, pudiéndose utilizar como molduras rodapiés ranurados, guarniciones de puertas, etc.

Por cada ranura, únicamente podrán ir cables de un mismo circuito; es decir, por ejemplo, en una ranura de moldura no se podrán instalar los cables de un circuito de alumbrado junto con un circuito de tomas de corriente de uso general.

- **Accesorios.** Existe una gran variedad de accesorios tales como: ángulos interiores y exteriores, ángulos planos, derivaciones en T, cubrejuntas, cajas de mecanismos, cada uno dimensionado según la canaleta.

1.6. Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción

Se entiende como canalización en huecos de la construcción aquel hueco dispuesto en su fabricación en muros, paredes, vigas, forjados o techos, bien en forma de conducto o bien entre dos superficies paralelas, como puede ser el caso de falsos techos, o paredes y muros con cámara aislante. Los cables con cubierta podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción, con la condición de que sean no propagadores de llama (libres de halógenos) y de 0,6/1 kV.

Actividades

1. Calcula la sección mínima de una canalización de bandejas que debe alojar 6 cables de 2 $\times$ 10, 5 cables de 2 $\times$ 16, 8 cables de 3 $\times$ 25 y 10 cables de 3 $\times$ 35/16. Luego, calcula el peso por metro de longitud del conjunto de conductores. Finalmente, con estos datos busca en el catálogo de algún fabricante una bandeja perforada o de escalera capaz de alojar y soportar estos cables.

PRYSMIAN CABLES & SYSTEM	Diámetro exterior (mm)	Peso total (kg/m)
Cable RZ1-K 0,6/1 kV 2 $\times$ 10	14	0,345
Cable RZ1-K 0,6/1 kV 2 $\times$ 16	16,9	0,503
Cable RZ1-K 0,6/1 kV 3 $\times$ 25	21,4	0,946
Cable RZ1-K 0,6/1 kV 3 $\times$ 35/16	26,1	1,570

Tabla 6.7.

2. En un taller de construcciones metálicas, se instala un taladro de columna de 3 CV, 400 V, $\cos \phi = 0,87$, rendimiento $\mu = 0,8$. Los conductores se canalizan en montaje al aire con tubo helicoidal. Se pide determinar la sección de los conductores, siendo estos de tipo H07V-K, así como el diámetro del tubo, sabiendo que la c.d.t. permitida es de un 2 %, siendo la longitud total de 10 m.

2. Trazado y canalización de conductores

Trazado

Una parte importante, antes de realizar cualquier tipo de canalización, es el trazado y la señalización de la ubicación de las **envolventes (cajas de mecanismos, cajas de registro y cuadros de distribución)**.

Para la realización de dicho trazado, hay que tener en cuenta varios factores, tales como el tipo de canalización (bajo tubo, en canaletas, cables fijados directamente sobre las paredes, etc.), así como las características del local y las prescripciones reglamentarias.

En cuanto al trazado para tubos, hay que tener en cuenta las prescripciones reglamentarias establecidas en el REBT ITC-BT 21, de forma que deben ser instalados siguiendo líneas verticales y horizontales, o bien líneas paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local.

Con el fin de facilitar la introducción o retirada de los cables, es **conveniente** instalar cajas de registro en número y puntos que el instalador estime necesario, siendo **obligatorio** disponer de estas cada **15 m** en tramos rectos, aunque sean de paso. Igualmente, es **obligatorio** disponer de una caja de registro cada **3 curvas**, independientemente de la longitud de la canalización.

Canalización de conductores

Por norma general, los conductores se alojarán en los tubos después de que tanto estos como las cajas de registro hayan sido instaladas.

En cuanto al dimensionamiento de las cajas, hay que tener en cuenta el número de tubos que acometen y permitir en su interior alojar de forma holgada todos los conductores y bornes o regletas de conexión, y **nunca** se podrán empalmar los conductores con simples retorcimientos recubiertos de cinta aislante.

Si la instalación es estanca, la entrada de los tubos a las envolventes se realiza mediante **racores**, para el caso de tubos, o bien con **prensaestopas**, para el caso de cables asilados fijados directamente sobre las paredes.

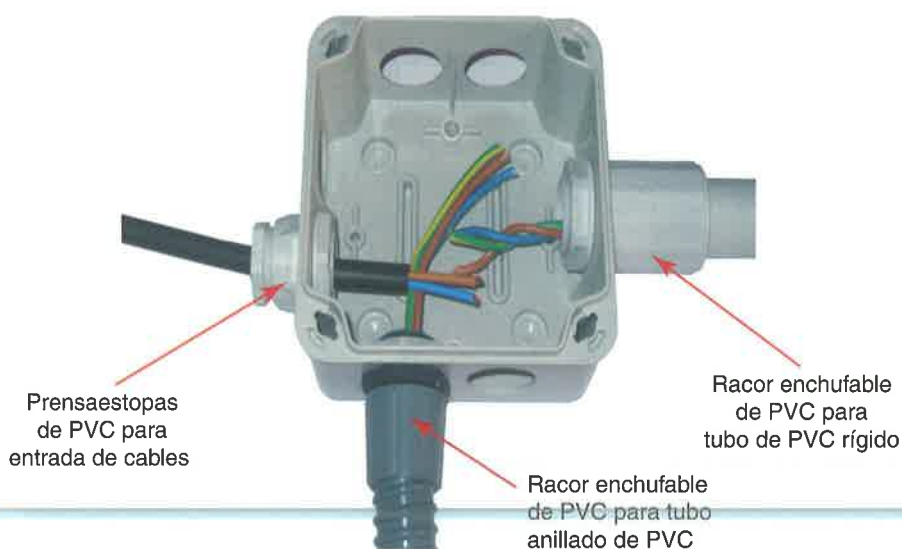


Figura 6.39. Ejemplo de conexión de racor para tubo rígido de PVC, racor para tubo anillado y prensaestopas para cables en una caja de registro.

Recuerda

Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o a servir, al mismo tiempo, como cajas de empalme o derivación, debiéndose colocar una caja cada **15 m** en tramos rectos y una cada tres **3 curvas**, aunque estas sean de paso.

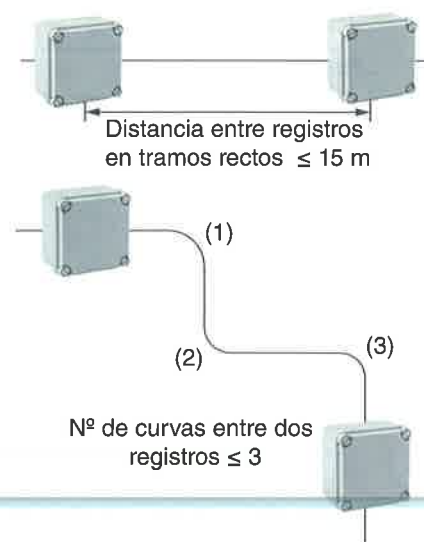


Figura 6.40. Ejemplo de caja de registro de paso de conductores.

Si los tubos son metálicos y accesibles, hay que conectarlos a tierra y, en el caso de que sean además flexibles, se conectan a tierra cada 10 m como máximo.

La fijación de tubos en **montaje superficial** se realiza siempre cada 50 cm como máximo, en los puntos inmediatos de entrada a las envolventes y en cada extremo de una curva o empalme. Además, siempre que sea posible, estos tubos se instalan a una altura mínima de 2,5 m del suelo.

La fijación de cables **directamente sobre las paredes** se realiza cada 40 cm como máximo e igualmente en los puntos inmediatos de entrada a las envolventes y en cada extremo de una curva.



Figura 6.41. Fijación de cables sobre paredes.

En cuanto a **tubos empotrados**, las rozas no pondrán nunca en peligro la seguridad de las paredes o techos, de forma que dichas rozas se realizan de forma que no solo quepan los tubos a alojar dentro de ellas, sino que además tienen que tener una profundidad suficiente para que el tubo quede recubierto por una capa de obra de 1 cm de espesor como mínimo, aunque se permite que en los ángulos esta capa pueda ser de 0,5 cm. En cuanto a las cajas de registro, estas nunca quedarán tapadas (por ejemplo, con materiales de obra, tales como yeso, cemento, etc.) y tienen que tener siempre tapa desmontable. Finalmente, para tubos empotrados, es **conveniente** siempre realizar en las paredes trazados horizontales a 50 cm como máximo del techo y suelo y trazados verticales a una distancia de las esquinas no superior a 20 cm. En viviendas, se recomienda que los mecanismos se instalen a una distancia del suelo de 110 cm, y de 80 cm del suelo en los cabeceros de camas en habitaciones.

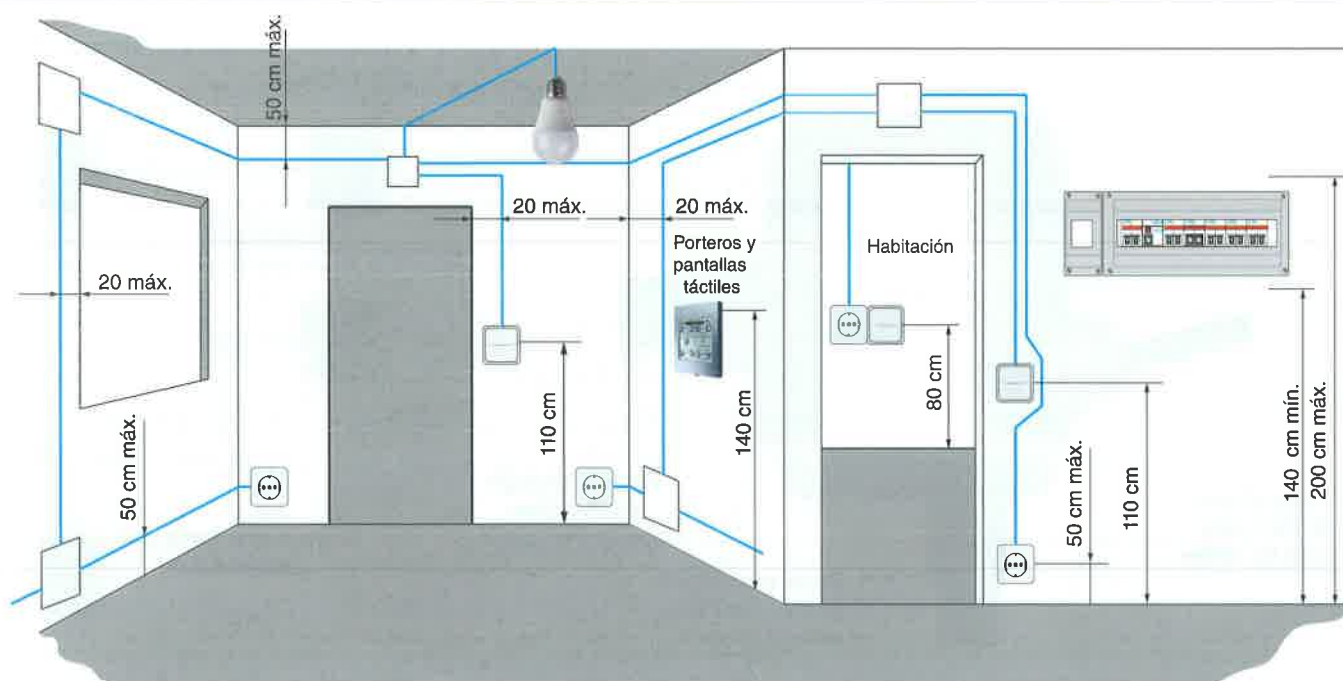


Figura 6.42. Distancias de las canalizaciones y mecanismos de suelos, techos, puertas y ventanas.

Accesorios de trazado y canalización

- **Tiralíneas trazador:** este accesorio consiste en un contenedor de polvo, en cuyo interior posee un hilo trazador. Dicho hilo se queda impregnado por el polvo adhesivo, de forma que para una canalización rectilínea se miden los dos puntos. En uno de los extremos, queda el contenedor y se extrae el hilo hasta el otro punto. Tensando dicho hilo, se realiza un tirón, quedando una marca rectilínea sobre la superficie donde se canalizarán los tubos, cables o canal.



Figura 6.43. Tiralíneas trazador y colorante azul para el trazado de canalizaciones.

- **Guías pasacables:** es el accesorio imprescindible en toda instalación eléctrica para introducir los conductores en los tubos. Las guías se fabrican de diferentes materiales, tales como nylon, policloropreno, poliamida, acero, acero plastificado, etc. En sus extremos, se ubican una cabeza helicoidal flexible de latón y un terminal de enganche de cables de latón o acero. La elección del tipo de guía es importante, ya que no todas tienen las mismas cualidades: mientras que las guías de nilón son idóneas para trabajos en aplicaciones domésticas, las guías de acero son ideales para trabajos en aplicaciones industriales donde se requiere mayor resistencia a la tracción, o en canalizaciones con curvas extremas o canalizaciones ya cableadas. Las guías se comercializan en función de su diámetro (de 3 a 9 mm) y de su longitud (desde unos 5 m hasta unos 100 m).

3. Envoltentes

Denominamos envoltentes a todos aquellos elementos destinados a alojar en su interior mecanismos, tales como interruptores, bases de corriente, dispositivos de mando y protección, elementos de conexión, etc., y se clasifican en **cajas de mecanismos**, **cajas de registro** y **cuadros de distribución**. Las envoltentes se fabrican para montaje **empotrado** o montaje **superficial**. Una característica fundamental es que todos ellos se diseñan, en el caso de materiales plásticos, con baja emisión de humos y, en el caso de materiales metálicos protegidos contra la corrosión.

En el caso de envoltentes para **montaje empotrado**, estas disponen de un **troquelado** cuya misión es facilitar al instalador la entrada de tubos.

Para envoltentes en **montaje superficial**, estas pueden disponer de **conos elásticos** (prensaestopas simple o pasacables) para la entrada de cables, un **semitroquelado** para la inserción de tubos a través de racores o cables a través de prensaestopas, o bien sin ningún tipo de elemento de entrada, caso en el cual es necesario mecanizar las cajas utilizando útiles tales como coronas, o bien una broca escalonada (fresadora multidímetro), que permite realizar de forma sencilla un agujero en la envoltente del diámetro que sea necesario.

Posicionar el tiralíneas en el primer punto a marcar y tirar de la cuerda hasta el segundo punto.



Mantener tensos ambos puntos y desde el punto final tirar hacia fuera la cuerda y soltarla.



La línea quedará marcada en la superficie, lo que ayudará a la colocación de tubos o cables.



Figura 6.44. Proceso de marcado de trazado de canalizaciones con tiralíneas, que debe realizarse por dos operarios.



Figura 6.45. Guía pasacables.

Saber más

El juego de coronas de las figuras es una herramienta que se utiliza para el mecanizado de envoltentes, si es necesario alojar en ella racores, prensaestopas, bases de corriente, etc.



Figura 6.46. Coronas.



Figura 6.47. Cajas de mecanismos empotrables, cuadrada estándar y circular para pladur.

3.1. Cajas de mecanismos

Su misión es alojar los mecanismos, tales como interruptores, conmutadores, pulsadores, bases de corriente, y todos aquellos dispositivos que hayan sido diseñados para ser alojados en estas.

Sus medidas están estandarizadas a $62 \times 62 \times 40$, para cajas cuadradas, y de $60 \text{ mm } \varnothing \times 40 \text{ mm}$ de profundidad, para cajas circulares (utilizadas en obra de pladur), y se construyen tanto para montaje empotrado como superficial.

3.2. Cajas de registro

Estas cajas, también denominadas **cajas de derivación**, tienen como misión, por una parte alojar los dispositivos de empalme y, por otra, realizar la derivación de tubos y cables.

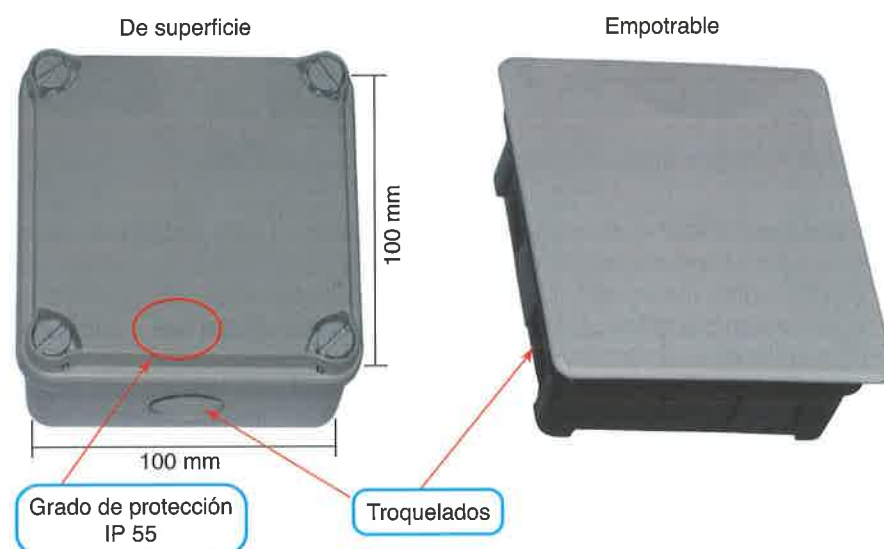
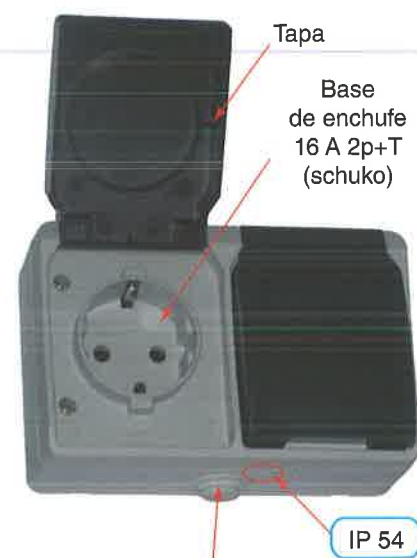


Figura 6.48. Cajas de registro de superficie y empotrables de $100 \times 100 \text{ mm}$.



Pasacables o troquelado de 20 mm para la inserción de racores para tubos o prensaestopas para cables

Figura 6.49. Base de enchufe doble de superficie con tapa para ambientes industriales y exteriores.

Este tipo de cajas se comercializan en **montaje empotrado** y en **montaje superficial**. Las primeras se fabrican en materiales plásticos y las segundas, en materiales plásticos o metálicos (con materiales como, por ejemplo, acero inoxidable o aluminio inyectado). En cuanto a las cajas metálicas, estas deben conectarse a tierra mediante su correspondiente cable de protección.

Las cajas se comercializan en diferentes medidas dadas en mm. Para cajas rectangulares, se da como dato la anchura (base) $\times$ altura vistas según quedan instaladas, en medidas tales como 100×100 , $100 \times 150 \text{ mm}$, etc., y teniendo en cuenta también su profundidad y, para circulares, se da como dato el diámetro.

3.3. Cuadros de distribución

Según su ubicación y utilidad, principalmente podemos denominar a los cuadros de distribución de dos formas diferentes:

- **Cuadros Generales de Mando y Protección (C.G.M.P)**, también denominados Principales, para aquellos donde acomete toda la instalación de un local.
- **Cuadros Parciales o Cuadros Secundarios**, para cuadros intermedios destinados a alimentar parte de una instalación o receptores.



La misión de los cuadros de distribución es alojar tanto los dispositivos de mando y protección, tales como interruptores automáticos y diferenciales, como cualquier otro dispositivo diseñado para alojarse en dichos cuadros, tales como interruptores horarios, automáticos de escalera, fuentes de alimentación para porteros y un largo etcétera de dispositivos, así como las bornas de conexión que sean necesarias.

Dimensiones de los cuadros

Estos cuadros se diseñan para alojar todos sus dispositivos en carril DIN estandarizado a unas medidas de 35 mm de alto, de forma que los dispositivos ubicados dentro de los cuadros tienen una altura máxima determinada.

Los cuadros poseen una anchura y una altura que depende del número de módulos a instalar. Cada módulo tiene un ancho de 17,5 mm; es decir, un interruptor automático unipolar ocupará 17,5 mm, un bipolar 35 mm, un tripolar 52,5 mm y un tetrapolar 70 mm. Además, la altura exterior de los dispositivos de mando y protección está estandarizada a 45 mm, ya que es necesario tapar los cuadros con tapa protectora-embellecedora, que protege a las personas de manipulaciones sobre los bornes de conexión en los cuadros eléctricos sin puerta de cierre mediante llave.



Cuadro de distribución
de 8 módulos +
ICP para montaje empotrado



Cuadro de distribución
de 6 módulos +
ICP para montaje en superficie

Figura 6.50. Cuadros de distribución en montaje superficial de PVC, en montaje empotrado y superficial.

Existen diferentes formas de elegir un cuadro que hay que tener en cuenta: si es un montaje empotrado o un montaje superficial, número de módulos o bien ancho de los dispositivos a ocupar, uso y tipos de instalación, etc.

Los fabricantes ofrecen como dato el número de módulos totales así como el número de filas de carriles DIN, siendo el número de módulos de 2, 4, 6, 8, 12, 18, 24, 36, 48, 54 y 72. Un ejemplo sería 24 (12×2), que equivale a 24 módulos en dos filas de 12.

Al igual que el resto de las envolventes, los cuadros se construyen a partir de materiales plásticos o metálicos, para instalaciones empotradas o en montaje superficial. En el caso de cuadros metálicos, llevan un borne de puesta a tierra para facilitar la misma mediante el correspondiente conductor de protección.



Figura 6.51. Cuadro de distribución de 8 módulos con troquelado con inserción de dos bases industriales trifásicas industriales 16 A 3p+T y dos bases monofásicas schuko 2p+T.

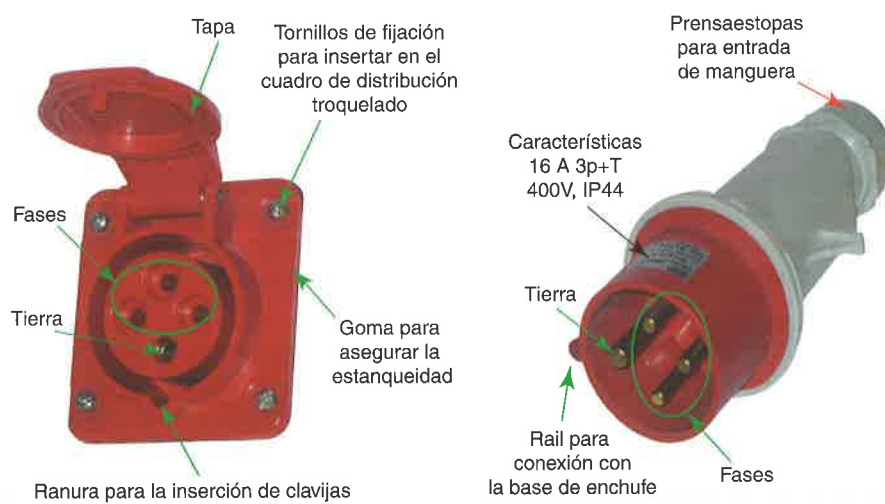


Figura 6.52. Base industrial para empotrar en cuadros de distribución 16 A 3p+T y clavija.

Ejemplo

Se desea elegir el Cuadro General de Mando y Protección de Servicios Generales de un edificio. Se instalan los siguientes elementos: un IGA tetrapolar, 2 diferenciales bipolares, 3 interruptores automáticos bipolares, un interruptor automático tetrapolar, un interruptor horario de un módulo y una fuente de alimentación para el portero del edificio de 2 módulos + un borne de toma de tierra o regleta de toma tierra.

En este caso, el cuadro se encuentra en el cuarto de contadores y podemos optar por un cuadro empotrado. Para determinar las dimensiones del cuadro, necesitamos saber el número de módulos totales, siendo este de:

$$\text{Nº módulos} = 4 + 2 \times 2 + 3 \times 2 + 4 + 1 + 2 + 1 = 22$$

Ahora debemos buscar en el mercado un cuadro que tenga un número de módulos igual o superior al calculado. Elegimos un cuadro de 24 módulos de 12x2.

La figura de la derecha muestra el cuadro elegido para este supuesto.



Actividades

- Basándote en la figura 6.39, realiza un montaje en una caja de registro de 100x100 de superficie, en la cual se debe instalar un racor enchufable para tubo rígido de 25 mm, un racor PG16 (M20) para tubo flexible anillado, y un racor enchufable para tubo rígido de 32 mm cuya entrada deberás mecanizar mediante coronas o broca escalonada para poder insertar este último racor en la caja de registro. Finalmente, inserta un prensaestopas de 16 mm para la inserción de una manguera en el cuadro.

4. Grados de protección (IP, IK)

Las envoltentes proporcionan la protección del material eléctrico frente a las influencias externas, así como la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas. El nivel de protección de las envoltentes se establece mediante dos tipos de grados de protección: el código IP y el código IK.

- **Código IP:** indica el grado de protección de las envoltentes con dos cifras. La primera indica el grado de protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños y el segundo, contra la penetración de agua.
- **Código IK:** indica el grado de protección proporcionado por la envoltente contra los impactos mecánicos nocivos, salvaguardando así los materiales o equipos en su interior.

Las tablas para la identificación de los grados de protección son las siguientes:

1ª cifra Protección contra objetos sólidos		
0		Sin protección
1		Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 50 mm
2		Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 12,5 mm
3		Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 2,5 mm (herramientas, tornillos)
4		Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 1 mm (herramientas finas, cables pequeños)
5		Protegido contra el polvo (sin depósitos perjudiciales)
6		Totalmente protegido contra el polvo

Tabla 6.8. Códigos.

2ª cifra Protección contra cuerpos líquidos		
0		Sin protección
1		Protegido contra caída vertical de gotas de agua (condensación)
2		Protegido contra caída de gotas de agua hasta 15° respecto a la vertical
3		Protegido contra el agua de lluvia hasta 60° respecto a la vertical
4		Protegido contra proyecciones de agua procedentes de cualquier dirección
5		Protegido contra chorros de agua de manguera procedentes de cualquier dirección
6		Totalmente protegido contra proyecciones de agua asimilables a golpes de mar
7		Protegido contra efectos de inmersión
8		Protegido contra efectos de inmersión prolongada en condiciones específicas

Grado IK	Energía (j)	Masa (kg)/altura de la pieza (mm)
IK 00	—	—
IK 01	0,15	0,2/70
IK 02	0,2	0,2/100
IK 03	0,35	0,2/175
IK 04	0,5	0,2/250
IK 05	0,7	0,2/350
IK 06	1	0,5/200
IK 07	2	0,5/400
IK 08	5	1,7/295
IK 09	10	5/200
IK 10	20	5/400

Tabla 6.9. Códigos IK.

Ejemplo

En una instalación en montaje superficial, se exige que las cajas de registro tengan un grado de protección contra la entrada de polvo, sin que este pueda perjudicar a las conexiones y, por otro lado, que esta envoltente proteja contra la proyección de chorros de agua procedentes de cualquier dirección. Determinar su código IP.

En este caso, la caja de registro debe tener un código de protección mínimo IP 55, tal como muestra la figura.



Figura 6.53.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Material

- Mangueras de 0,6/1 kV de 1,5 mm²
- 3 m de bandeja de rejilla de 60×100, soportes y piezas de unión
- Tubo PVC rígido de 16 mm
- Cajas de registro, botoneras, bases industriales, etc.
- Interruptores automáticos, diferenciales, contactores, telerruptor e interruptor

Montaje en bandeja de rejilla

Desarrollo

1. Se va a realizar la canalización de una instalación en una industria. Se utilizarán 3 tramos de bandeja de rejilla, uno en posición horizontal y otros dos en posición vertical y el cableado se realizará con mangueras. Para las curvas y cambios de nivel en la bandeja se realizarán los cortes que se indican en la figura de montaje.

Los circuitos a canalizar son los siguientes:

■ Circuitos de motores:

Se destinan a alimentar dos motores trifásicos que trabajan de forma conjunta con marchas separadas (**S4** y **S5**) pero con el mismo botón de paro (**S3**) que dispondrá de enclavamiento (se utilizará una seta de emergencia).

■ Circuito de alumbrado:

El área industrial se ilumina con dos lámparas principales (**E1** y **E2**) que se accionan mediante dos pulsadores (**S1** y **S2**) y un telerruptor. Además este área dispone de dos lámparas auxiliares que se accionarán de forma automática en un intervalo horario.

2. Realiza el esquema multifilar de la instalación.

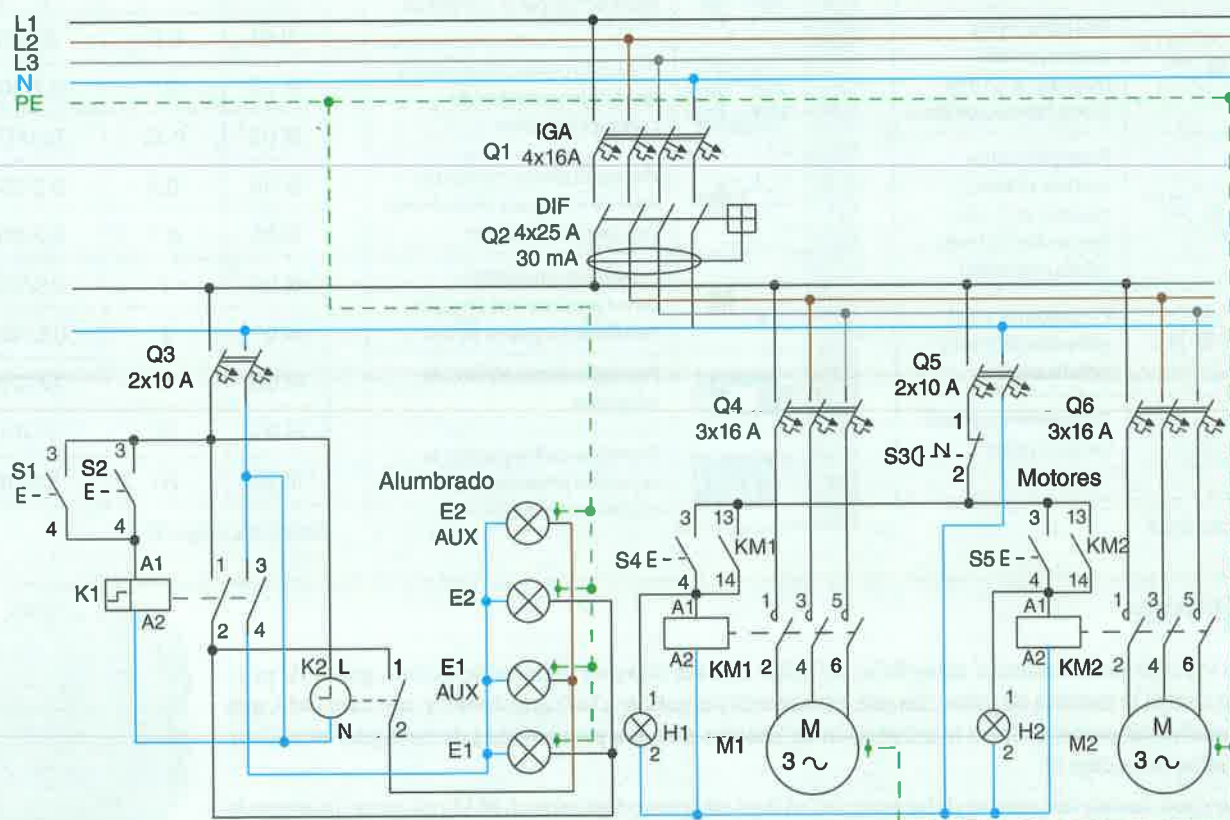
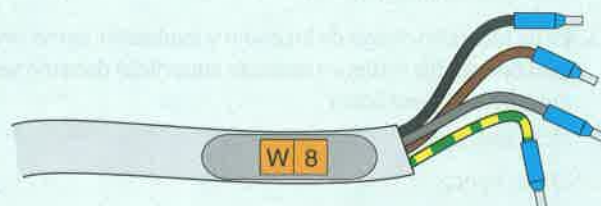


Figura 6.54. Esquema topográfico de la instalación.

3. Identificación de mangueras.

El cableado se realizará con distintas mangueras que partirán del cuadro correspondiente hasta cada uno de los mecanismos y receptores. La conexión de las lámparas podrá realizarse en las cajas de derivación. Se utilizarán mangueras RZ1-K 0,6/1 kV (AS) o RV-K 0,6/1 kV de 1,5 mm². Las mangueras necesarias llegarán al cuadro de control y quedarán identificadas del siguiente modo:

Identificador	Manguera	Nº cond./sec.
W1	Alimentación general	5G1,5 mm ²
W2	Alumbrado principal	3G1,5 mm ²
W3	Alumbrado auxiliar	3G1,5 mm ²
W4	Línea de pulsadores	2x1,5 mm ²
W5	Línea de seta	2x1,5 mm ²
W6	Botonera 1	3x1,5 mm ²
W7	Botonera 2	3x1,5 mm ²
W8	Motor 1	4G1,5 mm ²
W9	Motor 2	4G1,5 mm ²



W8: Manguera de alimentación del Motor 1

Figura 6.55. Identificación de las mangueras.

4. Realiza el montaje de la instalación según muestra la siguiente figura. Corta 3 tramos de una bandeja de rejilla de 60x100. Uno de ellos se posicionará en horizontal y en él realiza 2 **cambios de nivel**. En uno de los tramos verticales realiza una **curva de 90°** y en el otro realiza una **unión T** con el tramo horizontal.



Figura 6.56. Montaje de la instalación.

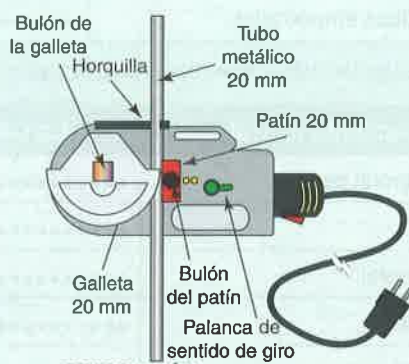
TEST DE EVALUACIÓN

RESUELVE EN TU CUADERNO O BLOC DE NOTAS

1. Un tubo corrugado de 20 mm de diámetro en montaje empotrado podrá alojar:
 - a) 5 conductores de 4 mm².
 - b) 3 conductores de 6 mm².
 - c) 5 conductores de 2,5 mm².
2. En una canaleta desmontable con la mano, ¿se pueden utilizar cables sin cubierta?
 - a) Sí, siempre.
 - b) No, nunca.
 - c) Sí, pero únicamente en aislamientos para tensiones menores que 0,6/1 kV.
3. En un local con riesgo de incendio y explosión, como una gasolinera, ¿los tubos en montaje superficial deberán ser únicamente metálicos?
 - a) Sí, siempre.
 - b) No, nunca.
 - c) Depende de la potencia del local.
4. Señala el accesorio que se utiliza para la entrada de conductores a una caja de registro en una canalización en montaje superficial estanca:
 - a) Manguito.
 - b) Prensaestopas.
 - c) Racor.
5. Indica cuál es la bandeja más indicada en una canalización donde se requiere una gran ventilación de los conductores y además soportar un gran peso:
 - a) De rejilla.
 - b) De escalera.
 - c) Perforada.
 - d) Estanca.
6. Los tubos en montaje superficial serán:
 - a) Rígidos y excepcionalmente curvables.
 - b) Corrugados.
 - c) Corrugados, pero de doble capa.
7. El cuadro de distribución que debe alojar 3 interruptores automáticos tripolares, dos bipolares y un tetrapolar y un diferencial tetrapolar tendrá un número de mínimo módulos de:
 - a) 18.
 - b) 21.
 - c) 24.
 - d) 32.
8. Se recomienda colocar los conductores bajo tubo enterrados en una zanja en aceras, parques y jardines a una profundidad mínima de:
 - a) 45 cm.
 - b) 60 cm.
 - c) 80 cm.
9. Si un cuadro de distribución debe estar protegido contra polvo y protegido contra chorros de agua procedentes de todas direcciones, su IP será:
 - a) IP55.
 - b) IP65.
 - c) IP4X.
10. Los conductores directamente grapados sobre la pared:
 - a) Se recomienda que sean de tensión de aislamiento de 0,6/1 kV.
 - b) Deberán tener una tensión de aislamiento mínima de 450/750 V.
 - c) Deberán ser obligatoriamente de 0,6/1 kV.

ACTIVIDADES FINALES

1. Realiza una curva en caliente de aproximadamente unos 120° en un tubo rígido de PVC, utilizando para ello una pistola de aire caliente (decapadora) o soplete. Como guía, puedes dibujar con una tiza en el suelo el ángulo a doblar. Si utilizas un soplete, evita que la llama le llegue al tubo, ya que este únicamente necesita calor. Después, ve doblando con la mano hasta obtener la curva deseada.
2. Realiza una curva de 90° en un tubo metálico de 20 mm de diámetro, utilizando la curvadora que tengas en el taller. Si la curvadora es manual, fíjate en el proceso reflejado en la figura 6.11 y, si es eléctrica, realízalo según lo descrito en la figura siguiente.



PREPARACIÓN PARA EL CURVADO

- a) Introducir la galleta de 20 mm en su bulón.
- b) Introducir el tubo a través de la galleta y patín de 20 mm y de la horquilla e introducir el bulón del patín.
- c) El tubo quedará sujetado preparado para ser curvado, con lo cual se accionará la palanca de avance.

Nota: tanto la galleta como el patín deben ser del mismo diámetro del tubo; es decir, en este caso, de 20 mm.



CURVADO

- a) Accionar la palanca en el sentido de curvado y pulsar el botón de marcha.
- b) La galleta girará realizando el curvado del tubo.
- c) Cuando se obtenga la curva deseada, soltar el botón de marcha y la máquina se parará.
- d) Accionar la palanca en sentido de retroceso y pulsar el botón de marcha. La galleta girará en sentido contrario hasta su posición inicial y parará.
- e) Extraer el bulón de sujeción del patín, retirar el patín y sacar el tubo ya curvado.

Figura 6.57.

3. En función de la sección y número de conductores y el tipo de canalización bajo tubo, y teniendo en cuenta las tablas correspondientes de la ITC-BT 21, indica el diámetro del tubo.

Canalización	Nº cables y sección	Ø Tubo
Al aire	3 de 2,5 mm ²	.....
Enterrado	7 de 10 mm ²	.....
Al aire	2 de 1,5 mm ²	.....

Canalización	Nº cables y sección	Ø Tubo
Empotrado	3 de 6 mm ²	.....
Superficie	5 de 4 mm ²	.....
Empotrado	5 de 4 mm ²	.....

4. Indica, para las siguientes canalizaciones, qué tipo de conductor es el más adecuado de los del listado.

Unipolares H07V-K
Manguera RV-K 0,6/1 kV
Manguera H05VV-K
Unipolares RZ1-K 0,6/1 kV

Canalización	Conductor
Grapado en la pared	
En bandeja perforada	
En moldura	
En tubo empotrado	

ACTIVIDADES FINALES

- 5. Escoge del listado cuál es la medida que hay que cumplir en cada uno de los supuestos de canalización.

	Canalización	Medida
20 cm	Distancia entre puntos de fijación de tubos en superficie	.....
50 cm	Distancia entre puntos de fijación de cables sobre pared	.....
0,5 m	Distancia de la roza a las ventanas en tubos empotrados	.....
40 cm	Profundidad en las curvas de la roza en tubos empotrados	.....

- 6. En función de las características del local, escoge del listado la canalización más adecuada al tipo de emplazamiento o local.

	Emplazamiento o local	Canalización
En bandeja perforada	Instalación temporal de obra	.....
Falso techo (hueco construcción)	Gasolinera	.....
Tubo metálico	Industria en general	.....
Directamente en pared y suelo	Alumbrado público	.....
Enterrado	Alumbrado de oficina	.....

- 7. En una nave industrial se instalan 20 circuitos trifásicos de potencia canalizados en una capa sobre una bandeja de rejilla de 60 mm de ala. Los conductores tendrán aislamiento XLPE y serán libres de halógenos tipo RZ1-K 0,6/1 kV (AS). Se aplicará un factor de relleno $K = 1,4$ y un porcentaje de ampliación $a = 40\%$.

Se pide:

- Completar los datos de la tabla utilizando las especificaciones de conductores reflejadas en el **Anexo C** de este libro, y en función de estos resultados calcula la sección necesaria que debe tener la bandeja.
- Indica en esta tabla la $I_{m\acute{a}x}$ y la $I_{m\acute{a}x}'$ (corregida por agrupación) de cada uno de los circuitos. Ten en cuenta que según la tabla C-52-13 de la **Norma UNE-HD 60.364-5-52**, para canalizaciones en bandejas perforadas (y de rejilla) para 9 o más circuitos agrupados en una capa se aplica un **factor de corrección** a la $I_{m\acute{a}x}$ de 0,70.
- Calcula la mínima **carga de trabajo** necesaria de la bandeja que podrá soportar el peso total de los conductores.
- Utilizando los datos de bandejas de rejilla reflejados en el **Anexo C**, elige una de ellas y comprueba si la misma podrá soportar la carga de los conductores instalados si la distancia entre soportes es de 1,5 m.

RZ1-K 0,6/1 kV (AS)							
Nº circuitos	Nº Conductores/ Sección (mm²)	Diámetro exterior (mm)	Sección exterior (mm²)	Peso total (kg/m)	Método de canalización	$I_{m\acute{a}x}$ (A)	$I_{m\acute{a}x}'$ (A)
2	10 conductores 1×10	8,4	55,41	0,140	F	72	$72 \cdot 0,7 = 50,4$
4	4 mangueras 3×95/50	.....	.....	.....	E	.....	.....
4	4 mangueras 5G10	.....	.....	.....	.....	.....	.....
7	7 mangueras 3×35/16	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	15 conductores 1×16	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Tabla 6.10.

Recuerda: que la sección exterior de un cable incluyendo aislamientos y cubiertas es: $S = n \cdot r^2$ y que la ecuación para obtener la sección útil es: $S = [K(100 + a)/100] \Sigma n$ (Donde Σn es la suma de todas las secciones exteriores de los cables).

8. En una instalación, parten de un cuadro general 3 líneas de alimentación a 3 cuadros secundarios, tal como muestra la Figura 6.58. Se pide realizar una tabla con los resultados de las secciones y los diámetros de los tubos de las 4 canalizaciones indicadas.

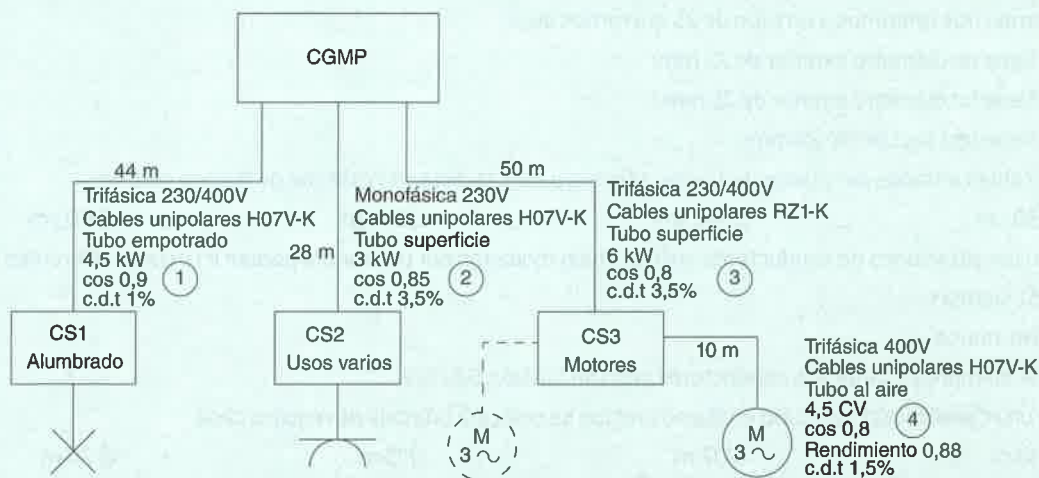


Figura 6.58.

Nº	Canalización	Nº y tipo de conductores-Sección	Diámetro del tubo
1	Tubo empotrado		
2	Tubo en superficie		
3	Tubo en superficie		
4	Tubo al aire		

9. Calcula el diámetro interior y exterior del tubo, en función del tipo de canalización y de la sección exterior de los conductores que aloja. Utiliza las ecuaciones de la tabla 6.3 y los datos dados por los fabricantes de cables y tubos de las tablas 6.12 y 6.13.

Secc. cable H07Z1-K	Ø Ext. (mm)
1x1,5 mm ²	3,4
1x2,5 mm ²	4,1
1x4 mm ²	4,8
1x6 mm ²	5,3
1x10 mm ²	6,8

Tabla 6.12.

Tubo helicoidal		
Tubo	Ø Ext.	Ø Int.
PG16	22,8	17,3
PG21	27,5	21,8
PG29	36,5	29,4
PG36	46,5	38,9
PG48	59,4	50,9

Tabla 6.13. Diámetros exterior e interior de diferentes tipos de tubos.

Tubo H		
Tubo	Ø Ext.	Ø Int.
M16	16	10,5
M20	20	14
M25	25	18
M32	32	24,5
M40	40	31,5

Tubo corrugado		
Tubo	Ø Ext.	Ø Int.
M16	16	10,7
M20	20	13,4
M25	25	18,5
M32	32	24,3
M40	40	31,2

Conductores en un mismo tubo	Canalización	Ø Int. (mm)	Ø Ext. (mm)
10 cables de 1,5 mm ²	Superficie		
3 cables de 2,5 mm ² + 3 cables de 4 mm ²	Empotrada		
8 cables de 4 mm ²	Empotrada		
6 cables de 1,5 mm ²	Al aire		
3 cables de 4 mm ² + 2 cables de 6 mm ²	Superficie		
2 cables de 1,5 mm ² + 2 de 4 mm ² + 1 de 10 mm ²	Empotrada		

ACTIVIDADES FINALES

Test de REBT

10. Realiza los siguientes test de las instrucciones ITC-BT 20 y 21 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

1. Cuando nos referimos a un tubo de 25 queremos decir:
 - a) Tiene un diámetro exterior de 25 mm.
 - b) Tiene un diámetro interior de 25 mm.
 - c) Tiene una sección de 25 mm².
2. En cables aislados directamente fijados sobre la pared, la distancia máxima de fijación será de:
 - a) 30 cm
 - b) 40 cm
 - c) 50 cm
 - d) 60 cm
3. ¿En canalizaciones de conductores aislados bajo molduras por una ranura podrán ir circuitos diferentes?
 - a) Sí, siempre.
 - b) No, nunca.
 - c) Sí, siempre y cuando los conductores sean de tensión 0,6/1kV.
4. En una canalización bajo tubo en tramos rectos se colocará una caja de registro cada:
 - a) 10 m
 - b) 12 m
 - c) 15 m
 - d) 20 m
5. Para canalizaciones empotradas, los tubos deberán estar recubiertos de una capa mínima de:
 - a) 0,5 cm en tramos rectos y curvas.
 - b) 1 cm en tramos rectos y curvas.
 - c) 1 cm en tramos rectos y 0,5 en curvas.
6. En una instalación enterrada bajo tubo, ¿cuantos circuitos se pueden instalar por tubo?
 - a) Máximo 6 conductores por tubo.
 - b) Máximo 2 circuitos por tubo, si estos son monofásicos.
 - c) Máximo 1 circuito por tubo.
7. ¿Se pueden instalar directamente cables en el hueco de un falso techo?
 - a) No, nunca.
 - b) Sí, pero solo si estos van bajo tubo.
 - c) Sí, siempre que sean de tensión asignada 0,6/1kV con cubierta y no propagadores de llama.
8. En el caso de utilizar molduras de tipo rodapié ranurado para canalizar la instalación:
 - a) Solo se podrán instalar cables multipolares.
 - b) Se podrán instalar cables unipolares si la tensión asignada no es inferior a 0,6/1 kV.
 - c) Se podrán instalar cables unipolares si la tensión asignada no es inferior a 450/750 V.
9. En el caso de una canalización eléctrica con canaleta cuya tapa se puede desmontar con la mano:
 - a) Se pueden empalmar conductores en su interior.
 - b) Solo se pueden realizar empalmes si cada conductor a empalmar va separado por un tabique.
 - c) No se puede realizar ningún tipo de empalme.
10. La distancia máxima entre las bridas o abrazaderas que sujetan los tubos colocados en montaje superficial será:
 - a) 50 cm.
 - b) 60 cm.
 - c) 70 cm.
11. En el caso de una canalización con conductores aislados en bandeja:
 - a) Solo se utilizarán cables con cubierta y, a ser posible, de tensión asignada 0,6/1kV.
 - b) Solo se utilizarán cables multipolares.
 - c) Ambas son correctas.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Material

- Interruptores automáticos y diferenciales, contactores, relé térmico, relés auxiliares y detector de presencia
- Tubo H, tubo helicoidal, codos, curvas, manguitos y racores
- Cajas de registro y de mecanismos de superficie y bases de corriente
- Botoneras, pulsadores, interruptores y lámparas de señalización

Instalación de una nave industrial con canalización en montaje superficial

Desarrollo

1. El plano de distribución de la figura 6.59 muestra las dos áreas de la nave: una de trabajo y otra de vigilancia.

En el área de trabajo, se instalan dos cuadros de distribución, el alumbrado principal, un motor y las bases de corriente. En el área de vigilancia, solo se instalan lámparas led, que iluminarán el pasillo únicamente cuando se detecte presencia de personal en la zona.

Los circuitos que parten del CGMP son los siguientes:

Circuitos	Receptores	Longitud	Tubo
Alumbrado	Principal: 3 lámparas de vapor de mercurio de 125 W accionadas desde el pulsador en el cuadro general.	70 m	H
	Vigilancia: 3 lámparas led de 50 W accionadas mediante detector de presencia ubicado en el área.	52 m	H
Fuerza	Línea trifásica de alimentación del cuadro secundario.	68 m	H

Los circuitos que parten del Cuadro Secundario son los siguientes:

Motor 5,15 kW, 400 V, $\cos \varphi = 0,85$. Se controla desde dos puntos de la nave a través de botoneras. El paro solo se puede realizar desde la posición que le puso en marcha.	2 m	Helicoidal
Tomas monofásicas industriales y bases schuko de uso general. Potencia de 3 kW.	15 m	H

El esquema de distribución en planta es el siguiente:

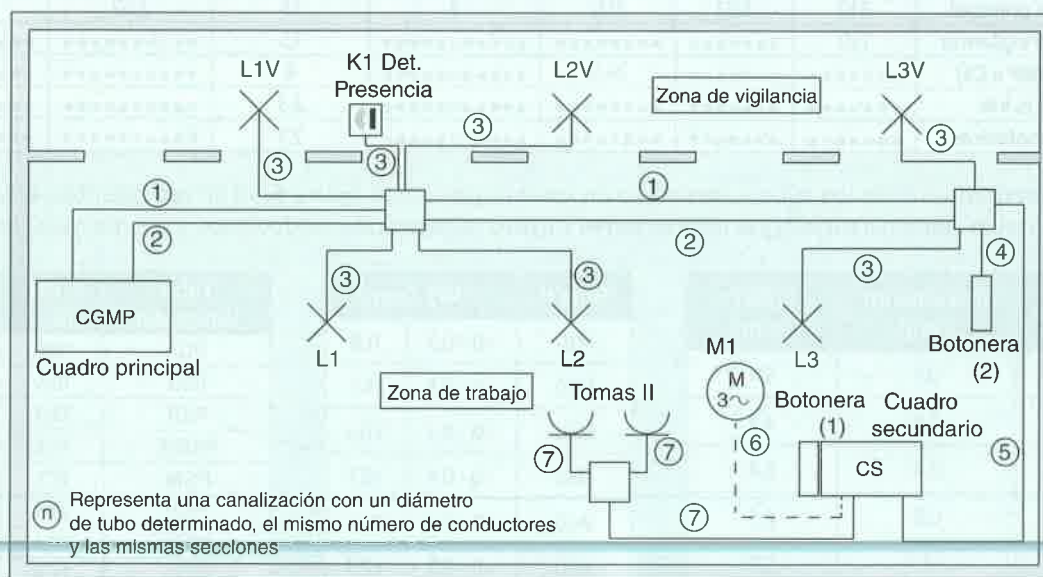


Figura 6.59. Esquema de distribución en planta de la instalación eléctrica de la nave.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

continuación

2. Cálculos de las secciones y protecciones, teniendo en cuenta los siguientes datos:

Circuito	II/III	Tensión (V)	Potencia (W)	cos φ	L (m)	c.d.t. (%)	Canalización
Alumbrado principal	II	230	$3 \cdot 150 \cdot 1,8$	1	70	3	T. superficie
Alumbrado vigilancia	II	230	$3 \cdot 50$	1	52	3	T. superficie
Fuerza (CGMP a CS)	III	400	$(5150 \cdot 1,25) + 3000$	0,8	68	1,5	T. superficie
Motor de 5,15 kW	III	400	$5150 \cdot 1,25$	0,85	2	3,5	Tubo al aire
Tomas monofásicas	II	230	3000	0,85	15	3,5	T. superficie

Notas:

- En alguno de los tramos, las dos líneas de alumbrado se canalizan bajo el mismo tubo.
- El circuito que alimenta CS en uno de los tramos (tramo 5) se canaliza junto al circuito de mando del motor.
- Los conductores serán H07V-K.

2.1. Cálculo del alumbrado principal. Se tendrá en cuenta que:

- Según la ITC-BT 44 la potencia de cálculo para las líneas de alimentación de lámparas de descarga será 1,8 veces la potencia nominal de las mismas compensadas con un f.d.p. $\geq 0,9$ (para el cálculo se aplicará un $\cos \phi = 1$).
- La c. d. t. es del 3% y el método de instalación es B1 (unipolares bajo tubo).
- Se aplica factor de corrección de 0,8 (tabla C.52.13 de la Norma UNE HD 60.364.5.52) a la $I_{m\acute{a}x}$, ya que el circuito de alumbrado principal se agrupa con el de vigilancia en algún tramo.

a) Por c.d.t.:

$$S = \frac{2 \cdot 810 \cdot 70}{48 \cdot 6,9 \cdot 230} = 1,48 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2$$

b) Por $I_{m\acute{a}x}$

$$I = \frac{810}{230 \cdot 1} = 3,52 \text{ A}$$

Para el método de instalación B1-2xPVC, un cable de $1,5 \text{ mm}^2$ tiene una $I_{m\acute{a}x}$ de 14,5 A que, aplicando un factor de agrupamiento $FC_{AGR} = 0,8$, se obtiene una $I_{m\acute{a}x}' = 14,5 \cdot 0,8 = 11,6 \text{ A}$.

La protección será de: 10 A ($3,52 \text{ A} \leq 10 \text{ A} \leq 11,6 \text{ A}$)

2.2. Completa la tabla de resultados para el resto de circuitos.

Circuito	Pot. (W)	Int. (A)	$I_{m\acute{a}x}'$ (A)	c.d.t. max (%)	Secc. (mm ²)	c.d.t. real (%)	Protec. (A)
Alumbrado principal	810	3,91	11,6	3	1,5	2,97	10
Alumbrado vigilancia	150	*****	*****	*****	1,5	*****	*****
Fuerza (CGMP a CS)	*****	*****	24,8	*****	6	*****	*****
Motor de 5,15 kW	*****	*****	*****	*****	2,5	*****	*****
Tomas monofásicas	*****	*****	*****	*****	2,5	*****	*****

3. Cálculo del diámetro de los tubos, teniendo en cuenta que en la figura 6.59 se representan enumerados los diferentes tramos de tubos que contienen el mismo número de conductores y las mismas secciones.

Sección (mm ²)	Aislamiento (mm)	Ø EXT. (mm)	Tubo H	Ø INT. (mm)	Tubo Helicoidal	Ø INT. (mm)	Ø EXT. (mm)
1x1,5	0,7	3,4	M16	+0 -0,3	PG7	8,6	13,1
1x2,5	0,8	4,1	M20	+0 -0,3	PG9	10,4	15,3
1x4	0,8	4,8	M25	+0 -0,4	PG11	13,9	19,0
1x6	0,8	5,3	M32	+0 -0,4	PG13,5	15,3	20,6
1x10	1	6,8	M40	+0 -0,4	PG16	17,3	22,8
			M50	+0 -0,5	PG21	21,8	27,5
					PG29	29,4	36,5
					PG36	38,9	46,5

Tabla 6.11.

3.1. Cálculo del tramo 1.

Este tramo alberga los conductores de los dos circuitos de alumbrado, siendo un total de 6 conductores de 1,5 mm² (3 cables para el principal + 3 para el de vigilancia). El diámetro del tubo será el siguiente:

$$\varnothing \text{ INT. Tubo} = \varnothing \text{ EXT. Cable} \sqrt{(n \cdot fc)} \rightarrow \varnothing \text{ INT. Tubo} = 3,4 \sqrt{6 \cdot 2,5} = 13,6 \text{ mm}$$

Se utilizará un tubo PVC rígido de 20 mm que, según la tabla anterior, será de $\varnothing$ INT. Tubo = 15,7 mm.

3.2. Completa la tabla de resultados teniendo en cuenta la ITC-BT 21 o los datos de fabricantes de tubos.

Tramo	Montaje	Circuitos	Nº cond./ secc. (mm ²)	$\varnothing$ INT. Tubo calculado (mm)	$\varnothing$ EXT. Tubo elegido (mm)
Tramo 1	Superficie	2 circuitos de alumbrado	6 x 1,5	13,16	20
Tramo 2	Superficie	1 circuito de fuerza	5 x 6	—	*****
Tramo 3	Superficie	1 circuito de alumbrado	*****	—	*****
Tramo 4	Superficie	1 circuito de mando (botonera 2)	5 x 1,5	—	*****
Tramo 5	Superficie	1 fuerza + 1 mando (botonera 2)	5 x 6 + 5 x 1,5	*****	*****
Tramo 6	Al aire	1 circuito motor	*****	—	*****
Tramo 7	Superficie	1 circuito de tomas monofásicas	*****	—	*****

4. Diseño de los esquemas eléctricos. Se instalarán dos cuadros de distribución:

- a) **Cuadro principal (CGMP).** En él, se instalarán el interruptor general, las protecciones de los circuitos de alumbrado y la protección de la línea de alimentación del cuadro secundario.

El alumbrado principal se activa con el interruptor rotativo S1 que actúa sobre el contactor K1. El alumbrado de vigilancia se activa con el detector de presencia K2 instalado en la zona de vigilancia.

- b) **Cuadro secundario (CS).** En él, se ubicarán las protecciones de las tomas monofásicas y del motor, así como los equipos de maniobra, que se encargarán de hacer posible su marcha y que este sea parado únicamente desde donde se activó (desde el cuadro o desde la botonera externa).

Las figuras siguientes representan los diferentes esquemas eléctricos:

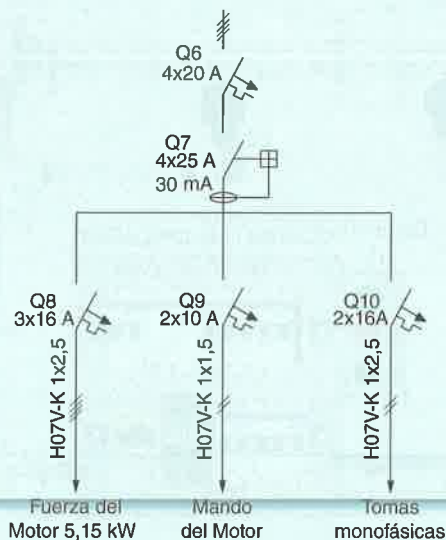


Figura 6.60. Esquema del CGMP.

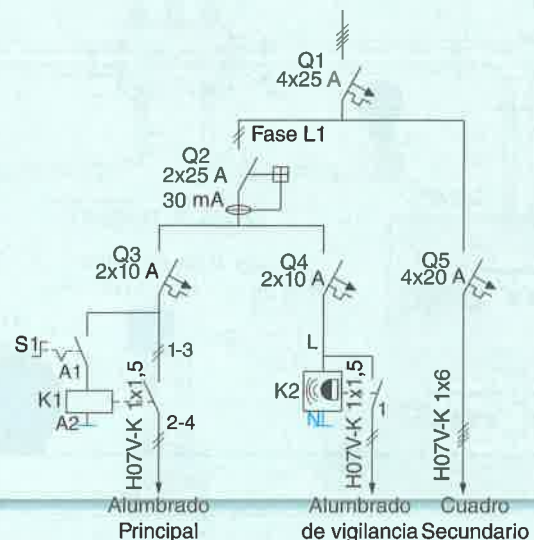


Figura 6.61. Esquema del cuadro secundario.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

continuación

c) Esquemas de fuerza y mando de la maniobra del motor.

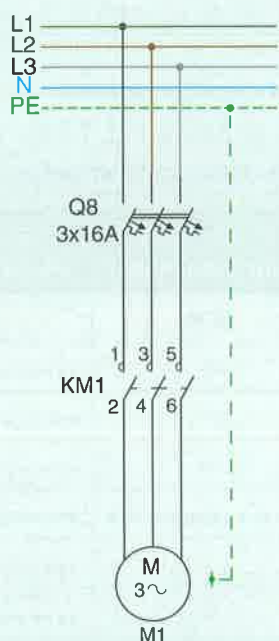


Figura 6.62. Esquema de fuerza (en el CS).

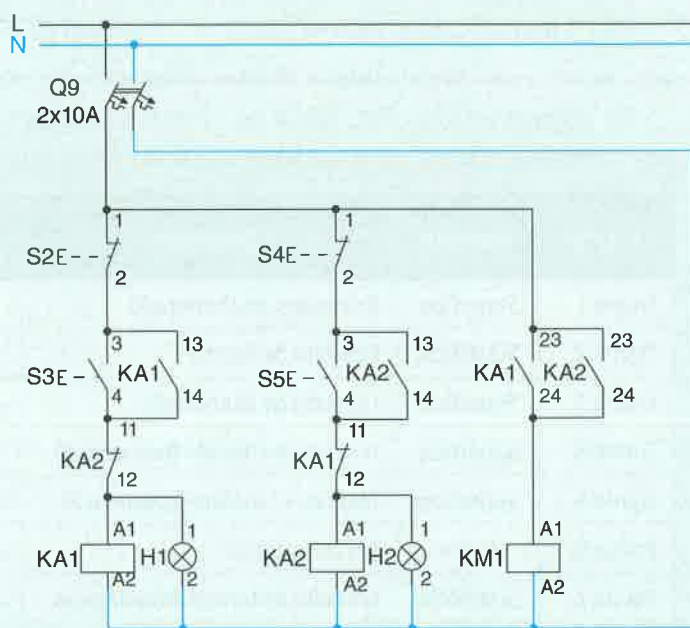


Figura 6.63. Esquema de mando (en el CS).

5. Realiza, sobre el panel de pruebas, el montaje de la instalación según el esquema de la figura:

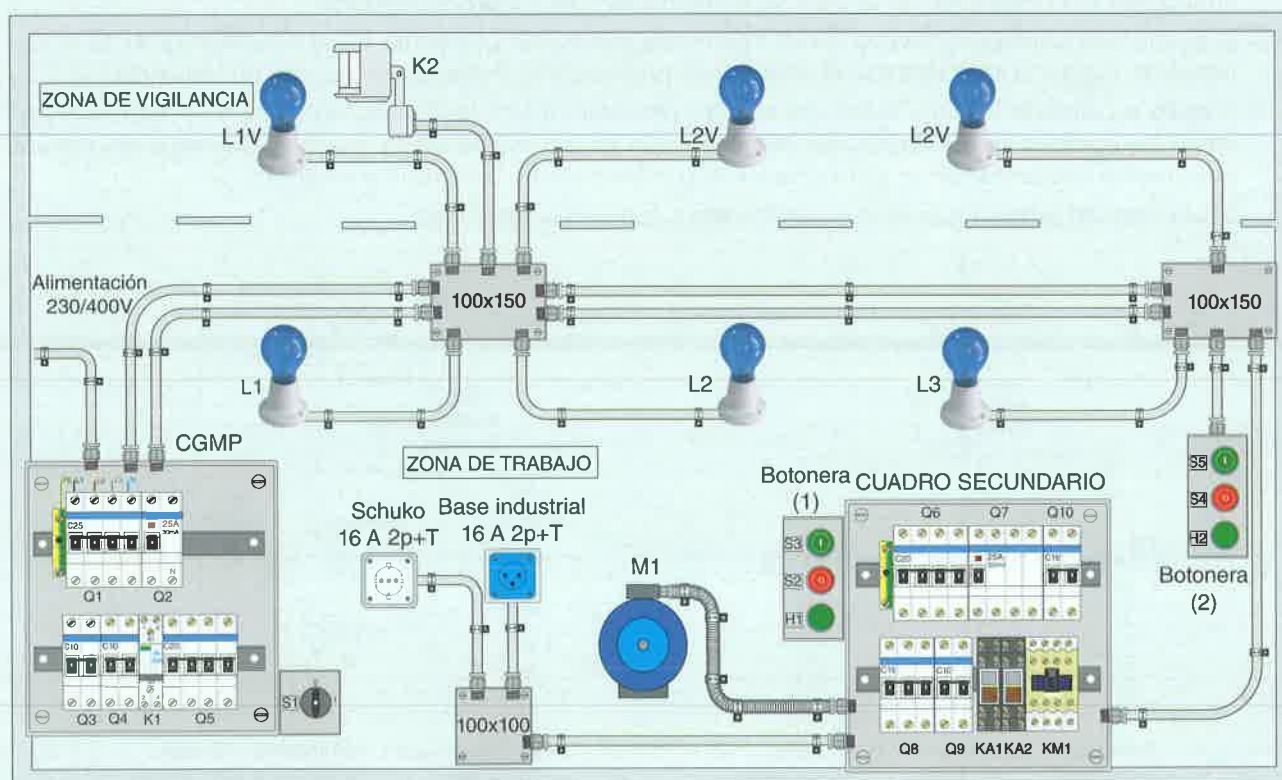
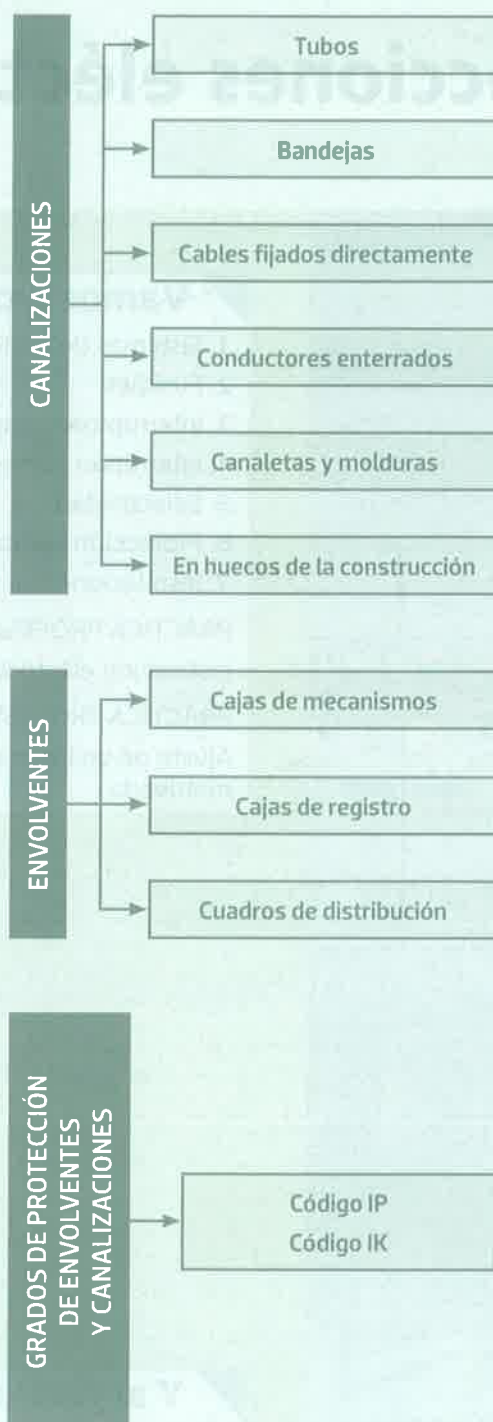


Figura 6.64. Esquema de montaje.

EN RESUMEN



7

Protecciones eléctricas



Vamos a conocer...

1. Sistemas de protección eléctrica
2. Fusibles
3. Interruptores magnetotérmicos o automáticos
4. Interruptor diferencial
5. Selectividad
6. Protección contra sobretensiones
7. Instalaciones de puesta a tierra

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Instalación eléctrica de un local comercial

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Ajuste de un interruptor automático de caja moldeada

Y al finalizar esta unidad...

- Conocerás los diferentes sistemas de protección eléctrica.
- Aprenderás los diferentes tipos de dispositivos de protección, sus características y aplicaciones.
- Llevarás a la práctica el montaje de un cuadro de protección eléctrico de un local comercial, así como la instalación eléctrica interior.

1. Sistemas de protección eléctrica

Los sistemas de protección eléctrica están constituidos por todos los medios destinados a proteger de los **riesgos eléctricos** a las personas y a los equipos de una instalación, así como a evitar las consecuencias que se derivan de los mismos como, por ejemplo, caídas, electrocución, incendios, explosiones, etc.

Atendiendo a su naturaleza, podemos realizar la siguiente clasificación de los riesgos eléctricos:

Riesgos eléctricos	
Profesionales (choque eléctrico) Contra personas y animales domésticos	■ Contacto directo ■ Contacto indirecto
Materiales contra equipos eléctricos	■ Sobreintensidad: – Sobrecarga – Cortocircuito – Por descargas eléctricas atmosféricas ■ Sobretenión

Tabla 7.1.

1.1. Contacto directo e indirecto

Las redes de distribución pública, propiedad de las empresas suministradoras de energía eléctrica, emplean un sistema de conexiones para distribuir la baja tensión denominado **sistema TT**. (Véase figura 7.1). Este sistema consiste en la puesta a tierra del neutro del centro de transformación y, también, la puesta a tierra de todas las masas. Esto garantiza la derivación a tierra de las corrientes de defecto que puedan aparecer en la instalación, y su detección por un dispositivo de corte, que generalmente será el **diferencial**.

El **contacto directo** se produce cuando las personas o animales tocan directamente partes activas de la instalación, entendiéndose como tales aquellas que están habitualmente con tensión (conductores, bornes, etc.).

El **contacto indirecto** se produce cuando las personas o animales tocan la masa de un receptor en el cual se ha producido un fallo de aislamiento. Este fallo o defecto se conoce como **derivación a masa**.

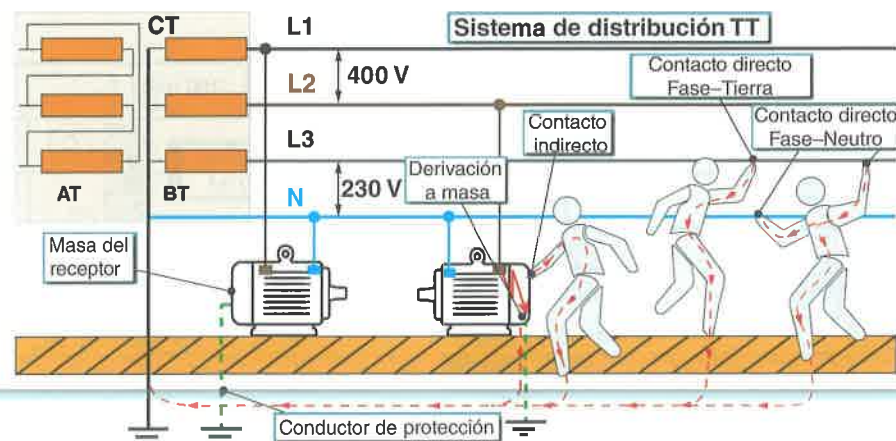


Figura 7.1. Sistema de distribución TT con un contacto indirecto y dos contactos directos (Fase-Tierra y Fase-Neutro).

Saber más

Si bien las redes de distribución **TT** son las más utilizadas, existen otros dos tipos, denominados **TN** e **IT**, cuyas características vienen recogidas en la ITC-BT 08. Estas se emplean fundamentalmente en redes de distribución privadas (con centro de transformación propio).

Saber más

Si bien los **efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano** son diversos, debemos recordar siempre que, a partir de una intensidad de contacto superior a 30 mA, existe el riesgo de muerte si el contacto es muy prolongado.

Saber más

Las medidas de protección por aislamiento con barreras y envoltentes las encontramos en los materiales y equipos eléctricos que se comercializan (el aislamiento de cables y bornas, cajas de registro, carcasas de maquinaria, cuadros eléctricos, etc.). La protección por obstáculos y alejamiento se da en instalaciones donde solo tiene acceso personal autorizado, ya que no facilitan una protección total (salas de máquinas, centros de transformación, etc.).

Saber más

Para calcular la sensibilidad del diferencial, así como la resistencia de la toma de tierra, se utilizará como referencia la **tensión máxima de contacto** a la que puede quedar sometida una persona cuyos valores son: **50 V** en locales o emplazamientos secos y **24 V** en locales o emplazamientos húmedos o mojados, teniendo que cumplir la siguiente expresión:

$$R_{\text{Tierra}} \cdot I_{\text{Sensibilidad}} \leq U_{\text{Máxima de contacto}}$$

1.2. Protección contra contactos directos e indirectos

Las medidas de protección contra contactos directos, según la ITC-BT-24, son las siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envoltentes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Las cuatro primeras (denominadas pasivas) están dirigidas a evitar el contacto directo, mientras que la quinta se basa en el corte automático del diferencial una vez que se ha producido el contacto; por tanto, está destinada a complementar a las anteriores.

El **diferencial** basa su funcionamiento en la desconexión del circuito cuando la diferencia entre la corriente entrante y saliente de sus bornes supera su intensidad diferencial o **sensibilidad**. En el croquis de la figura 7.2, observamos como la imprudencia de un usuario puede anular las medidas pasivas, quedando solamente protegido por la actuación del diferencial. Igualmente en dicha figura, se observa el caso en que el diferencial no actúa, ya que la corriente de contacto es menor que la sensibilidad del diferencial.

Las medidas de protección contra contactos indirectos, según la ITC-BT 24, son:

- Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente.
- Protección en los locales o emplazamientos no conductores.
- Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra.
- Protección por separación eléctrica.
- Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual (diferencial).

Al igual que las medidas de protección contra contactos directos, las cuatro primeras son denominadas pasivas y están dirigidas a evitar las intensidades a tierra, mientras que la quinta se basa en el corte automático de la instalación una vez que el diferencial ha detectado una corriente a tierra, impidiendo que aparezca una tensión de contacto peligrosa (ver figura 7.2).

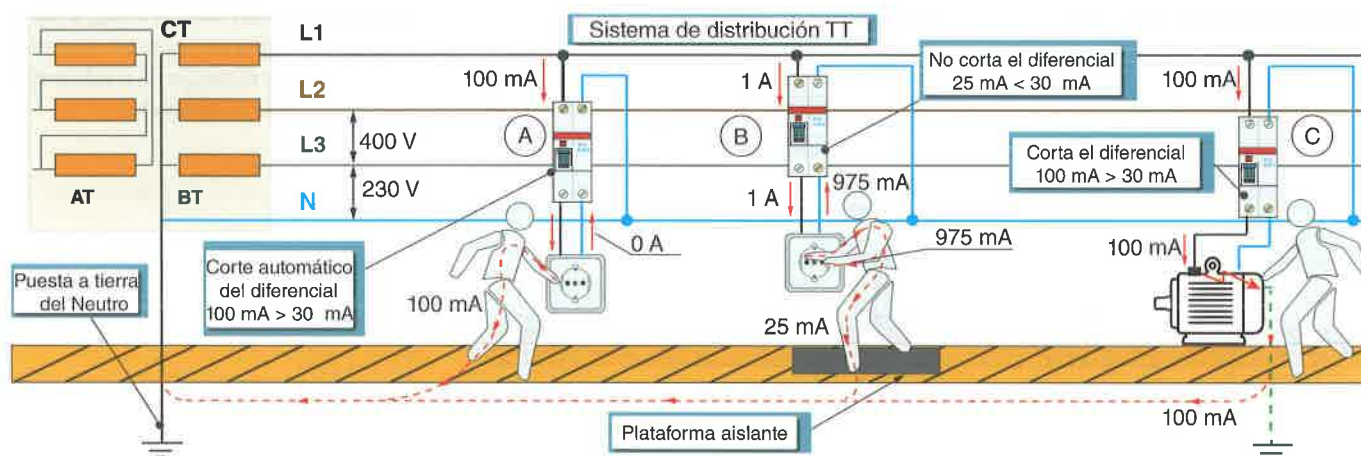


Figura 7.2. Actuación de un diferencial ante contactos directos e indirectos.

1.3. Sobreintensidad

La sobreintensidad se define como la intensidad que puede circular a través de una línea, y cuyo valor no es capaz de soportar. Las sobreintensidades que pueden circular por los conductores pueden ser debidas a tres factores:

- **Sobrecargas:** debidas al gran consumo de uno o varios aparatos conectados a la línea, o a algún defecto en los aislamientos. La figura 7.3 representa una línea protegida por un dispositivo de 20 A que alimenta a dos receptores cuyo consumo es de 10 A cada uno; ambos no suponen inicialmente una sobrecarga a la línea general que los alimenta, pero si se conectase un nuevo receptor de las mismas características, dicha línea se vería sometida a una intensidad de 30 A que haría saltar su protección; en caso contrario, correría el riesgo de «quemarse».
- **Cortocircuitos:** ocurren cuando dos partes activas entran en conexión a través de una resistencia prácticamente nula, lo que hace que circule una alta intensidad en la línea. Recordando la expresión $I = V/R$, observamos que, cuando la resistencia es muy baja, la intensidad se hace muy alta.
- **Por descargas eléctricas atmosféricas:** la tensión elevada que provoca un rayo o un defecto en una línea trifásica pueden llegar a producir intensidades muy elevadas.

Recuerda

A lo largo de este tema, será muy útil utilizar la ley de Ohm $I = V / R$ para evaluar tensiones de contacto, sensibilidad del diferencial, resistencias de tierra, sobreintensidades, etc.

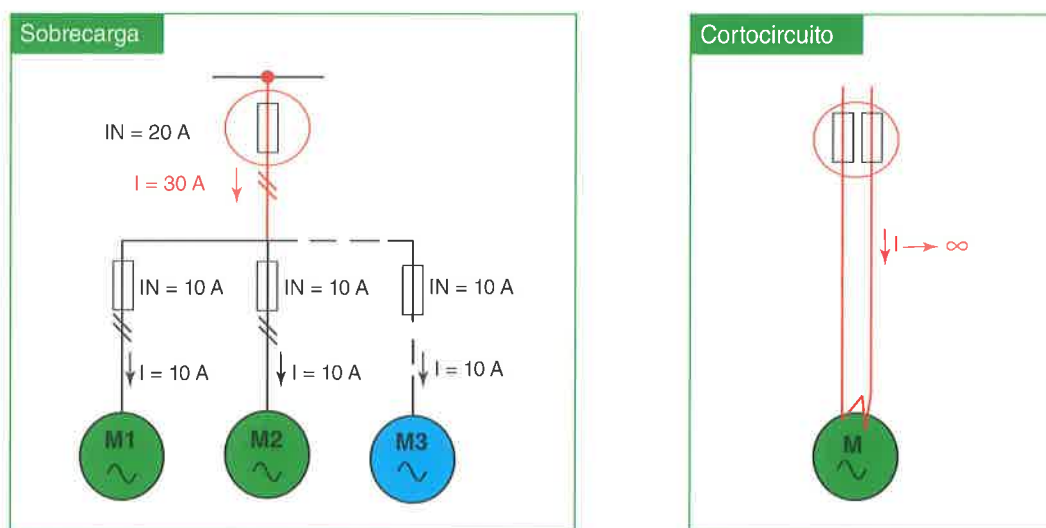


Figura 7.3. Ejemplos de sobreintensidades por sobrecarga y por cortocircuito.

1.4. Protección contra sobreintensidades

Los medios empleados son **dispositivos de corte** capaces de detectar dicha sobreintensidad y efectuar el corte de forma automática en un tiempo adecuado, el cual dependerá del valor de dicha sobreintensidad.

El tiempo de actuación es importante, ya que no es lo mismo un cortocircuito que una sobrecarga, debido a que en los **cortocircuitos** las intensidades son muy elevadas (los dispositivos de protección deben actuar en un tiempo lo suficientemente corto); sin embargo, en una **sobrecarga** las intensidades son mucho menores, con lo cual dichos elementos de protección son más lentos. Los dispositivos de corte más utilizados como medida de protección son los **interruptores automáticos** y los **fusibles**, que estudiaremos a continuación con más detenimiento.

Saber más

Los fusibles se identifican mediante dos letras, siendo minúscula la primera y mayúscula la segunda.

La primera letra puede ser:

g: indica que el fusible es capaz de cortar cualquier sobreintensidad que lo funda.

a: indica que son fusibles de acompañamiento; es decir, que deben estar en serie con otro dispositivo de protección, ya que estos no garantizan la protección contra sobrecargas prolongadas.

Y la segunda letra indica la aplicación o equipo a proteger, siendo:

L o G: ambas letras indican la protección para líneas o aparatos en general.

M: indica protección de motores.

Aunque estas tres segundas letras son las más comunes en instalaciones eléctricas, existen otras, como **R**, para protección de equipos electrónicos, y **TR**, para transformadores.

2. Fusibles

La función de estos dispositivos es la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos.

Para aplicaciones eléctricas, se construyen en forma de cartucho en cuyo interior se aloja un **hilo metálico** calibrado a una determinada intensidad, de tal forma que cuando la intensidad que lo atraviesa es superior a dicho calibre, el calor producido en el hilo hace que este se funda, abriendo el circuito al cual protege. Dentro del cartucho, el hilo fusible está rodeado de un material que actúa como extintor del arco que puede llegar a producirse en el momento de la fusión. Este material es el que convierte a los fusibles en el dispositivo con más alto poder de corte.

2.1. Características de los fusibles

Un fusible está definido por tres características principales:

- **Intensidad nominal o calibre:** es la intensidad máxima que puede circular a través del fusible. Cuando la intensidad que lo atraviesa supera este valor, el hilo metálico se funde interrumpiendo el paso de la corriente. Los calibres empleados en los fusibles los siguientes:

2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 35, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 500, 600, 630, 800, 1000 y 1250 A.

- **Poder de corte:** es la intensidad máxima capaz de poder ser interrumpida por el fusible. Al ser esta intensidad de un valor muy elevado, se expresa en kA.

Los métodos para conocer el poder de corte que debe tener cualquier tipo de protecciones (fusibles o magnetotérmicos) se estudiarán más adelante en esta unidad.

- **Curvas de fusión:** definen de forma gráfica la relación intensidad-tiempo; es decir, el tiempo de actuación del fusible o corte de la línea una vez que se ha sobrepasado su intensidad nominal o calibre.

2.2. Tipos de fusibles

En las instalaciones eléctricas de baja tensión, se utilizan principalmente dos tipos de fusibles:

- **Tipo gG o gL:** fusibles de distribución de uso general.
- **Tipo aM:** fusibles de acompañamiento (a) de motor (M).



Figura 7.4. Símbolo del fusible.



Figura 7.5. Características de los fusibles.

Los fusibles de uso general, **gL** o **gG**, realizan una protección contra sobrecargas y cortocircuitos; para sobrecargas, la respuesta de su curva de fusión es lenta, al contrario que en cortocircuitos, donde su respuesta es rápida.

Los fusibles de acompañamiento tipo **aM** se utilizan exclusivamente para la protección de motores, presentando una respuesta de fusión muy lenta frente a sobrecargas y muy rápida frente a cortocircuitos. Se utilizan como elementos de protección en líneas de alimentación para motores, cuando la intensidad en el pico de arranque supere 10 veces su intensidad nominal.

Vocabulary

- Fusible: fuse.

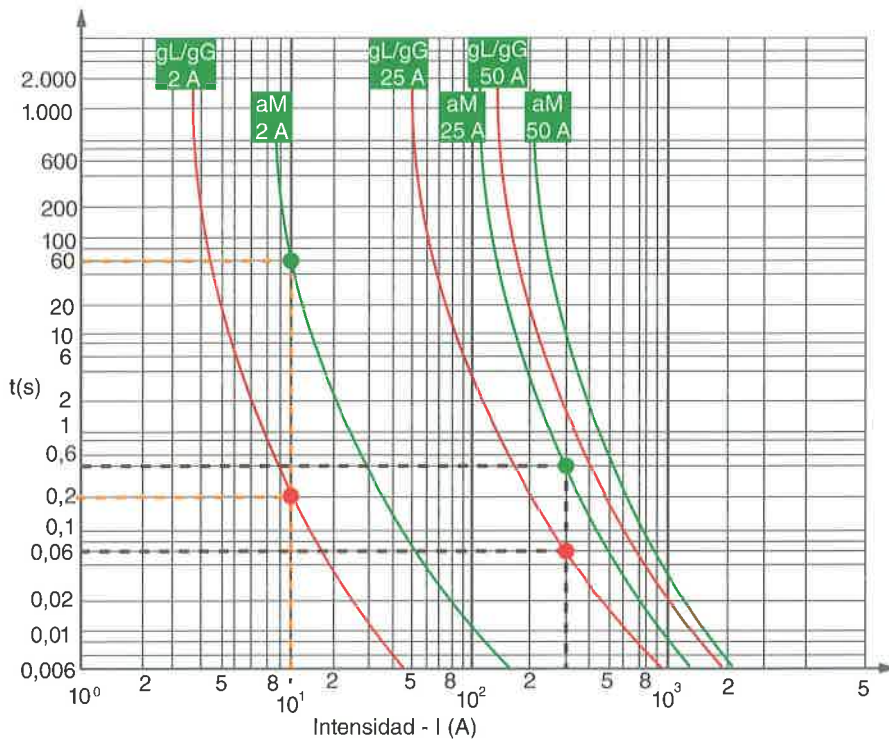


Figura 7.6. Ejemplo de curva de disparo de fusibles.

En la figura 7.6, se representa la curva intensidad-tiempo de dos fusibles tipo **gL/gG** y **aM** de 2 A y 25 A dada por los fabricantes. En ella, podemos observar claramente la diferencia entre ambos tipos de fusibles.

Analizando dicha curva para un fusible **gL/gG** de 2 A, cuando la intensidad que circula por él es 5 veces su intensidad nominal, es decir 10 A, el fusible se funde en un tiempo de 0,2 segundos. Ahora bien, para el mismo fusible de 2 A pero de tipo **aM** no se fundiría hasta transcurridos unos 60 segundos; es decir, para este último tipo de fusibles, la respuesta de fusión es muy lenta. Por este motivo, serán muy útiles en motores que presenten una **punta de arranque** elevada o por sus condiciones de trabajo, que les hacen susceptibles a demandas de potencia mecánica superiores a las nominales, lo que se traduce en sobrecargas.

La misma interpretación la podemos realizar para las curvas de los fusibles **gL/gG** y **aM** de 25 A representadas en las curvas de la figura 7.6. Supongamos que se conecta este calibre de fusible como protección de una línea de alimentación de un motor que presenta una sobreintensidad máxima a los 200 ms en el arranque de 12 veces la intensidad nominal del mismo ($12 \cdot 25 \text{ A} = 300 \text{ A}$), con un tiempo de arranque, hasta que se establece su intensidad nominal, de 400 ms, tal y como se puede apreciar en la figura 7.7. Si se utiliza un fusible de tipo **gL/gG**, este se fundiría a los 60 ms, con lo cual cortaría la línea sin que el motor llegara a arrancar; ahora bien, si se

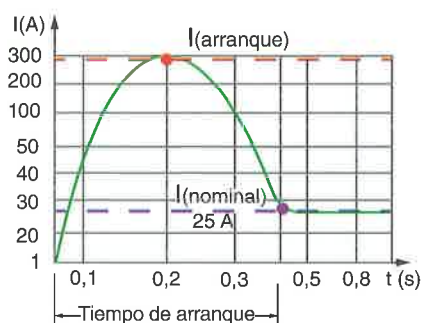


Figura 7.7. Punta de arranque de un motor.

utilizase un fusible de 25 A de tipo aM, este cortaría la corriente a los 500 ms, tiempo suficiente para que el arranque del motor no llegue a producir la fusión del mismo, motivo por el cual este tipo de fusibles son los utilizados para protección de líneas de alimentación de motores que provocan elevadas sobrecorrientes en el arranque como, por ejemplo, grandes motores con arranques a plena carga. Pero hay que recordar que el fusible aM no garantiza la protección por sobrecarga del motor, por lo que es imprescindible que el motor lleve asociado algún tipo de protección por sobrecargas, como puede ser un relé térmico.

2.3. Clasificación de fusibles y aplicaciones

Los fusibles se pueden clasificar según su forma constructiva. Son los siguientes:

- **Fusibles cilíndricos:** se utilizan principalmente en cajas de protección y medida, en cajas generales de protección y en cuadros de distribución para motores. Se comercializan en tres medidas: 10×38, 14×51 y 22×58, e intensidades que van desde los 2 A hasta los 100 A, tanto de tipo gG/gL como aM. Se alojan en bases portafusibles acordes con su tamaño.



Figura 7.8. Bases portafusibles de 10×38/lcc máx 100 kA.



Figura 7.9. Fusibles cilíndricos.

- **Fusibles Diazed:** comúnmente llamados de **botella**, se ubican a través de una base portafusibles para carril o pletina; aunque se utilizan en cuadros de distribución, una de sus mayores aplicaciones es como fusible de seguridad de los diferentes abonados en los edificios. Estos fusibles se alojan a través de su base portafusible en las pletinas de los embarrados de las centralizaciones de contadores. Se comercializan igualmente desde los 2 A hasta los 100 A.



Figura 7.10. Detalle de conexión de base portafusibles Diazed sobre pletina en un embarrado de centralización de contadores.



Figura 7.11. Fusibles Diazed.



Figura 7.12. Bases portafusibles de tamaño D02 para fusibles Diazed.

En el mercado, se comercializan de diferentes tamaños, pero los básicos son de dos tipos: **tipo D** (DII, DIII y DIV) y **tipo D0** (D01, D02 y D03).

Como este tipo de fusibles es adecuado para ser manejado por personas inexpertas, se debe imposibilitar el reemplazo por uno de mayor corriente nominal (los diámetros del contacto interior están fijados en base a la corriente nominal), poseyendo además un anillo de seguridad en la base portafusibles que asegura su extracción mediante rosca sin que en ningún momento el operario pueda entrar en contacto con partes activas.

- **Fusibles NH:** también denominados **de cuchilla**, son fusibles de baja tensión pero con alto poder de ruptura (APR). Poseen un cuerpo aislante cerámico rectangular con cuchillas que actúan como contacto.

Se fabrican en siete tamaños, denominados 00, 0, 1, 2, 3, 4 y 4a, respectivamente, con intensidades nominales que van desde los 4 A hasta los 1250 A. Puede existir solapamiento entre diferentes tamaños; es decir, puede darse por ejemplo un fusible NH de 100 A tanto en tamaño 0 como en tamaño 1.



Figura 7.13. Fusible NH.



Figura 7.14. Bases portafusibles NH00 de 160 A.



Figura 7.15. Caja general de protección con bases portafusibles BUC para fusibles NH.

Ejemplo

Una derivación individual que alimenta el CGMP de una vivienda cuya protección se encuentra en el Cuadro de Protección y Medida (CPM) está protegida mediante un fusible cilíndrico de 22×58 de 50 A de tipo gL/gG, cuya curva de intensidad-tiempo es la que muestra la figura 7.6. Teniendo en cuenta esta gráfica, se pide determinar el tiempo en el que el fusible se fundirá para una intensidad de cortocircuito de 1 kA producida en bornes del contador.

Solución:

Para el cálculo, basta trazar una vertical desde el valor de 1000 A (10^3) hasta la intersección de la curva del fusible de tipo gL/gG de 50 A, y una línea horizontal desde este punto de intersección hasta encontrar el valor del tiempo de corte del fusible, siendo dicho tiempo de unos 20 ms.

Saber más

En todas las **bases portafusibles**, aparece una intensidad nominal que se corresponde con el calibre máximo del fusible que admite.

Actividades

1. Una línea de alimentación de un motor trifásico de 17,5 CV, 400 V, $\cos \varphi = 0,87$ con rendimiento $\eta = 0,8$ está protegida por un fusible de 50 A. Teniendo en cuenta las curvas de la figura 7.6, se pide elegir el tipo de fusible (gC/gL o aM):
 - a) Si el motor, por sus características de trabajo, arranca a plena carga produciendo unas sobreintensidades de hasta 500 A, siendo el tiempo de arranque, hasta que se establece la intensidad nominal del motor, de 350 ms.
 - b) Si este motor ofrece una sobreintensidad de 5,4 veces su intensidad nominal, con un tiempo de arranque de 5 s.

Saber más

El símbolo del interruptor automático representa tanto el accionamiento como los dos tipos de corte (magnético y térmico). Sin embargo dicho símbolo es complejo, motivo por el cual, el más utilizado es el símbolo abreviado. La figura 7.16 representa ambas formas de representación.

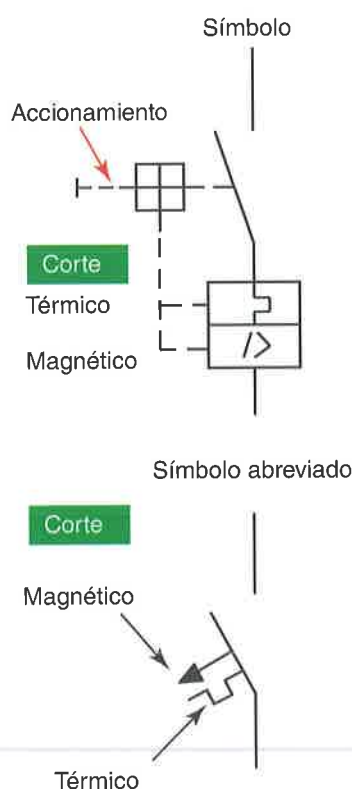


Figura 7.16. Símbolos del interruptor automático.

3. Interruptores magnetotérmicos o automáticos

Los interruptores automáticos son dispositivos, al igual que los fusibles, cuya misión es la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos, provocando la apertura del circuito cuando se produce una sobreintensidad.

3.1. Partes que componen un interruptor automático

Estos dispositivos basan su funcionamiento en dos partes:

- **Corte magnético:** producido por un electroimán por el cual circula la corriente del circuito a proteger. Cuando la corriente sobrepasa el límite de intervención fijado, el electroimán genera una fuerza que, mediante un dispositivo mecánico, realiza la apertura de los contactos.

El nivel de intervención del corte magnético de los interruptores automáticos depende de las características del mismo y suele disparar cuando la corriente que lo atraviesa está comprendida entre 3 y 20 veces la intensidad nominal o el calibre del automático, siendo su tiempo de intervención extremadamente rápido, del orden de unas milésimas de segundo, lo cual le hace muy seguro por su alta velocidad de reacción en la apertura del circuito, siendo esta parte la destinada a la protección frente a **cortocircuitos**, evento en el cual se produce un elevado y rápido aumento de intensidad.

- **Corte térmico:** este otro tipo de corte se realiza al hacer pasar la intensidad de la línea a proteger a través de una lámina bimetálica calibrada según las características del dispositivo. De este modo, esta lámina se calienta por el paso de corriente, lo que provoca una deformación de la misma, produciendo la apertura del circuito.

Este tipo de corte es el encargado de realizar la protección contra **sobrecargas**, como, por ejemplo, aquellas en las que el consumo va aumentando a medida que se van conectando aparatos a la línea.

En definitiva, ambos dispositivos internos se complementan: el magnético, para la protección frente a cortocircuitos, y el térmico, para sobrecargas.

Los interruptores automáticos se comercializan de 4 tipos: unipolares, bipolares tripolares y tetrapolares. La figura 7.17 muestra tres tipos de automáticos.

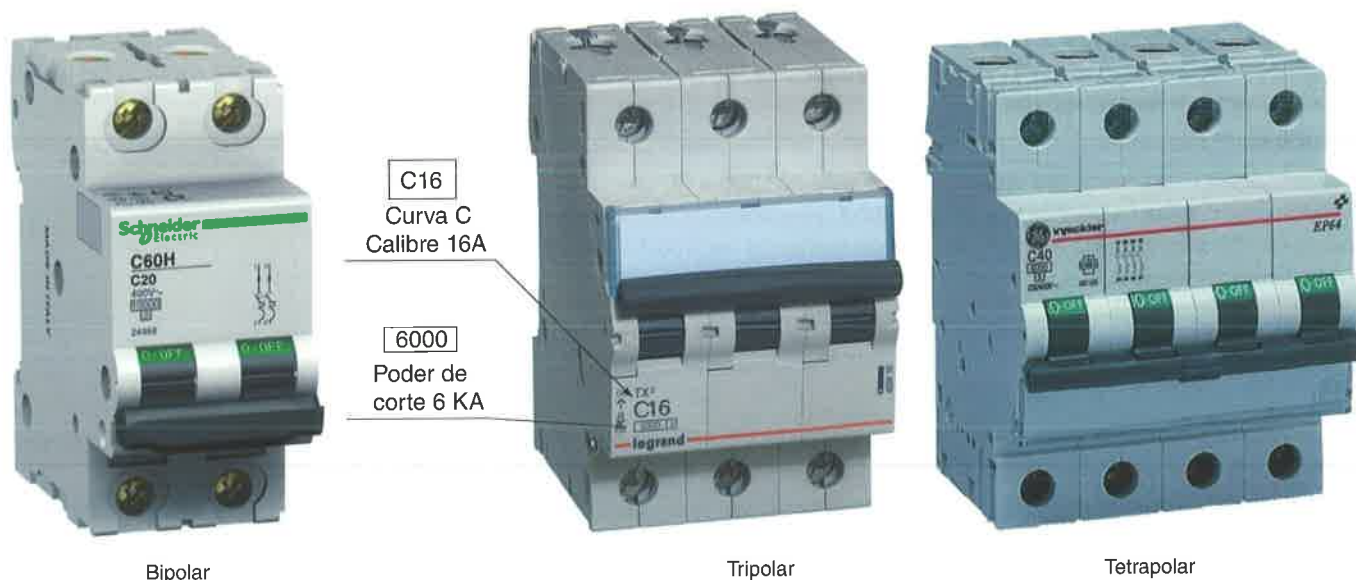


Figura 7.17. Interruptores automáticos de carril DIN.

3.2. Características y curvas de disparo

Las características de los interruptores automáticos son las siguientes:

- **Intensidad nominal o calibre:** se define como la intensidad máxima que el interruptor automático es capaz de soportar sin que produzca la apertura del circuito. Sobrepasado este valor, el dispositivo cortará el circuito en un tiempo determinado.

Los calibres normalizados para interruptores automáticos de carril DIN son los siguientes:

6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A

- **Poder de corte:** indica la intensidad máxima que es capaz de cortar el interruptor automático, que se expresa en kA. El poder de corte (I_{cn}) debe ser mayor o igual a la máxima intensidad de cortocircuito (I_{cc}) que se pueda producir en el punto de la instalación para que pueda garantizar el corte.

La intensidad de cortocircuito estará en función del punto en el que se encuentre el dispositivo de protección, ya que en caso de cortocircuito la corriente es tan elevada que solo estará limitada por la resistencia de los conductores. De ahí que, para defectos producidos en puntos alejados del origen, estas intensidades sean menores y viceversa.

Generalmente, se desconocen las impedancias del circuito de alimentación (impedancia del transformador, red de distribución y acometida); por ello, para calcular las intensidades de cortocircuito, se admite el cálculo simplificado por ecuaciones, según la Guía Técnica de Aplicación del REBT, en su Anexo 3 (tabla 7.3), o bien mediante tablas dadas por los fabricantes (tabla 7.2).

Cu	Sección de los conductores de fase (mm²)	Longitud de la canalización (en metros)																			
		1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	1,1	1,5	2,1	3,0
230/400 V	1,5																	1,3	1,8	2,8	3,6
	2,5																	1,1	1,5	2,1	3,0
	4																	1,7	1,9	2,6	3,7
	6																	1,4	2,0	2,8	4,0
	10																	2,1	3,0	4,3	6,1
	16																	1,7	2,4	3,4	4,8
	25																	1,3	1,9	2,7	3,8
	35																	1,9	2,6	3,7	5,3
	50																	2,6	3,7	5,3	7,5
	70																	2,6	3,7	5,3	7,5
Icc anterior (kA)	95																	2,5	3,6	5,1	7,2
	120																	2,5	3,6	5,1	7,2
	150																	1,2	1,7	2,5	3,5
	185																	1,5	2,1	2,9	4,1
	240																	1,8	2,6	3,6	5,1
	300																	2,2	3,1	4,4	6,2
																		2,2	3,1	4,4	6,2
																		2,2	3,1	4,4	6,2
																		2,2	3,1	4,4	6,2
																		2,2	3,1	4,4	6,2
Icc		Corriente de cortocircuito al nivel considerado (Icc posterior en kA)																			
Icc anterior (kA)	100	93,5	91,1	87,9	83,7	78,4	71,9	64,4	56,1	47,8	39,0	31,2	24,2	18,5	13,8	10,2	7,4	5,4	3,8	2,8	2,0
	90	82,7	80,1	76,5	72,1	66,6	60,1	52,8	45,1	37,4	30,1	23,6	18,1	13,6	10,1	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4
	80	74,2	71,2	67,0	62,5	56,0	49,2	42,5	35,6	28,9	22,9	17,6	13,3	9,9	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0
	70	65,5	62,5	58,0	53,5	46,0	39,5	33,4	27,5	22,0	17,1	13,0	9,7	7,2	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0	0,8
	60	56,7	53,7	49,0	44,5	37,0	31,0	25,8	20,9	16,4	12,6	9,5	7,1	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0	0,8	0,6
	50	47,7	44,7	40,0	35,5	28,0	22,0	18,0	14,0	10,9	8,2	6,3	4,8	3,5	2,6	1,9	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5
	40	38,5	35,5	30,8	26,3	20,0	15,5	12,0	9,0	6,8	5,1	3,7	2,7	1,9	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3
	35	33,8	30,8	26,1	21,6	15,0	11,0	8,5	6,5	4,9	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
	30	29,1	26,1	21,4	16,9	11,0	8,0	6,0	4,5	3,3	2,4	1,7	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1
	25	24,4	21,4	16,7	12,2	8,0	5,5	4,0	3,0	2,2	1,6	1,1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
Icc anterior (kA)	20	19,6	16,6	11,9	8,4	5,5	4,0	3,0	2,2	1,6	1,1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
	15	14,8	11,8	8,1	5,6	3,5	2,5	1,8	1,3	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
	10	9,9	6,9	4,1	2,8	1,6	1,1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
	7	7,0	4,0	2,2	1,5	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
	5	5,0	3,0	1,5	1,0	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
	4	4,0	2,0	1,0	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
	3	3,0	1,5	0,8	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
	2	2,0	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
	1	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0

Tabla 7.2. Cálculo por aproximación de la intensidad de cortocircuito en un punto determinado de la instalación para potencias menores de 800 KVA. (LEGRAND).

Vocabulary

- Interruptor automático: circuit breaker.

$$I_{cc} = \frac{0,8U}{R}$$

Donde:

I_{cc} Intensidad máxima de cortocircuito en el punto considerado

U Tensión de alimentación Fase-Neutro

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

Notas:

La resistencia total de los conductores será la suma de las resistencias desde la CGP hasta el punto a considerar (p.e.: hasta el CGMP).

Para este cálculo, se considera que los conductores se encuentran a una temperatura de 20 °C (la resistividad del cobre a la T° es de 20 °C es de 0,017 Ω · mm²/m).

Tabla 7.3. Método simplificado de cálculo de la intensidad de cortocircuito ofrecido en la Guía BT-Anexo 3 de la Guía Técnica de aplicación al REBT.

Saber más

Interruptores automáticos de caja moldeada

Para calibres superiores a 125 A, los interruptores automáticos no son adaptables a carril DIN, sino que presentan una carcasa-soporte de material aislante que es parte integrante del interruptor automático, denominándose «interruptores automáticos de caja moldeada o compactos», siendo una de sus principales características su alto poder de corte.



Figura 7.18. Interruptores automáticos de caja moldeada.

Ejemplo

El poder de corte de los PIA instalados en una vivienda unifamiliar es de 4,5 kA. Si la línea que alimenta al CGMP (la derivación individual) tiene una sección de 10 mm² y una longitud de 25 m, comprueba si este poder de corte es correcto.

Utilizamos el método simplificado que ofrece la Guía. Desde el punto donde se encuentran los PIA de la vivienda hasta la línea de distribución, existe una única línea (la DI), con lo que únicamente tenemos en cuenta la resistencia del cable (ida y vuelta) de este tramo, siendo su valor de:

$$R_{DI} = \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S} = 0,017 \cdot \frac{2 \cdot 25}{10} = 0,085 \, \Omega \rightarrow I_{cc} = \frac{0,8 \cdot 230}{0,085} = 2164,7 \, A \rightarrow \mathbf{2,16 \, kA}$$

Como podemos comprobar, $I_{cn} (4,5 \, kA) > I_{cc_{m\acute{a}x}} (2,16 \, kA)$. Por tanto, será válido.

En una industria en la que a la salida de su CT se tiene una I_{cc} de 25 kA, se quiere conocer el poder de corte necesario de los interruptores automáticos a instalar en cuadros ubicados en los puntos (A y B) alimentados con conductores de secciones de 120 mm² y 6 mm², tal cual muestra la siguiente figura:

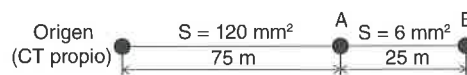


Figura 7.19.

De la tabla 7.2 utilizamos los valores más aproximados a los datos que tenemos y a los resultados que vayamos obteniendo.

- Tramo desde el origen al punto A: I_{cc} en el origen = 25 kA, cable de cobre de 120 mm², longitud: 75 m (73 m de la tabla), I_{cc} en A = 11,9 kA. **$I_{cn} > 11,9 \, kA$.**
- Tramo de A a B: I_{cc} en A = 11,9 kA (redondeando a 15 kA en tabla), cable de cobre de 6 mm², longitud: 25 m (22 m en tabla), I_{cc} en B = 2,4 kA. **$I_{cn} > 2,4 \, kA$.**

Actividades

- Un cuadro de alimentación y control de un horno trifásico de resistencias con potencia de 30 kW, 400 V, $\cos \phi = 1$. Se alimenta de un **Cuadro Principal** de una industria con una manguera trifásica de tipo RV-K 0,6/1 kV bajo tubo en montaje superficial. La longitud de la línea de 21 m.

La Línea General de Alimentación del Cuadro Principal de la industria parte del CT y se realiza con conductores de cobre de 70 mm² de sección y su longitud es de 32 m. La intensidad de cortocircuito en el punto de salida de esta línea del CT de 48 kA.

Se pide:

- Calcular el **calibre y poder de corte** necesario del interruptor automático ubicado en el Cuadro Principal que protege la línea de alimentación del horno.
- El poder de corte necesario de cualquier dispositivo de protección que se instale en el cuadro del horno.

- El CGMP de un local comercial ubicado en un edificio de viviendas se alimenta a través cables de cobre de 16 mm². Su longitud es de 20 m. Por otro lado, la Línea General de Alimentación, que parte de un CT propio del edificio, se realiza con cables de cobre de 95 mm² de sección y tiene una longitud de 27 m.

Se pide calcular:

- El **poder de corte** que deben tener los dispositivos de mando y protección del cuadro general del local. Para el cálculo, utiliza las ecuaciones de la tabla 7.3, teniendo en cuenta que la resistencia total hasta la acometida tiene los dos tramos descritos: derivación individual y línea general de alimentación.
- El **poder de corte** necesario en la CGP si la distribución desde el CT hasta esta caja se hace con cobre y 150 mm² y el CT se encuentra a 21 m, siendo la I_{cc} en este punto de 80 kA. Utiliza la tabla 7.3 para el cálculo.

- **Curvas:** determinan los tiempos de corte en función de la intensidad que circula por el dispositivo. A diferencia de los fusibles, no expresan la intensidad que puede circular a través de él, sino la intensidad que circula en función del calibre del automático expresado como I/I_n ; es decir, veces I_n .

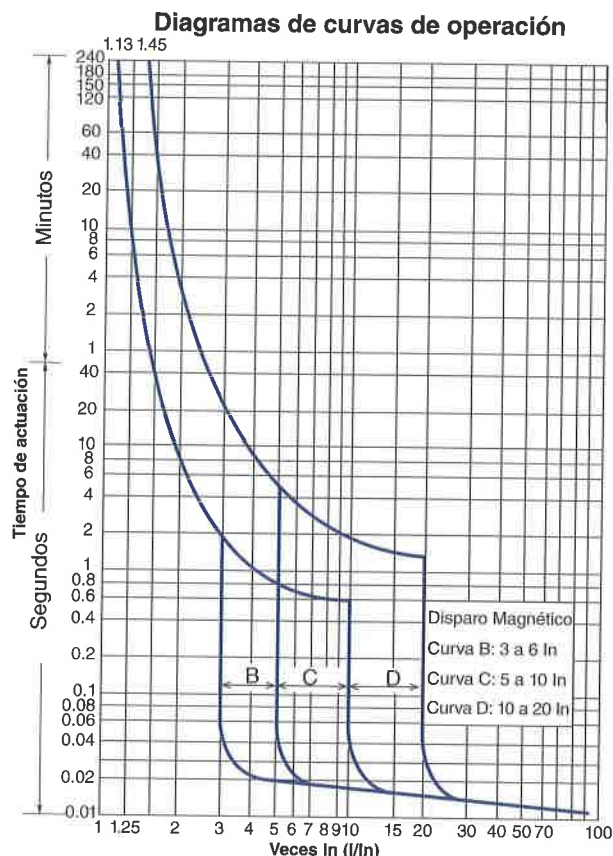


Figura 7.20. Curvas de disparo de interruptores automáticos.

Saber más

Curvas Z y MA

También se pueden encontrar curvas específicas para la protección de receptores, como son las curvas: **Z** para preceptores electrónicos y **MA** para la protección de arranque de motores, aunque los dispositivos con esta última curva no son enteramente magnetotérmicos, ya que carecen de protección térmica.

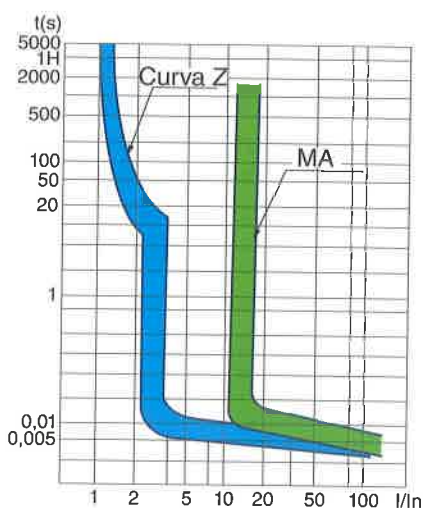


Figura 7.21. Curvas Z y MA.

Las curvas se pueden obtener de diferentes normas:

- **La norma IEC 60898:** en la que los usuarios no necesitan cualificación para operar con el interruptor automático. Los dispositivos que operan con estas curvas se utilizan para proteger instalaciones de todo tipo de ámbito (doméstico, industrial, servicios, etc.). Se aplica a dispositivos de hasta 125 A y 25 kA de poder de corte.
- **La norma de ámbito industrial IEC 60947-2:** en la que se supone que, además, puede haber usuarios cualificados que operan con los dispositivos de protección y contempla el ajuste de las curvas por parte del usuario cualificado. Esta norma clasifica los interruptores en dos categorías: **Categoría A**, para los interruptores sin ninguna temporización para la activación bajo cortocircuito. **Categoría B:** para los interruptores que poseen una temporización regulable para la activación.

La figura 7.20 representa tres tipos de curvas definidas en estas normas: curvas B, C y D, que son ajustadas en fábrica para una serie de dispositivos de las mismas características independientemente del calibre. Para obtener el tiempo de disparo de la curva conociendo la sobreintensidad, hay que obtener las veces (I/I_n) que supone esta sobreintensidad el calibre del automático, y trazar una vertical hasta obtener el punto de corte con la curva correspondiente. Por ejemplo, los tiempos de disparo para dispositivos de curva C con calibres de 10 A y 50 A para una sobreintensidad de 100 A serán:

Para C10: $I/I_n = 100/10 = 10$ veces $I_n \rightarrow$ tiempo de actuación = 18 ms aprox.

Para C50: $I/I_n = 100/50 = 2$ veces $I_n \rightarrow$ tiempo de actuación = 8 s mínimo.

Por tanto, el interruptor automático se determina no solo por su calibre sino también por el tipo de receptor o instalación a proteger. Su elección dependerá también de la **curva de disparo**, que se compone de **dos partes**: una correspondiente al **disparo térmico** y otra correspondiente al **disparo magnético**, siendo las curvas y aplicaciones las de la siguiente tabla:

Curva	Disparo magnético	Aplicaciones
B	Entre 3 y 5 veces I_n	Protección donde se prevean intensidades de cortocircuito bajas, tales como alimentación de circuitos puramente resistivos, de iluminación, calefacción, etc.
C	Entre 5 y 10 veces I_n	Protección de circuitos de uso general, en los cuales se prevea la conexión de lámparas de descarga, pequeños motores, etc.
D	Entre 10 y 20 veces I_n	Protección de cables que alimentan a receptores con grandes picos de intensidad, tales como grandes motores, etc.
MA	12 veces I_n	Protección de arranque de motores. No ofrece protección contra sobrecargas.
Z	Entre 2, 4 y 3,6 veces I_n	Protección de circuitos electrónicos.

Tabla 7.4.

Ejemplo

En un cuadro de distribución, se debe instalar un interruptor automático tripolar para la protección de una línea que alimenta a un motor de un molino de 20 CV, 400 V, $\cos\varphi = 0,73$ y un rendimiento $\eta = 0,8$. El motor, además de ser fuertemente inductivo, posee una elevada intensidad en su arranque directo (unas 11 veces su intensidad nominal) durante un periodo de tiempo de unos 500 ms.

Para alimentar el cuadro del motor, se utilizan conductores H07V-K bajo tubo helicoidal en montaje al aire, siendo la longitud de la línea de 6 m. Se pide:

- Calcular la sección de los conductores si en este tramo se permite una c.d.t del 4 %, y calcular también el diámetro del tubo y el calibre del interruptor automático, así como su curva de disparo.
- Comprueba en las curvas el tiempo de disparo si ahora se emplea para su arranque estrella/triángulo, que reduce su intensidad una tercera parte y razona en qué afecta esto a la elección de un dispositivo de un tipo u otro.

La potencia para el cálculo de secciones será: $P = [(20 \cdot 736)/0,8] \cdot 1,25 = 23\,000$ W

- Secciones, tubo y protecciones en el arranque directo:

Calculamos la sección de los conductores:

Por c.d.t.:

$$S = \frac{23\,000 \cdot 6}{48 \cdot 16 \cdot 400} = 0,44 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2$$

Por $I_{\text{máx.}}$:

$$I = \frac{23\,000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,73} = 45,47 \text{ A}$$

Según las intensidades máximas reflejadas en la tabla C52-1 bis de la Norma UNE HD 60 364-5-52, para el método B1-3xPVC la sección del conductor debe ser de 16 mm², cuya $I_{\text{máx}}$ es de 59 A.

El diámetro del tubo se establece en la tabla 7 de la ITC-BT 21, en la cual para 4 conductores (3 fases + T) de 16 mm² en montaje al aire, el diámetro exterior del tubo helicoidal debe ser de 32 mm.

Para establecer el interruptor automático de protección, en primer lugar, determinamos el calibre, valor que obtenemos mediante la expresión: $I_s \leq I_n \leq I_{\text{máx}}$. Siendo, por tanto:

$$45,47 \text{ A} \leq 50 \text{ A} \leq 59 \text{ A}$$

continúa >

continúa

Es decir, se utilizará un interruptor automático de **50 A**.

El siguiente paso es determinar la curva de disparo, siendo la más adecuada una **curva D**, al ser un receptor fuertemente inductivo, ya que, como podemos observar, el motor ofrece un factor de potencia relativamente bajo (0,73) y una elevada punta de arranque (11 veces su I_n), siendo la intensidad de arranque del motor de:

$$I_{\text{arranque}} = 11 \cdot \frac{20 \cdot 736}{\sqrt{3 \cdot 400 \cdot 0,73 \cdot 0,8}} = 400 \text{ A}$$

Nota: El 1,25 únicamente computa en el cálculo de secciones.

Este valor supone $400/50 = 8$ veces la I_n del interruptor automático de 50 A.

Utilizamos un interruptor automático no industrial basado en la norma IEC 60 898 y comprobamos los tiempos de actuación en este tipo de curvas.

El tiempo de disparo para una sobreintensidad de **8 veces** su intensidad nominal, como podemos observar en la figura 7.25, para un automático de **curva C** dispara casi de forma instantánea en menos de 20 ms. Sin embargo, para automáticos de **curva D**, disparará a los 600 ms, tiempo suficiente para que el motor haya arrancado y esté operando a su intensidad nominal.

b) Arranque estrella/triángulo:

Con este método de arranque, se reduce la intensidad a la tercera parte, la correspondiente a la del arranque directo, siendo esta de:

$$I'_{\text{(arranque)}} = 400/3 = 133,3 \text{ A} \rightarrow 133,3/50 = 2,66$$

Es decir, 2,66 veces la intensidad nominal del automático y, como podemos observar en la figura 7.23, el corte se realiza en la parte térmica de cualquier tipo de curva, no disparando nunca antes de aproximadamente 2,5 segundos. Por tanto, en este caso, se utilizarán automáticos con curvas C.

Hay que recordar que, en cualquier modo de arranque, este interruptor automático solo se diseña para proteger el tramo de línea que va desde el cuadro de distribución al cuadro del motor; por tanto, este último cuadro debe disponer, además de los equipos de maniobra, otros elementos de protección, tales como relés térmicos o guardamotors. Esto se hace imprescindible sobre todo si se utilizan **curvas D** o fusibles **aM**, ya que estos no garantizan la protección del motor frente a sobrecargas prolongadas.

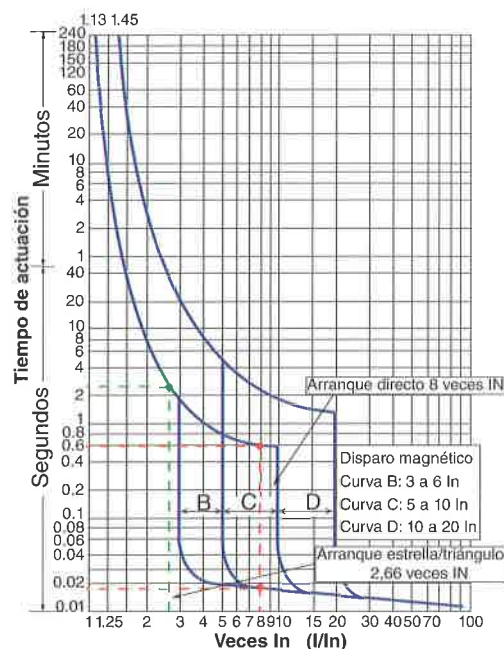


Figura 7.22.

Actividades

- Un cuadro de distribución está alimentado por una línea trifásica compuesta por conductores unipolares de cobre de 10 mm² con aislamiento de PVC en tubos empotrados. Calcular:
 - La intensidad máxima admisible.
 - Calibre de interruptor magnetotérmico necesario para proteger a la línea contra sobrecargas. La intensidad que circula por los conductores de fase es de 37 A.
 - ¿Es correcta la protección que has calculado en el punto anterior si, en vez de utilizar interruptores magnetotérmicos, se utilizan fusibles de tipo gG/gL del mismo calibre (valor de fusión 1,6 I_n)?
- Una línea monofásica alimenta una carga de 10 kW, 230 V, $\cos \varphi = 1$ y está protegida por un interruptor automático de 50 A, curva C. Resuelve los siguientes supuestos:
 - ¿Se podría sobrecargar dicha línea conectando una carga resistiva adicional de 4,3 kW durante 5 minutos a intervalos de dos horas? Razona tu respuesta.
 - ¿Cuánto tiempo podríamos sobrecargar la línea con una carga resistiva de 7,25 kW sin que salten las protecciones? Razona tu respuesta.
 - Se sustituye la carga inicial de 10 kW por una carga inductiva de 5,175 kW, 230 V, $\cos \varphi = 0,75$, que presenta un pico de arranque de 300 A y no establece su valor nominal hasta pasados 550 ms. ¿Podría conectarse esta carga a al automático inicial? En caso contrario, razona la solución que le darías.

Vocabulario

Aguas arriba: se denomina a todos aquellos dispositivos conectados por encima de un determinado dispositivo al cual se hace referencia.

Aguas abajo: se denomina a todos aquellos dispositivos conectados por debajo de un determinado dispositivo al cual se hace referencia.



Figura 7.23. Si se hace referencia al dispositivo A, entonces B se encuentra aguas abajo. Y si, por el contrario, se hace referencia al dispositivo B, entonces A se encuentra aguas arriba.

Vocabulary

- Interruptor diferencial: differential circuit breaker.

4. Interruptor diferencial

Es un dispositivo cuya misión es la protección:

- **De las personas contra contactos directos e indirectos.** Cuando una persona entra en contacto directo con las partes activas de la instalación (conductor, borne de conexión, etc.), o de forma indirecta (entrando en contacto con una parte metálica de un aparato en derivación), el diferencial es capaz de detectar la corriente que puede circular a través de las personas. De este modo, cuando las corrientes son peligrosas, este realiza el corte de la línea en un tiempo lo suficientemente rápido como para evitar los riesgos que pueden derivarse del paso de la corriente a través del cuerpo humano.
- **De la instalación eléctrica.** En este caso, detectando los defectos de aislamiento en cables, aparataje eléctrico y receptores eléctricos.
- **Contra riesgos de incendio.** En este caso, el diferencial es capaz de detectar las corrientes de defecto a tierra persistente que no son capaces de provocar la actuación del dispositivo de protección contra sobrecorriente; es decir, fusibles o interruptores automáticos.

4.1. Funcionamiento

La protección consiste en hacer pasar los conductores de la línea a través de un núcleo magnético toroidal (forma de aro macizo), en el cual se encuentra arrollada una bobina. Cuando se cierra el circuito a través de una carga, toda la corriente retorna a través del neutro, de forma que se obtienen intensidades iguales pero de sentido contrario, anulándose los efectos de estas corrientes. Ahora bien, si existe un defecto a tierra, supongamos que por el contacto de una persona, las intensidades de entrada y de retorno ya no son iguales, de forma que si esta diferencia de intensidades es igual o superior a un valor denominado **sensibilidad**, se induce una tensión lo suficientemente alta como para provocar una fuerza que haga abrir los contactos del diferencial produciendo la apertura del circuito.

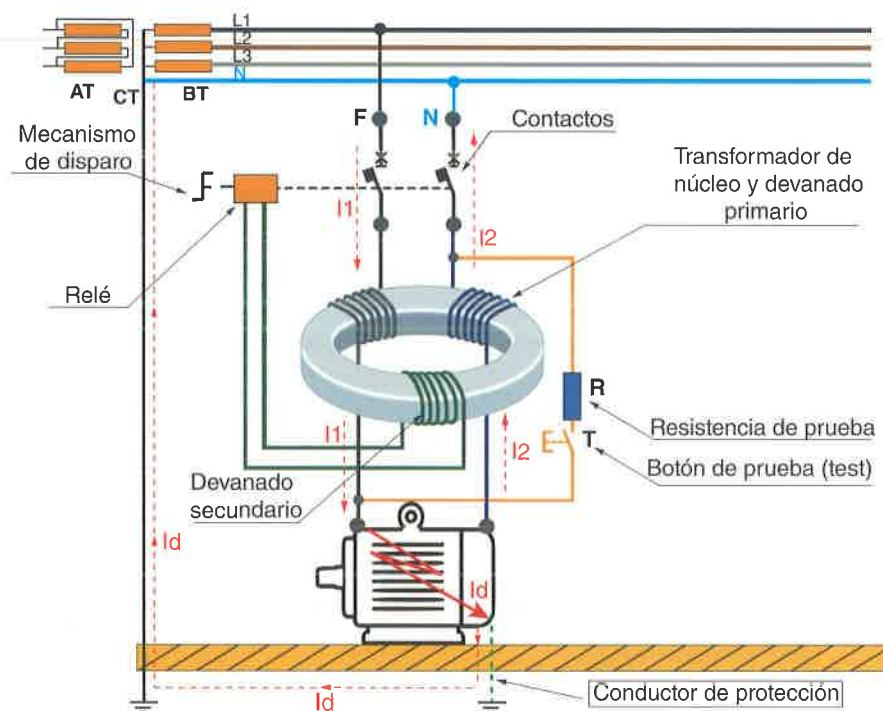


Figura 7.24. Funcionamiento del diferencial.

El diferencial está estrechamente relacionado con la instalación de puesta a tierra, que consiste en poner las masas metálicas que son susceptibles de entrar en contacto con partes activas (por fallos de aislamiento dentro de los receptores) con el conductor de tierra (conductor de protección) de la instalación. De esta forma, se ofrece una protección preventiva; es decir, cuando la corriente derivada supera el valor de la **sensibilidad** del diferencial, este abre sus contactos, de forma que antes de que una persona entre en contacto con la masa metálica (**contacto indirecto**) el diferencial realizará el corte de la línea.

4.2. Características

Las características de los interruptores diferenciales son las siguientes:

- **Intensidad nominal o calibre:** se define como la máxima intensidad que el diferencial es capaz de soportar. Hay que destacar que los diferenciales no están diseñados para la protección de los conductores, con lo cual su calibre se elige siempre de un valor igual o mayor a la intensidad que pueda circular por dicha línea. Si la intensidad que circula por el diferencial superara su calibre, este corre el riesgo de quemarse.
- **Sensibilidad ($I_{\Delta n}$):** es la intensidad mínima de defecto que provoca que el diferencial realice la apertura del circuito. La sensibilidad de los diferenciales son las siguientes:

Tipo de sensibilidad	Valor
Muy alta sensibilidad	10 mA
Alta sensibilidad	30 mA
Baja sensibilidad	300 mA, 500 mA y 1 A

Tabla 7.5.

- **Clase:** indica el tipo de desconexión, distinguiendo los siguientes tipos reflejados en la siguiente tabla:

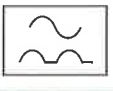
Clase	Modo de desconexión
AC 	Desconexión por defectos a tierra producidos por corrientes alternas, tanto si estas son aplicadas instantáneamente como si se incrementan lentamente.
A 	Desconexión por defectos a tierra producidos por corrientes alternas sinusoidales o por corrientes continuas pulsantes, tanto si estas son aplicadas instantáneamente como si se incrementan lentamente.
S 	SELECTIVO. Puede ser usado aguas arriba de la instalación para obtener una coordinación selectiva con los diferenciales instalados aguas abajo, en el propio cuadro. Los diferenciales estándar son, habitualmente, de disparo instantáneo. Esto significa que la conexión en serie de este tipo de aparatos no provee de una coordinación de disparo selectivo en caso de defecto a tierra. Para obtener una correcta selectividad de desconexión de los diferenciales, es necesario conectar, por encima de todos los diferenciales instantáneos, uno o más diferenciales retardados (tipos AC-S o A-S).

Tabla 7.6.

- **Tiempo de disparo:** esta característica es importante, en el sentido de que el tiempo que una corriente peligrosa atraviesa el cuerpo de una persona es fundamental. Un diferencial debe realizar un corte de corriente lo suficientemente rápido para no poner en riesgo a las personas por el tiempo de exposición al paso de dicha corriente a través de ellas.

Saber más

Cuando un diferencial general, supongamos de 300 mA, tiene conectados **aguas abajo** un determinado número de diferenciales, supongamos de 30 mA, este puede llegar a cortar sin necesidad de que ningún diferencial de 30 mA haya cortado la corriente, simplemente por el mero hecho de que el diferencial general recoge la suma de las derivaciones de los diferenciales conectados aguas abajo, desconectando cuando dicha suma supere los 300 mA.

Saber más

La norma UNE EN 61008 indica que es obligatorio el funcionamiento del botón de test. En redes trifásicas de 230 V sin Neutro, éste se debe puentear con una de las fases para asegurar el funcionamiento del test. Y en redes de 400 V sin Neutro, se debe puentear una de las fases con él a través de una resistencia externa indicada por el fabricante para limitar la corriente que atraviesa la resistencia interna del diferencial y así evitar su destrucción.

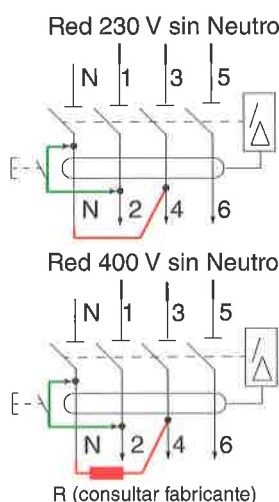


Figura 7.25. Puenteo de diferenciales.

Este tiempo de intervención está estrechamente ligado a las características de sensibilidad y clase del diferencial, siendo los tiempos de funcionamiento máximos los de la siguiente tabla, según las normas EN 61008/EN 61009.

Clase AC y A			Selectivos clase S-AC y clase S-A		
1xI Δ n	2xI Δ n	5xI Δ n	1xI Δ n	2xI Δ n	5xI Δ n
0,3 s	0,15 s	0,04 s	0,5 s	0,20 s	0,15 s

Tabla 7.7.

Número de polos: se comercializan de dos tipos, bipolares (2 polos) y tetrapolares (4 polos).



Figura 7.26. Interruptores diferenciales.

4.3. Protección de diferenciales

Un interruptor diferencial debe estar asociado a un dispositivo que realice la protección contra sobrecargas, es decir, un interruptor automático o un fusible, y la condición que debe cumplir es que su intensidad nominal tenga un valor igual o mayor al dispositivo de protección contra sobrecargas que lo protege.

5. Selectividad

En una instalación eléctrica, las consecuencias en caso de producirse un defecto, bien por sobrecarga (cortocircuitos o sobrecargas) o bien por un defecto a tierra, deben limitarse en lo posible solo a la parte afectada de la instalación. Si ello se consigue y se puede seguir trabajando normalmente en el resto de la instalación, podremos afirmar que está presente la selectividad.

5.1. Selectividad entre interruptores automáticos

Condiciones de selectividad:

- Los dispositivos de protección contra sobrecarga, en caso de un defecto en la instalación, deben interrumpir en el tiempo más breve únicamente el circuito averiado.
- Los picos de intensidad como, por ejemplo, los que se producen en el arranque de motores, no deberán provocar un disparo.
- En caso de fallo de un dispositivo, se deberá desconectar el dispositivo de protección inmediatamente anterior.

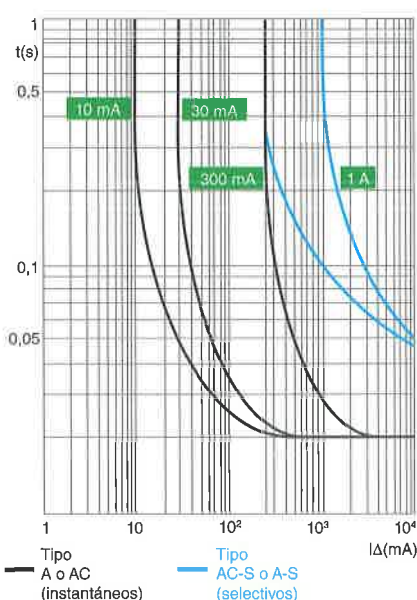


Figura 7.27. Curvas de disparo de diferenciales.

Métodos para garantizar la selectividad:

- **Por intensidad.** Se obtiene con dispositivos de protección ubicados aguas arriba con calibres superiores a los ubicados aguas abajo. Esta selectividad está garantizada frente a sobrecargas, pero no lo está siempre frente a cortocircuitos, encontrándonos en este caso diferentes situaciones:

a) En tramos largos entre cuadros (caso 1 de la figura 7.28), el hecho de que las intensidades de cortocircuito disminuyan debido a la distancia y haya una diferencia notable entre ellas favorece a la selectividad. En el ejemplo, se aprecia que entre los dispositivos del cuadro principal y secundario se consigue **selectividad total**. Esto se debe a que la intensidad máxima de cortocircuito que se puede producir en el **interruptor B** —aguas abajo— es de 5,8 kA, valor inferior a los 7 kA de intensidad de disparo ($I_{m(A)}$) del **interruptor A** —aguas arriba—. En este caso, incluso aunque las curvas se crucen (véase apartado b de las curvas de la figura 7.28) hay garantía de selectividad total.

b) En tramos cortos entre cuadros (caso 2 de la figura 7.28), debido a la poca amortiguación que ofrece esta longitud de cable entre ambos interruptores, las intensidades de cortocircuito máximas posibles pueden ser muy similares. En el ejemplo, a la salida del **interruptor B**, se puede producir una intensidad máxima de cortocircuito de 7,9 kA, que es mayor que la intensidad de disparo ($I_{m(A)}$) del **interruptor A** —aguas arriba— que es de 7 kA. En este supuesto, solo se obtendría una **selectividad parcial**.

Este es el planteamiento que reflejan las curvas b) de la figura 7.28, de manera que a partir de una determinada intensidad de cortocircuito —la correspondiente a la de disparo del **interruptor A** ($I_{m(A)}$)— ambas curvas se cruzan, pudiendo desconectar incluso el **interruptor A** —aguas arriba— antes que el **interruptor B** —aguas abajo—.

- **Selectividad energética:** en ocasiones, en tramos cortos entre interruptores automáticos en cascada o incluso con curvas que pueden llegar a cruzarse, se puede conseguir la selectividad en ciertas combinaciones de automáticos.

Esta combinación es ofrecida por los diferentes fabricantes (ej.: tabla 7.8) y se basan en que un automático de menor calibre actúa como limitador, siendo esta limitación tan eficaz que la energía que puede ver el dispositivo aguas arriba no es suficiente para hacerlo disparar. Este principio de selectividad es efectivo a pesar de que las curvas clásicas “tiempo/intensidad” indiquen un solapamiento de características de interruptores automáticos.

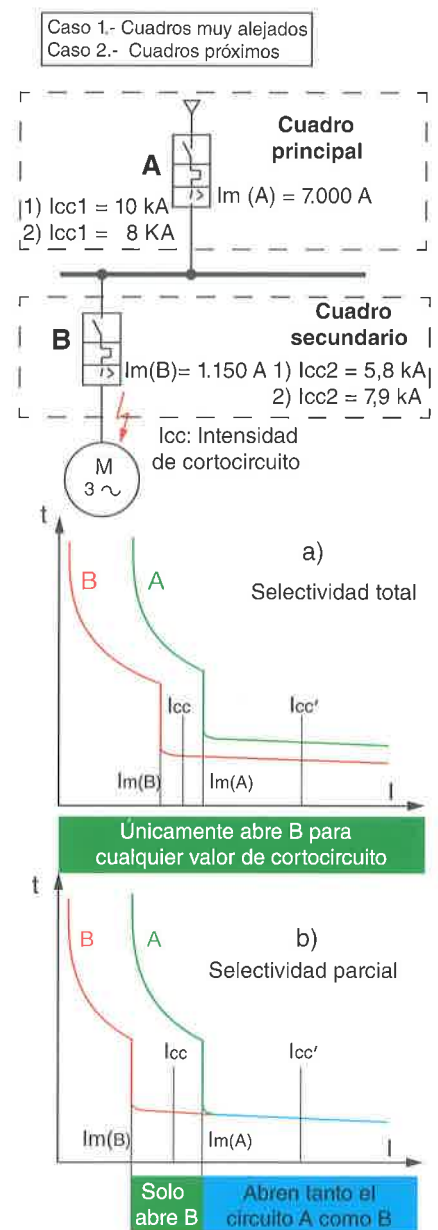


Figura 7.28.

Aguas arriba	C/CL31-L								H125					H160	H125	H400		H400	H630	H630
Pdc IEC 947-2	100 kA								25/40 kA					25/40 kA	40 kA	45 kA		45 kA	50 kA	50 kA
	Fusibles gG																			
$I_n(A)$	20	25	32	40	50	63	80	100	25	40	63	80	100	125	160	200	250	320	400	630
Ag. abajo																				
NR 6 A	0,42	0,62	1	1,5	2,3	3,8	7,1	1,4	1,4	2	3,4	4,8	5,8	6,7	T	T	T	T	T	T
10 A	0,37	0,55	0,9	1,3	2	3,3	6	11	1,2	1,7	2,5	3	3,5	4,3	T	T	T	T	T	T
16 A		0,46	0,75	1,1	1,7	2,8	5	8,9		1,6	2,1	2,4	2,7	3,2	8,3	T	T	T	T	T
20 A			0,65	0,97	1,3	2,3	4	6,8		1,6	2,1	4,8	2,7	3,2	8,2	T	T	T	T	T
25 A				0,97	1,3	2,3	4	6,8			1,8	2	2,2	2,5	5,4	8,7	T	T	T	T
32 A					1,2	1,9	3,1	5,4			1,8	2	2,2	2,5	5,4	8,7	T	T	T	T
40 A						1,9	3,1	5,4				1,5	1,7	2	4,3	7	T	T	T	T
50 A							2,8	4,5					1,3	1,5	3,6	5,9	9	T	T	T
63 A								4,5						1,1	2,8	5,2	8,2	T	T	T

T Selectividad Total Los números indican que por debajo de un cortocircuito menor al valor indicado solo dispara el de aguas abajo (Selectividad Parcial)

Tabla 7.8. Tablas de selectividad entre interruptores automáticos (Hager).

■ Por tiempo o cronométrica en caso de cortocircuitos

En este tipo de casos, la selectividad se consigue seleccionando un dispositivo de protección aguas arriba con un retardo en el disparo. Con esto, se consigue que el interruptor conectado aguas abajo tenga tiempo suficiente para desconectar su circuito sin que afecte al resto de la instalación.

Si los tramos de cableado entre el interruptor principal y los secundarios son tan cortos que los cortocircuitos son prácticamente iguales en ambos lados de cableado, se deberán introducir retardos en el interruptor principal.

La figura 7.29 muestra un caso de selectividad cronométrica que emplea un **interruptor automático selectivo (Q1)** e interruptores automáticos estándar (Q2, Q3, Q4) como últimos interruptores protegiendo a las líneas que alimentan a los receptores. El **interruptor selectivo** va equipado con dispositivos de disparo por cortocircuito instantáneo y de corto retardo. El tiempo de retardo se escoge de forma que los interruptores aguas abajo tengan tiempo suficiente para desconectarse por sí solos.

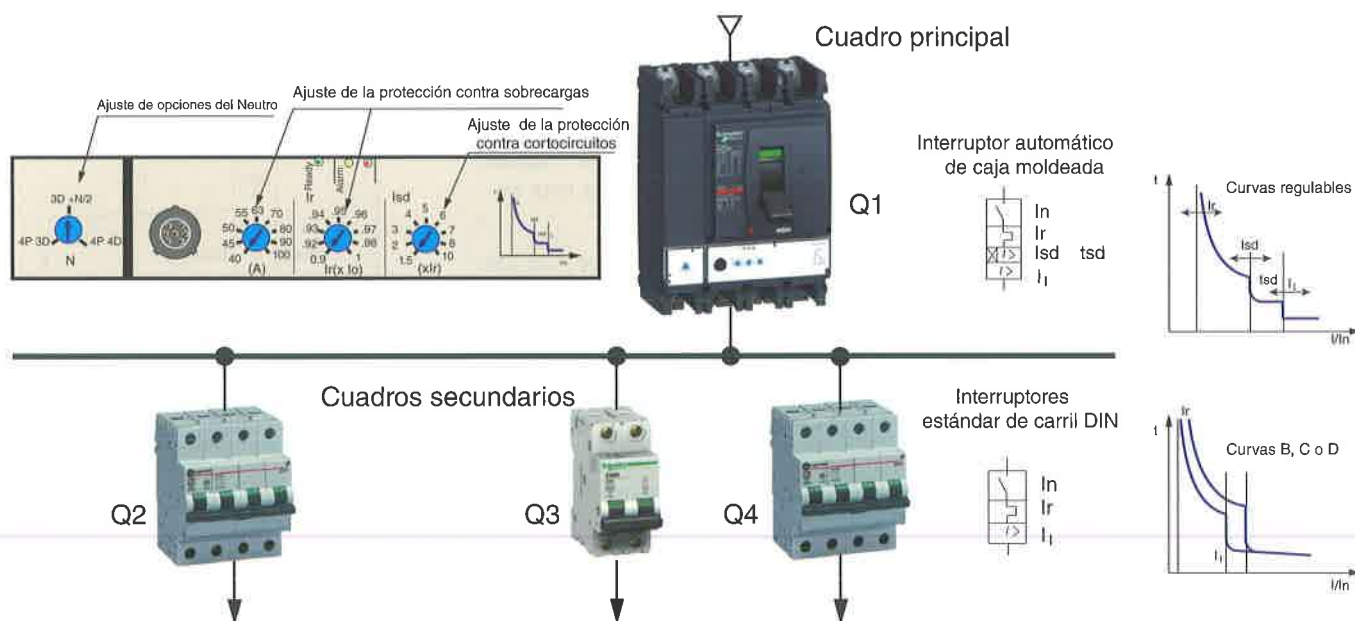


Figura 7.29.

5.2. Selectividad entre diferenciales

Para conseguir selectividad entre diferenciales, es decir, para lograr que dispare únicamente aquella salida del cuadro eléctrico afectada por un defecto a tierra o derivación y que el corte de tensión se produzca lo más cerca del defecto, hay que considerar un retardo voluntario en el dispositivo de cabecera, por lo que este debe ser de tipo selectivo o retardado.

El **diferencial selectivo** (clase S) tiene ya retrasado su disparo, por construcción, para poder conseguir selectividad con su protección diferencial inmediato ubicado aguas abajo (generalmente un interruptor diferencial de disparo instantáneo y sensibilidad 30 mA). También se puede realizar con **bloques diferenciales** que permiten regular sensibilidad y tiempo para conseguir selectividad en la instalación.

5.3. Selectividad entre fusibles

La tabla 7.9 muestra cómo alcanzar la selectividad total de fusibles ubicados aguas arriba con respecto a fusibles instalados aguas abajo. Se dan de acuerdo a las normas IEC 60269-1 y IEC 60269-2-1. Según esta tabla, un fusible



Figura 7.30. Bloques diferenciales.



aguas abajo de 32 A de tipo gG o bien de 16 A de tipo aM tienen garantizada la instalación respecto a un fusible de 50 A de tipo gG ubicado aguas arriba.

Aguas arriba	gG/gL	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
Aguas Abajo	gG/gL	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
	aM	4	6	10	12	16	25	20	25	32	40	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500

Tabla 7.9.

A partir de 16 A, se consigue la selectividad total entre fusibles gG/gL, siempre que la relación de calibres sea igual o mayor a 1,6. Por ejemplo: un fusible gG de 25 A aguas abajo tiene garantizada su selectividad con un fusible de 40 A ($1,6 \cdot 25$ A) ubicado aguas arriba.

Ejemplo

En un cuadro principal, se instala un interruptor automático Q1 de caja moldeada de Hager, modelo H125, con una intensidad nominal de 200 A. Aguas abajo se instalan tres cuadros secundarios, cuyos IGA (Q2, Q3 y Q4) son del mismo fabricante, siendo interruptores automáticos de carril DIN, modelo NR de intensidades nominales: 20 A, 40 A y 63 A, todos ellos de curva C.

La I_{cc} máx. en los cuadros secundarios es de 6 kA y Q1 dispara a esta intensidad en 8 ms (obtenido de su curva para $6\,000/200 = 300$ veces I_n). Se pide comprobar si existe selectividad entre los tres automáticos de carril DIN respecto al de caja moldeada.

El peor cortocircuito que se puede dar (6 kA) supone: ($6\,000/63 = 95$), ($6\,000/40 = 150$) y ($6\,000/20 = 300$) veces I_n . Según las curvas C (figura 7.21), todos los interruptores disparan próximos a los 10 ms (tiempo cercano al de disparo de Q1). Por tanto, **no hay selectividad total**, pero puede que alguno de ellos actúe como **limitador**. Comprobando las tablas dadas por este fabricante (tabla 7.8) de cada interruptor de carril DIN con respecto al de caja moldeada, se obtiene:

Automático C20 (Q2): este automático con respecto al de caja moldeada tiene selectividad total (T), incluso aunque se crucen las curvas intensidad-tiempo, debido a que actúa como limitador. Q1 ve pasar la corriente de cortocircuito, pero no actúa.

Automático C40 (Q3): comprobamos en la tabla que el H125 de 200 A (Q1) dispara respecto del NR 40 A (Q3) a partir de intensidades de cortocircuito de 7 kA. En un principio, hay selectividad parcial pero, como en la posición de Q3 no se van a dar nunca corrientes de cortocircuito mayores a 6 kA, se podría decir que hay selectividad total.

Automático C63 (Q4): En este caso, Q1 dispara a partir de intensidades de cortocircuito de 5,2 kA. Este valor puede darse por ser menor de los 6 kA de límite en este punto. Por tanto, **no hay selectividad total** y, para conseguirla, habría que introducir un retardo en Q1 ajustado para que Q4 tenga tiempo suficiente para desconectar por sí solo.

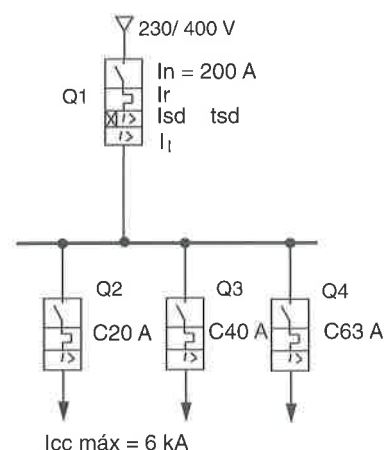


Figura 7.31.

Actividades

6. La figura representa las curvas de disparo de dos diferenciales conectados en serie: uno de 30 mA que protege un circuito, y otro de 300 mA general conectado aguas arriba del anterior. Se pide determinar qué diferencial dispararía antes para intensidades de defecto a tierra de 100 mA, 500 mA y 10 A. En función de esto, deduce, razonando la respuesta, si la conexión de ambos diferenciales es correcta, y cuál sería la solución en caso de que dicha conexión no fuese la adecuada.

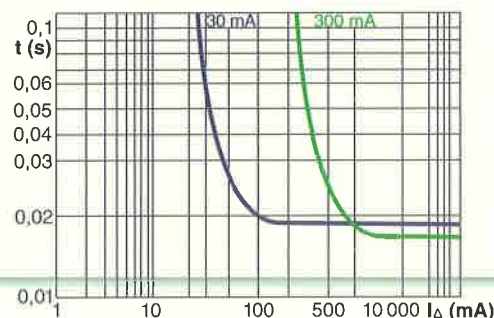


Figura 7.32.

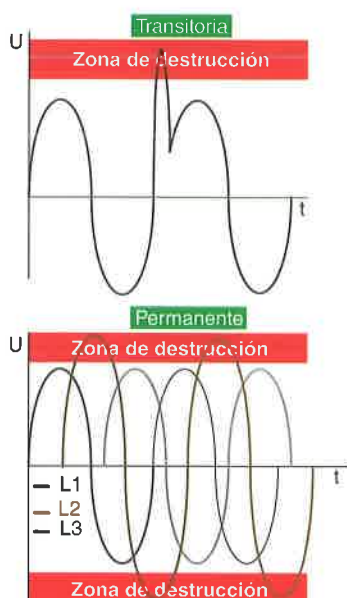


Figura 7.33. Tipos de sobretensiones.

Situaciones en las que es obligatorio instalar limitadores de sobretensiones	
Situaciones	Ejemplos
Línea de alimentación de baja tensión total o parcialmente aérea o cuando la instalación incluye líneas aéreas	Todas las instalaciones, ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.
Riesgo de fallo afectando la vida humana	Los servicios de seguridad, centros de emergencias, equipo médico en hospitales
Riesgo de fallo afectando la vida de los animales	Las explotaciones ganaderas, piscifactorías, etc.
Riesgo de fallo afectando los servicios públicos	La pérdida de servicios para el público, centros informáticos, etc.
Riesgo de fallo afectando actividades agrícolas o industriales no interrumpibles	Industrias con hornos o procesos industriales no interrumpibles
Riesgo de fallo afectando las instalaciones y equipos de los locales de pública concurrencia que tengan servicios de seguridad no autónomos	Sistemas de alumbrado de emergencia no autónomos
Instalaciones en edificios con pararrayos instalados en el mismo edificio o en un radio menor de 50 m	Todas las instalaciones, ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.

Tabla 7.10. Resumen de las situaciones en las que es obligatorio el limitador.

6. Protección contra sobretensiones

Hay que destacar dos tipos de sobretensión:

- **Transitorias:** son de corta duración, del orden de μs , y se producen por el impacto de rayos en las líneas o como consecuencia de conmutaciones o maniobras en la red, por ejemplo, conexiones de cargas inductivas. En cualquier caso, cuando el pico de tensión alcanza un valor no soportado por el equipo, este puede destruirse.
- **Permanentes:** se deben a la rotura del neutro o a anomalías en el suministro eléctrico. Son de menor valor que las anteriores, pero provocan una descompensación en las líneas, lo que produce en los receptores una sobretensión que da lugar a la reducción de la vida útil, destrucción inmediata e incluso a riesgo de incendio. Como podemos apreciar en la figura 7.33, si la totalidad o parte de una instalación es monofásica y está conectada a la fase L2, los equipos conectados a ella se destruirán.

Las situaciones e instalaciones donde es obligatorio o recomendado instalar protecciones contra sobretensiones se reflejan en las tablas 7.10 y 7.12, según la Guía Técnica de aplicación sobre la ITC-BT 23.

6.1. Dispositivo de protección contra sobretensiones

A este dispositivo se le denomina **limitador de tensión** o **descargador**, y tiene como misión detectar cualquier sobretensión en la línea. Su conexión se realiza en paralelo con la línea a proteger a través de la línea de tierra.

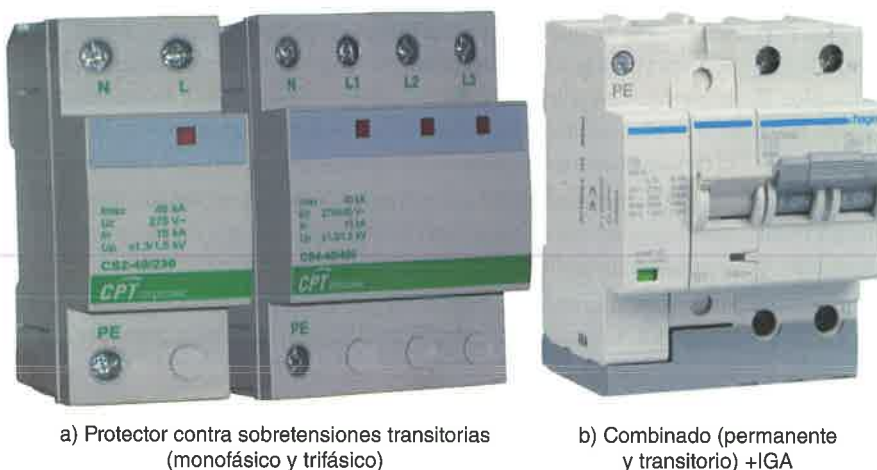


Figura 7.34. Limitadores de sobretensiones.

Según la tecnología aplicada en su construcción, existen diferentes tipos: **varistor** (resistencia variable), tipo **diodos supresores**, tipo **descargadores de gas** constituidos por un tubo cerámico en cuyo interior hay dos electrodos y un gas sometido presión, tipo **descargadores de arco**, combinaciones de los anteriores, etc. Todos ellos ofrecen una muy alta resistencia en estado normal que baja rápidamente a medida que la tensión aumenta.

En cualquiera de ellos, la conexión se realiza en paralelo con la línea en un extremo y con tierra en el otro extremo. Para tensiones normales de línea, la resistencia que ofrece es muy elevada, no afectando para nada a la instalación; ahora bien, si por cualquier evento la línea se ve sometida a un pico de sobretensión transitorio, el limitador baja su resistencia bruscamente, permitiendo una circulación de corriente a tierra, manteniendo así la tensión en la línea dentro de unos límites aceptables.

6.2. Tipos, características y elección de limitadores de sobretensiones transitorias

Para limitadores de sobretensiones transitorias, existen tres tipos de limitadores, que están diseñados principalmente en función de su capacidad de absorción y su rapidez de respuesta:

Tipo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Capacidad de absorción	Muy Alta-Alta	Media-Alta	Baja
Respuesta	Baja-Media	Media-Alta	Muy Alta
Origen	Rayos	Atmosférico y conmutaciones	
Utilización en equipos	Categorías II y III	Categorías II y III	Categoría I

Tabla 7.11. Tipos de limitadores de sobretensiones.

Sus principales características son:

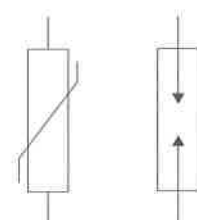
- **Intensidad nominal de descarga (I_n):** es el valor de cresta de la corriente de descarga en forma de onda 8/20 μ s que es capaz de soportar sin dañarse, en una sola vez.
Una onda de corriente 8/20 μ s indica que llega al 90 % del valor máximo de su intensidad en 8 μ s y disminuye al 50 % de su valor en 20 μ s.
- **Intensidad máx. (I_{mp}):** es el pico máximo de la corriente de descarga que es capaz de soportar el limitador.
- **Tensión de protección (U_p):** es el valor de la tensión en bornes del limitador cuando se produce una descarga, expresada en kV.
- **Tensión nominal (U_n):** indica el valor de la tensión de referencia para la que el limitador deberá funcionar.
- **Tensión residual (U_r):** es la tensión a la que están sometidos los receptores cuando el limitador está actuando.
- **Tensión máxima admisible (U_c):** indica el valor máximo de tensión permanente que puede aplicarse en bornes del limitador. Por ejemplo, en una red TT a 230/400 V, la máxima tensión permanente puede llegar a un 10 % por encima de la nominal ($230 \text{ V} \cdot 1,1 = 253 \text{ V}$), siendo, por tanto, la tensión máxima en régimen constante que este soporta sin quemarse de 253 V.

Para la elección de un limitador, hay que tener en cuenta que el objetivo a conseguir es que la actuación de este dispositivo reduzca la sobretensión transitoria a un valor de tensión inferior a la soportada por el equipo protegido. Para alcanzar este objetivo, puede ser necesario utilizar más de un dispositivo de protección. En general, se puede lograr la protección de la instalación mediante un dispositivo tipo 2, instalado lo más cerca posible del origen de la instalación interior, en el cuadro de distribución principal. En función del dispositivo instalado en cabecera y de las distancias entre este y los equipos a proteger, puede ser necesario instalar dispositivos de protección adicionales para proteger equipos sensibles. Estos podrán ser de tipo 2 o de tipo 3. Cuando el edificio disponga de pararrayos, además será necesario instalar en el origen de la instalación (preferentemente antes de los contadores) un dispositivo de protección de tipo 1.

Las secciones mínimas de conexión con el borne de tierra serán: para tipo 1 = 16 mm², para tipo 2 = 4 mm² y para tipo 3 = 2,5 mm².

Situaciones en las que es recomendable instalar limitadores de sobretensiones	
Situaciones	Ejemplos
Viviendas (cuando no sea obligatorio según los casos anteriores)	■ Con sistemas domóticos (ITCBT-51) ■ Con sistemas de telecomunicaciones en azoteas
Instalaciones en zonas con más de 20 días de tormenta al año	Todas las instalaciones, ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.
Equipos especialmente sensibles y costosos	Los locales incluidos en la ITCBT-28
Riesgo de fallo afectando las instalaciones y equipos de los locales de pública concurrencia que no sean servicios de seguridad	

Tabla 7.12. Resumen de las situaciones en las que se recomienda el limitador.



Tipo varistor Tipo descargador

Figura 7.35. Símbolos del limitador de sobretensiones.

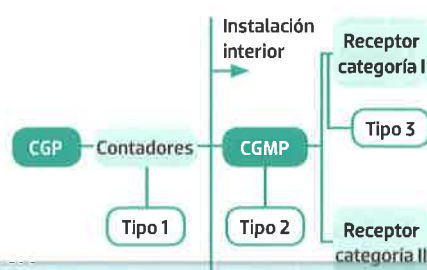


Figura 7.36. Ejemplo de instalación que incluye los tres tipos de dispositivos de protección contra sobretensiones.

Ejemplo

La instalación eléctrica de una gasolinera se compone de un cuadro principal del que parten tres líneas que alimentan a tres cuadros secundarios: cuadro de tienda, cuadro de equipos de lavado de vehículos y cuadro de bombas de carburante. Las líneas que parten de los cuadros de tienda y lavado alimentan a equipos sensibles, como ordenadores, equipos de seguridad, cajas de registro, etc., y el cuadro de bombas de surtidores alimenta a equipos de control con autómatas. La estación de servicio se encuentra ubicada en un entorno susceptible de recibir sobretensiones de origen atmosférico, de forma directa o indirecta. Se alimenta de una línea trifásica de BT a 230/400 V y la corriente máxima de cortocircuito es de 8,6 kA. Se pide diseñar la instalación contra sobretensiones. Partimos de los esquemas del conjunto de la instalación para determinar el tipo, las características y la ubicación de los limitadores:

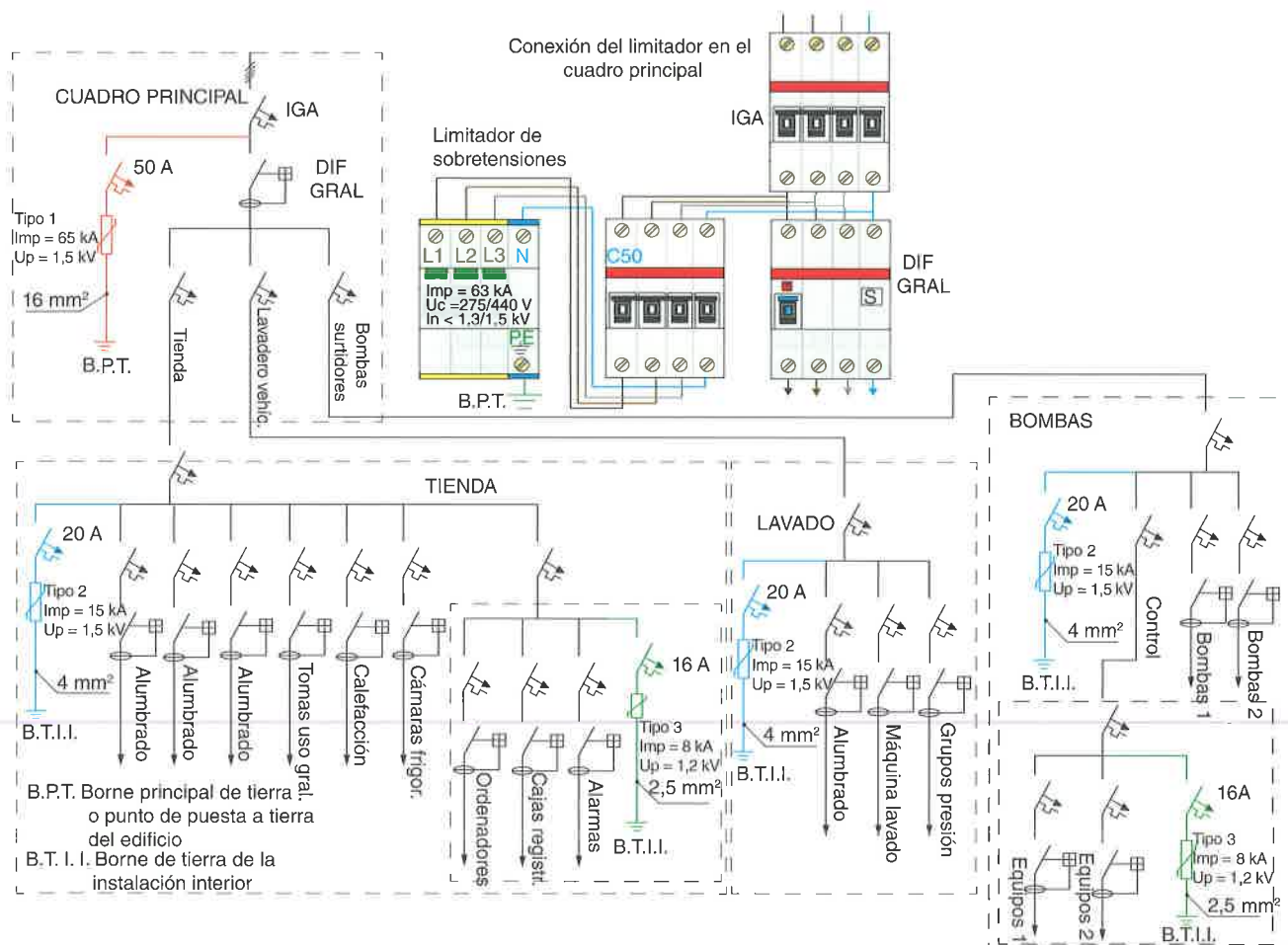


Figura 7.37.

Se han instalado tres tipos de **limitadores de sobretensiones transitorias** conforme a la posición y a los equipos a proteger. Veamos su ubicación y características:

Cuadro principal: se ha instalado un limitador de **tipo 1** con $I_{máx} = 65 \text{ kA}$ (8/20), de 1,5 kV de tensión máxima en bornes del limitador cuando se produce una descarga. Este está protegido, a su vez, por un interruptor automático de 50 A, curva C y con poder de corte de 10 kA ($>8 \text{ kA}$). El cableado se realiza con conductores de 16 mm².

Cuadros secundarios: se conectarán con cable de 4 mm² limitadores de **tipo 2**, con $I_{máx} = 15 \text{ kA}$ (8/20) y de 1,5 kV, protegidos por interruptores automáticos de 20 A, curva C y con poder de corte de 10 kA.

Cuadros de control y equipos: en la tienda, en el cuadro de protecciones para alimentación a equipos informáticos, cajas registradoras y alarmas, así como en el cuadro de control automatizado de las bombas de los surtidores, se instalarán limitadores de **tipo 3**, con $I_{máx} = 8 \text{ kA}$ (8/20) y de 1,2 kV, protegidos por interruptores automáticos de 16 A, curva C y con poder de corte de 10 kA. El cableado se realiza con conductores de 2,5 mm². Los limitadores tendrán un señalizador de final de vida en la parte frontal (la aparición de una pestaña roja indicará que es preciso cambiarlo).

7. Instalaciones de puesta a tierra

La puesta a tierra consiste en la unión eléctrica directa (sin fusibles ni protección alguna) de una parte del circuito eléctrico (masas metálicas de receptores, canalizaciones metálicas de conductores, etc.) mediante una toma de tierra formada por un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo. Su objetivo es limitar la tensión que, con respecto a tierra, se pueda presentar en un momento dado en las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos de una instalación.

Las partes que componen una instalación de tierra son las siguientes: el terreno, las tomas de tierra, el conductor de tierra, el borne principal de tierra, el conductor de protección y los conductores de equipotencialidad.

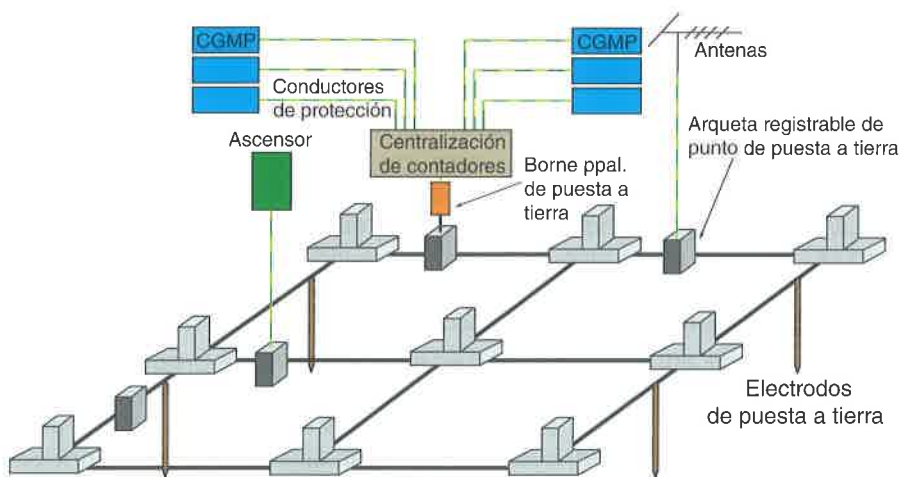


Figura 7.39. Esquema de una puesta a tierra.

7.1. La toma de tierra. Los electrodos

La toma de tierra se define como el conjunto de elementos enterrados en el terreno, denominados electrodos, utilizándose para ello materiales tales como el cobre y el acero galvanizado. Según su estructura, pueden ser:

- Picas en forma de barras de acero-cobre o acero galvanizado, con geometría tubular o en forma de perfiles.
- Conductores desnudos de cobre de 35 mm² de sección como mínimo.
- Placas rectangulares o cuadradas con un espesor mínimo de 2 mm, si estas son de cobre, o de 3 mm, si son de acero.
- Anillos o mallas metálicas constituidos por conductores desnudos en combinación con placas o picas.
- Armaduras de hormigón enterradas en el terreno, exceptuando las armaduras pretensadas.

La profundidad del enterramiento del electrodo (medida desde su parte superior) no deberá ser inferior a 0,5 m y, en zonas en las que existan continuos riesgos de heladas, la profundidad mínima deberá ser de 0,8 m.

En edificios de viviendas, locales comerciales, oficinas y otros locales similares, se exige que la toma de tierra se realice en forma de **anillo cerrado** que integre a todo el perímetro del edificio al que se conectan y si existe la necesidad de disminuir la resistencia de tierra se conectarán picas verticales en diferentes puntos del anillo.



Figura 7.38. Picas.

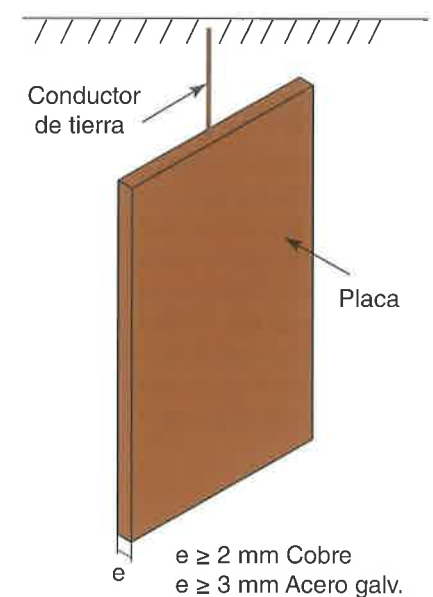


Figura 7.40. Placas.

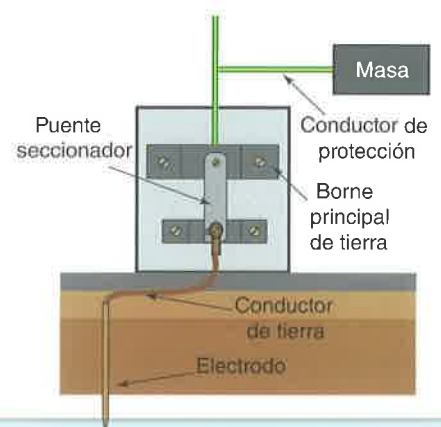


Figura 7.41. Representación esquemática de la puesta a tierra.

Electrodo	Resistencia de tierra en ohm
Placa enterrada	$R = 0,8\rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2\rho/L$

Nota: ρ : resistividad del terreno ($\Omega\text{m} \cdot \text{m}$)

P: perímetro de la placa (m)

L: longitud de la pica o del conductor (m)

Tabla 7.13. Fórmulas para estimar la resistencia de tierra (tabla 5 ITC-BT 18).**Saber más**

Toda instalación de tierra debe tener un punto accesible que permita medir la resistencia de tierra de la instalación. Para efectuar la medición, se desconectan siempre los conductores de protección del conductor de tierra. El borne de puesta a tierra puede realizar dicha función; en tal caso, debe ser desmontable necesariamente por herramientas.

**Figura 7.42.** Teluróhmetro (Fluke).**7.2. Conductores de tierra y borne de puesta a tierra**

En toda instalación de tierra, debe haber un borne de puesta a tierra. Este es el elemento al cual acomete la toma de tierra formada por el electrodo o conjunto de electrodos necesarios. La unión entre dichos electrodos y el borne principal de tierra del cual partirán los conductores de protección de la instalación interior se realiza con el denominado conductor de tierra. Las secciones a utilizar para este conductor son las siguientes:

- Para conductores de tierra protegidos contra la corrosión mediante envoltente, si no llevan protección mecánica serán de 16 mm^2 , tanto si son de cobre como si son de acero galvanizado.
- Para conductores de tierra no protegidos contra la corrosión (desnudos) siempre será de sección mínima de 25 mm^2 para el cobre. Aunque se recomienda que esta sección sea de 35 mm^2 , si va enterrado, y de 50 mm^2 , si son de hierro.

7.3. Conductores de protección y conductores de equipotencialidad

Los **conductores de protección** parten del borne de puesta a tierra y sirven para unir eléctricamente las masas metálicas de una instalación, es decir, las partes metálicas de los receptores, los cuadros de distribución metálicos, las canalizaciones de conductores metálicas, etc., con la puesta a tierra. Con esto se asegura la protección contra contactos indirectos. Estos conductores deben tener una sección conforme a la tabla 2 de la ITC-BT 18, en función de los conductores de fase al cual acompañan.

El **conductor de equipotencialidad** es el conductor que proporciona una conexión equipotencial, poniendo al mismo potencial a partes conductoras simultáneamente accesibles. Se pueden distinguir dos tipos: **Conductor principal** de equipotencialidad, que conecta la canalización metálica principal de agua a tierra, y **conductores suplementarios** de equipotencialidad, que conectan las masas puestas a tierra con el elemento conductor.

7.4. Resistencia de tierra

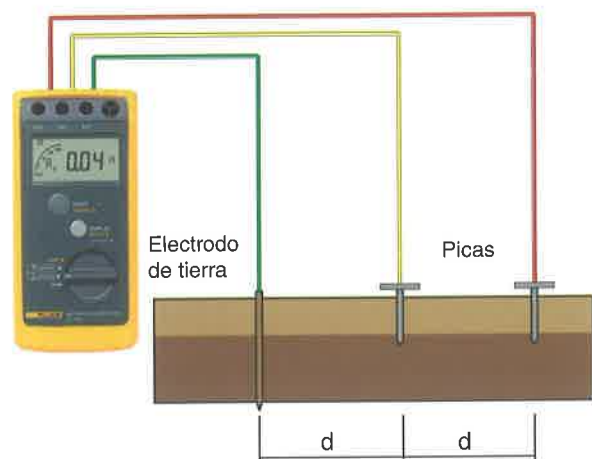
Cuando se produce un contacto de una masa metálica conectada al conductor de protección con un conductor activo, una corriente de fuga atraviesa los conductores de protección pasando por el conductor de tierra hasta llegar a los electrodos que hacen difundir dicha corriente en el terreno. De tal forma, la resistencia de tierra debe ser lo menor posible para facilitar el paso de corriente.

Los electrodos deben dimensionarse para que su resistencia final sea tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a **24 V**, en emplazamientos conductores (por ejemplo, locales húmedos o mojados), y a **50 V**, en el resto de los casos.

La resistencia de los electrodos depende de varios factores: de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el cual se entierran. La tabla 3 de la ITC BT-18 indica valores orientativos de resistividad para diversos tipos de terrenos, cuyo objeto es dar una primera aproximación de la resistencia de tierra para la realización de cálculos estimativos, que pueden efectuarse utilizando la tabla 4 de la ITC-BT 18 para picas, placas y conductores desnudos.

La realización de la medida de tierra es esencial en toda instalación, antes de su puesta en marcha y en todas aquellas que requieran una verificación periódica de la misma. El aparato de medida se denomina teluróhmetro y su uso y manejo dependen del modelo, atendiendo a las especificaciones del fabricante.

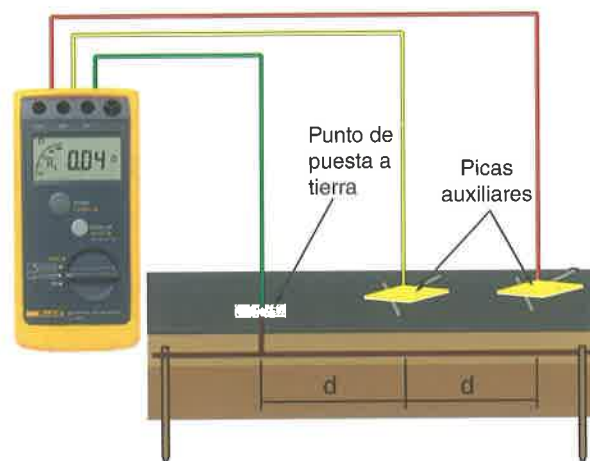
Las figuras 7.43 y 7.44 muestran de forma gráfica una medición de tierra.



El modo de medición de tierra se realiza introduciendo dos picas auxiliares en el terreno, separadas a una distancia $<d>$ que especificará el fabricante en cada modelo de medidor de tierra, y conectadas a los bornes correspondientes del telurómetro.

Otro de los bornes que ofrece el telurómetro se conecta a un punto de puesta a tierra, teniendo en cuenta que esta debe estar desconectada de los conductores de protección de la instalación. Seguidamente, y según las especificaciones técnicas del modelo de medidor, se realizará la medida.

Figura 7.43. Medida de tierra con las picas clavadas en el terreno.



En caso de que no pudiesen clavarse las picas auxiliares a causa de la naturaleza del terreno (hormigón, roca, etc.), la medida se realizará conectando el borne de conexión a tierra a un punto de puesta a tierra de la instalación y las picas auxiliares se colocarán posadas en el suelo envueltas en bayetas o trapos que se mojarán mientras se realiza la medida. Las distancias de separación serán las mismas que si estas estuviesen clavadas en el terreno.

Figura 7.44. Medida de tierra con las picas posadas en el suelo.

Ejemplo

Para la puesta a tierra de la estructura de un edificio situado sobre terreno de granito y gres alterado de resistividad $600 \Omega m$, se dispone de un cable de tierra de cobre desnudo de sección 35 mm^2 formando un anillo con longitud total en planta de 102 metros, enterrado en zanja a una profundidad de 80 cm, soldado a las armaduras, a la estructura metálica y entre sí por soldadura aluminotérmica. Calcular el número de picas necesarias, de longitud 4 metros, para lograr una resistencia de tierra total de 10Ω .

Aplicamos la ecuación de la tabla 5 de ITC BT-18 para conductor enterrado, siendo la resistencia obtenida de: $R_{\text{Cable}} = (2 \cdot 600)/102 = 11,7 \rightarrow 12 \Omega$

Cada pica tiene una resistencia en este terreno de: $R_{\text{Pica}} = 600/4 = 150 \Omega$

Las picas suponen resistencias en paralelo de 150Ω y, a su vez, en paralelo con el cable que supone 12Ω . Aplicando esto, realizamos el cálculo:

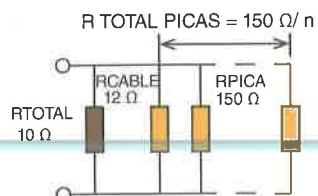


Figura 7.46.

n = número de picas en paralelo de 150Ω

$$R_{\text{Total}} = 10 = \frac{1}{\frac{1}{12} + \frac{n}{150}} = \frac{1}{\frac{25 + 2n}{300}} = \frac{300}{25 + 2n} \rightarrow 10(25 + 2n) = 300$$

$$250 + 20n = 300 \rightarrow n = \frac{300 - 250}{20} = 2,5 \rightarrow 3 \text{ picas}$$

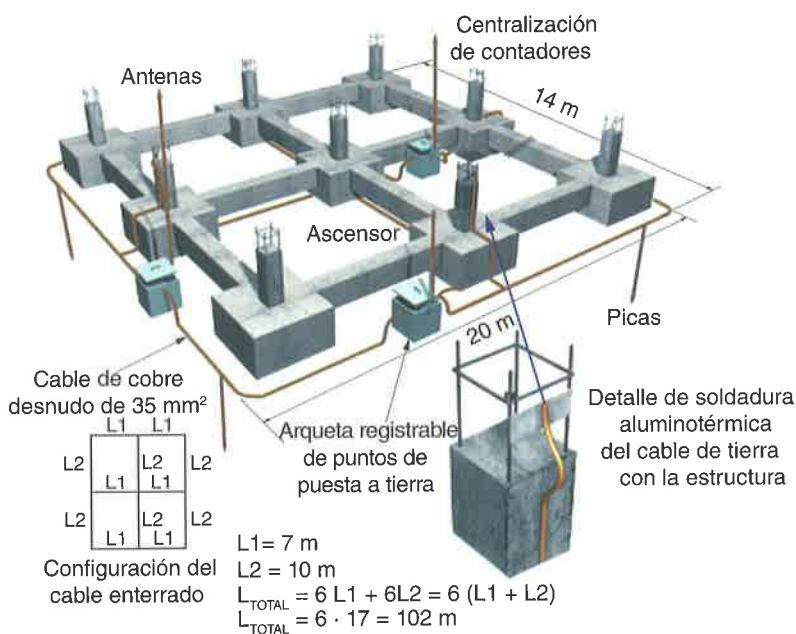


Figura 7.45. Detalle de la instalación de tierra en el edificio.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Material

- Interruptores automáticos: uno de 4×32A, 4 de 2×10A, 5 de 2×16A y 3 de 2×25A
- Dos limitadores de sobretensiones
- Una pastilla reguladora de luminosidad o similar y un interruptor horario
- Cajas de empotrar de 100×150 mm y de 150×200 mm
- Base de corriente schuko 16A 2p+T
- Conmutadores, interruptores y pulsadores
- Tubos corrugados de 16, 20 y 25 mm
- Carril DIN, abrazaderas, bornes de conexión, lámparas y portalámparas

Instalación eléctrica de un local comercial

Objetivo

Diseño y montaje de cuadros de distribución.

Planteamiento

Se va a realizar una instalación eléctrica de una tienda de ropa ubicada en un edificio de viviendas en el que se instala un pararrayos ubicado en una zona con más de 25 tormentas al año.

Los circuitos y equipos a instalar en la tienda los siguientes:

- 3 circuitos de alumbrado.
- 3 circuitos de fuerza monofásicos: tomas de la sala de ventas, tomas de escaparate y tomas para el almacén y el aseo.
- 1 circuito monofásico para climatización.
- Desde el cuadro general, se alimenta un cuadro secundario que contiene las protecciones de los equipos informáticos, hilo musical, caja registradora y alarmas de seguridad contra robo e intrusión.

El cliente desea que los dos focos del escaparate permanezcan unas horas encendidos después del cierre y que la línea de alumbrado ornamental de la sala de ventas disponga de regulación de iluminación.

Desarrollo

1. Se realiza el esquema eléctrico de distribución en planta.

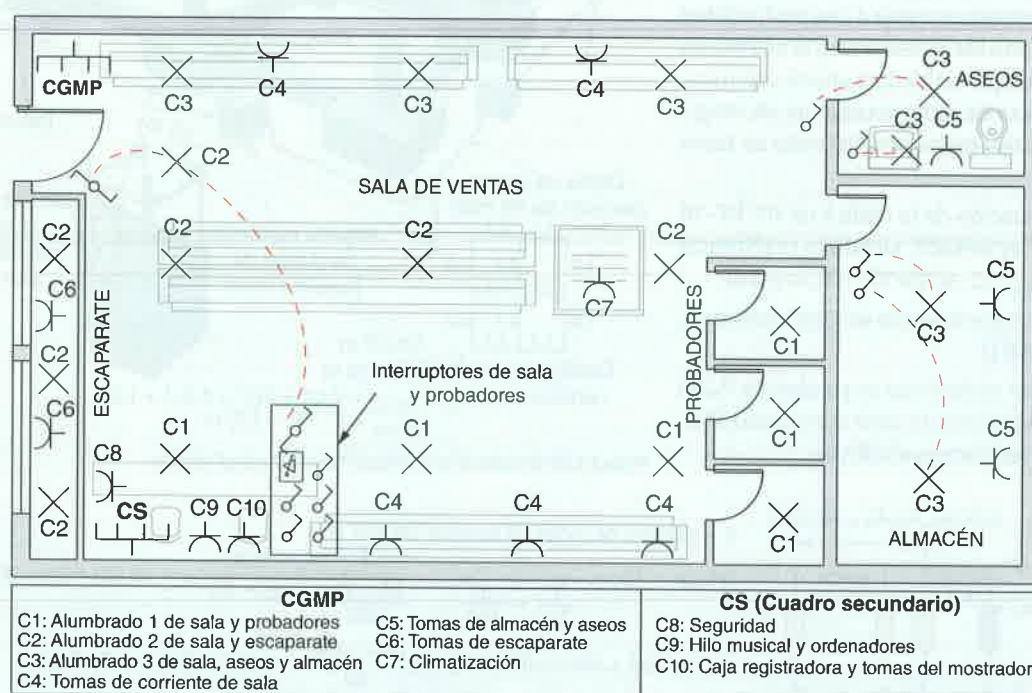


Figura 7.47. Esquema de distribución en planta del local.

2. Cálculos de la instalación teniendo en cuenta que los conductores a utilizar para la instalación interior serán unipolares H07Z1-K (AS) y se canalizarán bajo tubos empotrados.

Tabla de datos y resultados obtenidos:

Circuito	II/III	Tensión (V)	Potencia (W)	cos ϕ	L (m)	c.d.t. (%)	Canalización ($\varnothing$ mm)	I_s (A)	Secc. (mm ²)	Protec. (A)
Derivación Individual DI (cable RZ1-K 0,6/1kV)	III	230/400	15.900 (Fs=0,6)	0,9	24	1	T. en conduct. ****	****	****	Fusible ****
CGMP										
C1: Alumbrado 1	II	230	1000	1	24	3	T. empotr. 16	4,3	1,5	10
C1: Alumbrado 2	II	230	1000	1	27	3	T. empotr. 16	4,3	1,5	10
C1: Alumbrado 3	II	230	1000	1	30	3	T. empotr. 16	4,3	1,5	10
C4: Tomas sala	II	230	3500	1	26	3	T. empotr. 20	15,2	2,5	16
C5: Tomas almacén	II	230	3500	1	30	5	T. empotr. 20	15,2	2,5	16
C6: Tomas escaparate	II	230	2500	1	15	5	T. empotr. 20	10,8	2,5	16
C7: Climatización	II	230	4000	0,9	20	5	T. empotr. 20	19,3	4	20
Cuadro secundario	II	230	5000	1	15	1	T. empotr. 25	21,7	6	25
Cuadro secundario										
C8: Seguridad	II	230	200	1	8	4	T. empotr. 16	0,8	1,5	10
C9: Sonido/Informát.	II	230	2400	1	10	4	T. empotr. 20	11,7	2,5	16
C10: Caja registrad.	II	230	2400	1	6	4	T. empotr. 20	12,1	2,5	16

Nota: en algunos tramos de la instalación, existen agrupaciones de dos circuitos por tubo (C1 con C3 y C6 con C7); por tanto, el cálculo de la sección y protección se ha realizado teniendo en cuenta la reducción por agrupación de 0,8 en estos circuitos. Por otro lado, en los tramos en los que discurren estos dos circuitos en un mismo tubo este se ha dimensionado para albergar el total de conductores según la ITC-BT 21.

Interruptores generales automáticos.

En el CGMP, se instalará un IGA tetrapolar de 32 A y en el CS, un IGA bipolar de 25 A; ambos de clase C.

Cálculo de la derivación individual

Calcula la derivación individual formada por cables unipolares RZ1-K 0,6/1kV (AS) bajo tubo empotrado. En la centralización de contadores en planta baja, se instalan el contador del local y los tres fusibles de seguridad tipo Diazed.

La c.d.t. máxima permitida para esta línea es del 1%. La longitud de este tramo es de 24 m, potencia 15900 W, tensión 400 V, cos ϕ = 0,9. Completa la siguiente tabla:

Por c.d.t. S=_____ = _____ => _____ mm ²	Por I _{máx} I _s =_____ = _____ A	
Método de instalación	Secc. (mm ²)	I _{máx} cable (A)
.....		
Calibre de los fusibles gG/gL de seguridad		
I _s ≤ I _n ≤ 0,91 I _{máx} final		
..... A ≤ A ≤ A		
Diámetro del tubo (según ITC-15)		
Ø Tubo = mm		

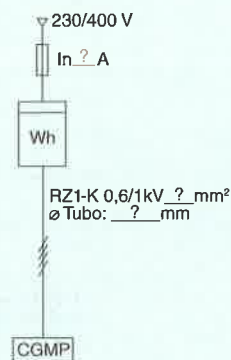


Figura 7.48. Esquema unifilar de la derivación individual.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

continuación

3. Interruptores diferenciales.

La siguiente tabla muestra las características de los diferenciales a instalar, teniendo en cuenta su posición y los tipos de receptores instalados en los circuitos que protege.

Diferencial	$I_n/I_{\Delta n}$	Clase
Diferencial general	40 A/300 mA	S-AC
Diferencial de los circuitos interiores (alumbrado, tomas y climatización)	25 A/30 mA	AC
Diferencial de los circuitos de equipos informáticos, caja, sonido y alarmas.	25 A/30 mA	A

4. Instalación del sistema de protección contra sobretensiones.

Será obligatoria la instalación de un limitador de sobretensiones de **tipo 1** en la centralización de contadores, ya que hay instalados pararrayos. En los cuadros de la tienda, se instalarán limitadores de **tipo 2** en el cuadro general y un limitador de **tipo 3** en el cuadro secundario (informática, caja y seguridad).

Protectores contra sobretensiones	Tipo	I_{mp} (kA)	U_p (kV)	Secc. (mm ²)	In. Aut. (A)
En cuadro general	2	15	1,5	4	20
En cuadro secundario	3	8	1,2	2,5	16

5. Esquema unifilar de los cuadros de distribución.

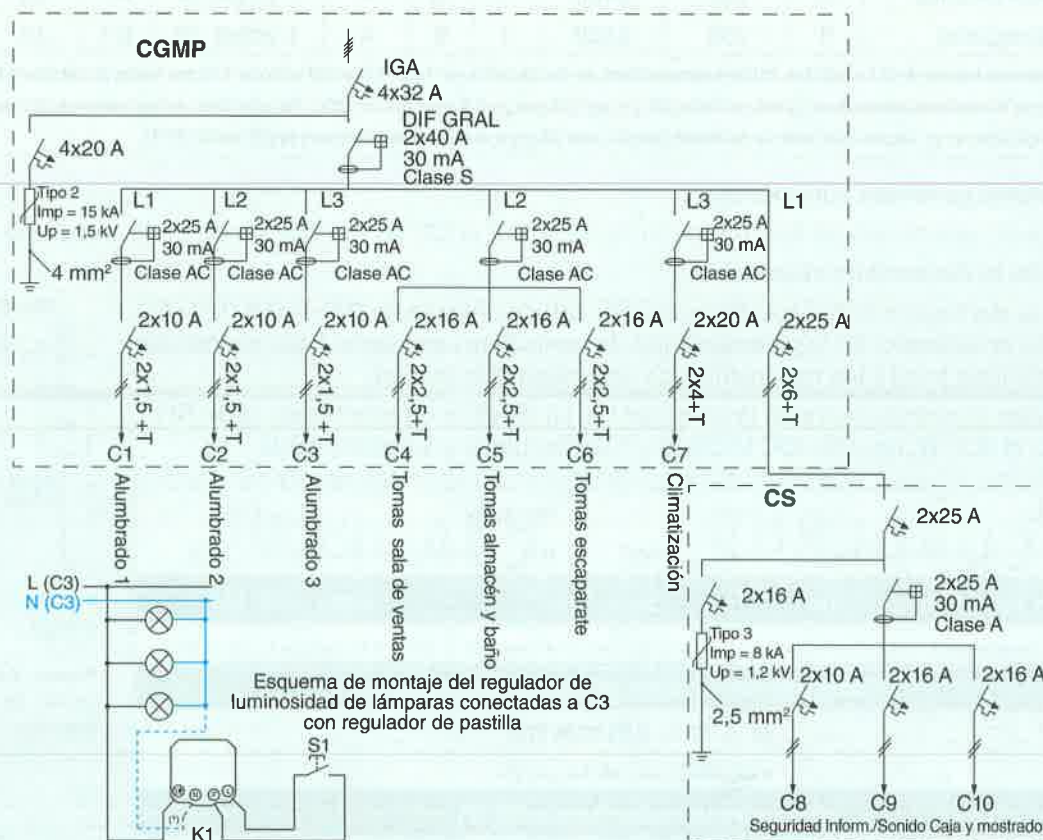


Figura 7.49. Esquemas de los cuadros de distribución.

6. Realiza el montaje práctico de los cuadros de distribución.

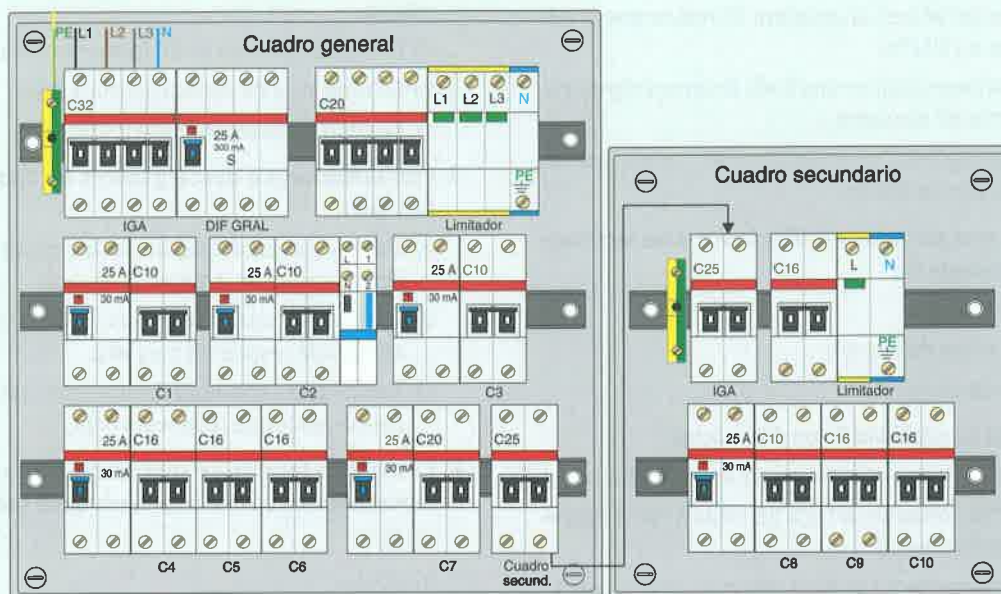


Figura 7.50. Esquema de montaje de los cuadros de distribución.

7. Realiza el montaje de la instalación tal y como muestra la siguiente figura, teniendo en cuenta que:

- En el cuadro de interruptores, se indica el circuito de las lámparas de la sala sobre el que actúa el interruptor (C3r puede ser pulsador o regulador de potenciómetro, según el tipo de regulador de luminosidad). P1, P2 y P3 son los interruptores de los probadores.
- Hay dos tramos de canalización con circuitos agrupados (C1 con C3 y C6 con C7).
- Algunas tomas no se han instalado, con el objeto de no sobrecargar la práctica, pero todos los circuitos han sido representados.

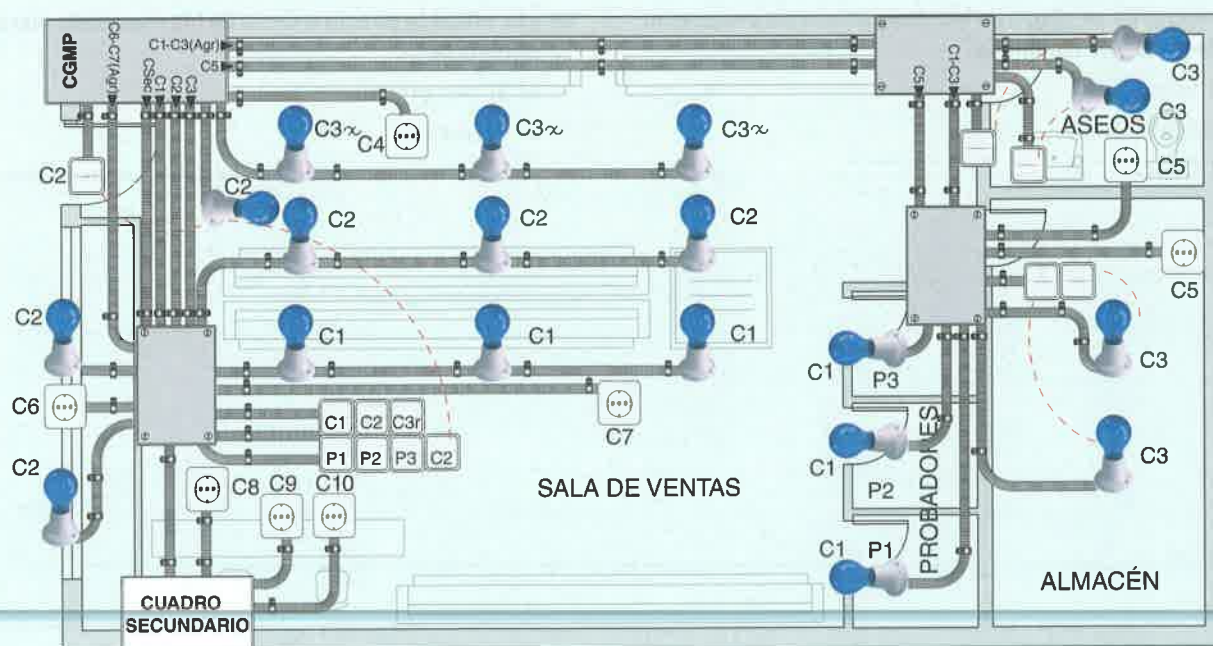


Figura 7.51. Esquema de montaje de la instalación.

TEST DE EVALUACIÓN

RESUELVE EN TU CUADERNO O BLOC DE NOTAS

1. Una sobrecarga se produce:

- a) Cuando la tensión en un receptor es mayor que la admitida por su diseño.
- b) Cuando la intensidad en una línea alcanza valores extremadamente elevados.
- c) Cuando a una línea se conectan más cargas que las admitidas por su diseño.

2. La principal ventaja de los fusibles frente a los interruptores automáticos es:

- a) Su fácil instalación.
- b) Su mejor curva de disparo.
- c) Su poder de corte.

3. Se denomina sensibilidad de un diferencial:

- a) Al valor máximo que es capaz de aguantar un diferencial.
- b) A la máxima corriente de fuga derivada a tierra permitida por el diferencial.
- c) A la mínima corriente de fuga derivada a tierra permitida por el diferencial.

4. ¿La rotura del neutro en un sistema trifásico puede ser protegida con limitadores de tipo transitorio?

- a) Sí, siempre.
- b) No, ya que debe ser limitador de tipo permanente.
- c) No, ya que la rotura del neutro no genera sobretensiones.

5. El diseño de una instalación, en la cual se garantiza que solamente se disparan los dispositivos de protección afectados, se denomina:

- a) Sensibilidad.
- b) Selectividad.
- c) Clase.

6. Será obligatorio instalar limitadores de sobretensiones en:

- a) En zonas con más de 20 tormentas al año.
- b) En todo local de pública concurrencia.
- c) En centros de emergencia médica.

7. Los limitadores o descargadores de tipo 3 son aquellos que:

- a) Tienen una capacidad de absorción de energía muy alta y rapidez de respuesta elevada.
- b) Tienen una capacidad de absorción de energía baja y rapidez de respuesta muy alta.
- c) Tienen una capacidad de absorción de energía muy baja y rapidez de respuesta baja.

8. La máxima tensión de contacto que puede tener una masa metálica en una lavandería debe ser de:

- a) 24 V.
- b) 50 V.
- c) 12 V.

9. Se denomina conductores de protección:

- a) A los cables desnudos de cobre enterrados en el terreno.
- b) A los cables que conectan la instalación de tierra con las masas.
- c) A los cables que unen las estructuras metálicas de las edificaciones.

10. ¿Es eficaz la puesta a tierra de las masas sin instalar diferencial?

- a) Sí, siempre.
- b) No, nunca.
- c) Sí, pero únicamente en instalaciones industriales.

ACTIVIDADES FINALES

- 1. La placa de un motor trifásico indica: tensión = 400 V, $\cos \varphi = 0.87$, intensidad nominal = 20 A. Se sabe que tiene un pico de arranque de 3,5 veces su intensidad nominal y se quiere proteger con fusibles gG/gL cuyas curvas son la de la figura 7.53. Se pide:

- Elegir el calibre mínimo si el motor tiene un tiempo de arranque de 8 s.
- Con el calibre que has elegido, calcula la sección del conductor (c.d.t. despreciable) que alimenta al motor. Se utilizará una man-guera tipo RV-K 0,6/1 kV grapada sobre la pared.

- 2. Al circuito de tomas de corriente de uso general (C2) de una vivienda protegido por un PIA C16, se conectan tres calefactores: uno de ellos de 2 000 W, otro de 1 200 W y otro de 960 W. Se pide:

- Determinar la intensidad que circulará por dicho circuito.
- En función de la intensidad calculada, determina el **factor I/I_n** (veces la intensidad nominal).

- Si el PIA C16 (calibre de 16 A, curva C) es de las características ofrecidas en la curva de la figura 7.21, determina apro-ximadamente el tiempo en horas que podrán estar funcionando los receptores antes de dispararse el interruptor automático debido a la sobrecarga en el circuito.

- 3. Un cuadro general —aguas arriba (A)— de una industria tiene instalado un diferencial selectivo de 300 mA, clase AC-S. De él parte una línea de alimentación a un cuadro secundario —aguas abajo (B)— en el que se instalan diferenciales de 30 mA, clase AC, para la protección indivi-dual de los diferentes circuitos a los que alimenta dicho cuadro. En caso de que en uno de los circuitos individuales se produjese una derivación a tierra de 1 A, se pide:

- Obtén los tiempos de disparo de los diferenciales A y B, según las curvas de la figura 7.28.
- ¿Existe selectividad de disparo?
- Si el diferencial A no fuese selectivo y fuese un diferencial igualmente de 300 mA clase AC, en caso de un defecto a tierra en un circuito de un valor de 10 A, ¿cuál saltaría antes? ¿Existe selectividad en este caso?

- 4. Escoge del listado la clase y sensibilidad de diferencial que utilizarías en cada caso.

	Instalación	Diferencial
300 mA/ AC 10 mA/ AC 300 mA/S-AC 30 mA/AC	En un quirófano	.....
	En una línea de alumbrado público	.....
	En una vivienda	.....
	En el diferencial general de un cuadro en una industria	.....

- 5. Escoge del listado el tipo de limitador a instalar según la situación e indica si es obligatorio o recomendado.

	Situación	Tipo	Obligatorio o recomendado
Tipo 1	Centralización de contadores de edificio con pararrayos	.....	.....
Tipo 2	Cuadro de protección de equipos de quirófano	.....	.....
Tipo 3	Cuadro general de una vivienda con equipos domésticos	.....	.....
	Cuadro secundario que alimenta un horno industrial	.....	.....

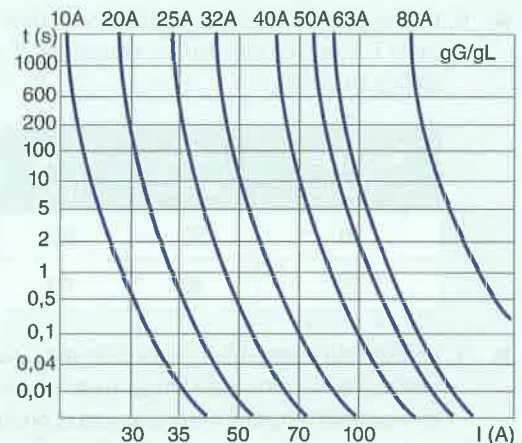


Figura 7.52.

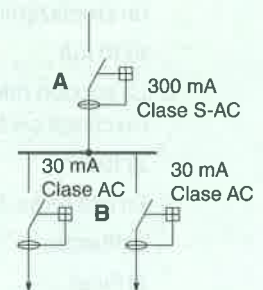


Figura 7.53.

ACTIVIDADES FINALES

6. Conocida al I_{cc} de cortocircuito en el origen de donde parten diferentes líneas hasta cuadros secundarios. Utilizando la tabla 7.2, se pide calcular las intensidades máximas de cortocircuito que se pueden dar en los puntos donde se ubican dichos cuadros.

I_{cc} origen (kA)	Cable (mm ²)	Long. (m)	I_{cc} final (kA)	I_{cc} origen (kA)	Cable (mm ²)	Long. (m)	I_{cc} final (kA)
10	50	80	*****	18	16	53	*****
25	70	117	*****	42	95	37	*****

7. Realiza una medición de tierra utilizando los dos procedimientos descritos en las figura 7.44 y 7.45. Para ello, debes clavar una pica en el terreno de 1 m aproximadamente así como las picas auxiliares a unas distancias según las especificaciones técnicas del telurómetro. Conecta el borne de puesta a tierra a la pica y realiza la medición.

Test de REBT

8. Realiza el siguiente test del REBT de las instrucciones ITC-BT 18, 23 y 24.
- En una instalación eléctrica, la resistencia de toma de tierra es de 100 Ω ; la sensibilidad del diferencial si pertenece a un emplazamiento mojado, será de:
 - 10 mA
 - 30 mA
 - 300 mA
 - La sección mínima de los conductores de cobre de puesta a tierra protegidos contra la corrosión y sin protección mecánica será de:
 - 10 mm²
 - 16 mm²
 - 35 mm²
 - 50 mm²
 - En una toma de tierra, pueden ser utilizados los siguientes electrodos de tierra (señala la **no** correcta):
 - Placas.
 - Canalizaciones metálicas de calefacción.
 - Picas.
 - Conductores desnudos enterrados.
 - La protección de equipos informáticos y electrónicos contra sobretensiones se realizará con limitadores de:
 - Tipo 1.
 - Tipo 2.
 - Tipo 3.
 - Tipo 4.
 - Cualquier tipo.
 - Las sobreintensidades en un circuito pueden estar originadas por:
 - Elevadas derivaciones a tierra.
 - Sobrecargas o cortocircuitos.
 - Sobretensiones.
 - El dispositivo adecuado para la protección contra cortocircuitos será:
 - El relé térmico.
 - El interruptor diferencial.
 - El interruptor automático.
 - El limitador de cortocircuitos.
 - En un local seco, se ha medido una resistencia de tierra de 1 428 Ω . ¿Qué sensibilidad será necesaria para el interruptor diferencial?
 - 63 mA
 - 30 mA
 - 300 mA
 - 500 mA
 - 25 mA
 - En locales o emplazamientos húmedos o mojados, la tensión de defecto máxima permitida es de:
 - 50 V
 - 60 V
 - 12 V
 - 24 V
 - La protección contra contactos indirectos se consigue con la aplicación de:
 - Medidas de aislamiento de las partes activas de la instalación.
 - Barreras o envolventes.
 - Dispositivos de corriente diferencial residual.
 - Medidas de alejamiento de las partes activas.
 - ¿Cuáles la fórmula que se debe utilizar para determinar la sensibilidad de un diferencial en locales de emplazamiento secos?
 - $R \leq 230/I_s$
 - $R \leq 24/I_s$
 - $R \leq 50/I_s$
 - $R \leq 400/I_s$

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Material

- Manuales del fabricante de interruptores automáticos con relé electrónico

Ajuste de un interruptor automático de caja moldeada

Planteamiento

En una ampliación y reforma de una industria alimentaria, se van a instalar dos nuevos interruptores generales en un cuadro principal (CP), en cuyo punto la intensidad máxima de cortocircuito $I_{cc\text{máx}}$ es de 10 kA. De estos interruptores parten dos líneas, que se canalizan enterradas en la misma zanja y se destinan a alimentar dos cuadros secundarios: CS1 y CS2. Los interruptores de caja moldeada son los siguientes:

- Q1: protege a la línea L1 que va desde el CP a un cuadro secundario (CS1) y contiene las protecciones de los conductores que alimentan a nuevos equipos incorporados al proceso de producción industrial.
- Q2: protege a la línea L2 que va desde el CP a un cuadro secundario (CS2) y contiene las protecciones de las oficinas, equipos informáticos, telecomunicaciones y seguridad.

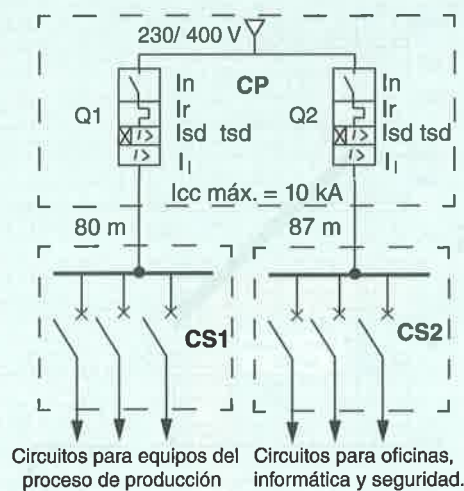


Figura 7.54.

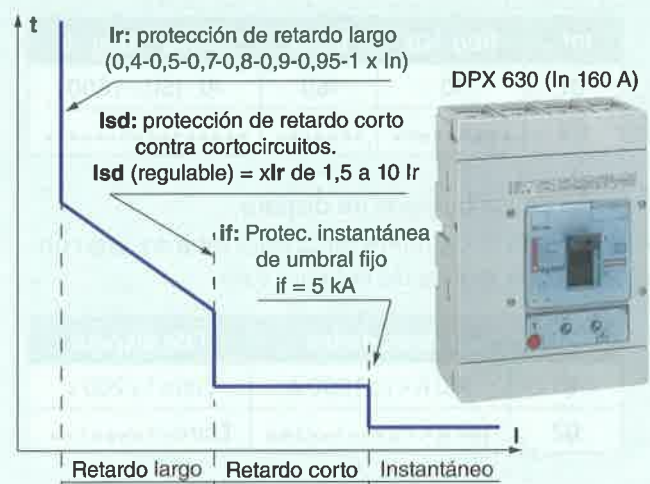


Figura 7.55. Interruptor automático con relé electrónico.

Se utilizarán conductores unipolares RZ1-K 0,6/1 kV enterrados bajo tubos en contacto mutuo. Los datos de esta instalación son los reflejados en la siguiente tabla:

Cuadro	Pot. (kW)	Tens. (V)	cos φ	L (m)	c.d.t. (%)	I_s (A)	FC ⁽¹⁾	Secc. (mm ²)	$I_{máx}'$ (A)	$I_{cc}^{(2)}$ (kA)
CS1	85	400	0,80	80	2	153	0,85	95	$202 \cdot 0,85 = 171,7$	6,2
CS2	75	400	0,90	87	1,5	120	0,85	70	$170 \cdot 0,85 = 144,5$	5,3

Notas:

(1) Factor de corrección por agrupamiento de dos tubos en contacto en una misma zanja.

(2) La $I_{máx}'$ de cortocircuito en los puntos de CS1 y CS2 las calculamos a través de la tabla 7.2 de esta unidad. En CS1 para cable de 95 mm² a 80 m (81 m en la tabla) y 10 kA en el origen se obtiene: $I_{cc1} = 6,2$ kA. Y en CS2 para cable de 70 mm² a 87 m (85 m en la tabla) y 10 kA en el origen se obtiene: $I_{cc2} = 5,3$ kA.

Desarrollo

1. Elegimos como protección un interruptor automático de caja moldeada con relé electrónico DPX 630 de Legrand, de calibre $I_n = 160$ A con umbral de disparo instantáneo fijo $I_f = 5$ kA.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

continuación

2. Los ajustes serán los siguientes:

a) Ajuste I_r (retardo largo para sobrecarga)

Int. Aut.	Imáx. cable (A)	I_n (A)	Reg. $I_r^{(1)}$	$I_s \leq I_r(A) = \text{Reg} \cdot I_n \leq \text{Imáx.}$
Q1	171,7	160	1	$153 \leq (1 \cdot I_n = 1 \cdot 160 = 160 \text{ A}) \leq \text{Imáx cable (171 A)}$
Q2	144,5	160	0,9	$120 \leq (0,9 \cdot I_n = 0,9 \cdot 160 = 144 \text{ A}) \leq \text{Imáx cable (144,5)}$

Nota (1): El parámetro de Regulación I_r se ajusta en el interruptor automático, lo que permite tener un dispositivo de protección de calibre ajustable.

b) Ajuste I_{sd} (retardo corto para cortocircuitos)

- Q1 (protege una línea con cargas muy inductivas): se ajusta el disparo por retardo corto a 10 veces I_r .
- Q2 (protege una línea con cargas poco inductivas): se ajusta el disparo por retardo corto entre 5 y 8 veces I_r .

A partir de estos ajustes y hasta cortocircuitos de 5 kA, los interruptores introducirán un retardo para mejorar la selectividad con los dispositivos ubicados aguas abajo.

- Completa la tabla de ajuste de I_{sd} para Q2.

Int.	Reg. I_{sd}	I_r (A)	$I_{sd}(A) = \text{Reg} \cdot I_r$
Q1	10	160	$10 \cdot 160 = 1600$
Q2	*****	*****	*****

c) Estudio de los tiempos de disparo.

- Completa la siguiente tabla para retardo largo utilizando la gráfica de la figura 7.56.

Int.	Intensidades	T de disparo
Q1	$160 \text{ A} < I \leq 1600 \text{ A}$	Entre 1 y 200 s
Q2	$144 \text{ A} < I \leq$	Entre

- Completa la siguiente tabla para retardo corto utilizando la gráfica de la figura 7.56.

Aut.	Intensidades	T de disparo
Q1	$1,6 \text{ kA} < I \leq 5 \text{ kA}$	$t = 0,07 \text{ s}$
Q2	*****	*****

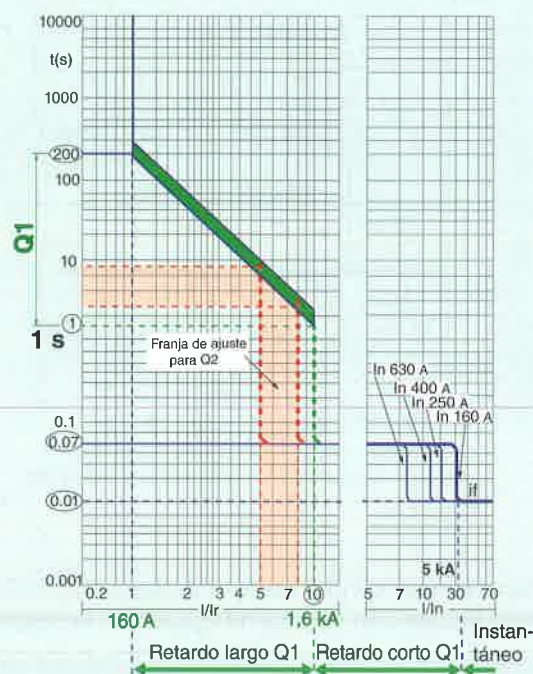


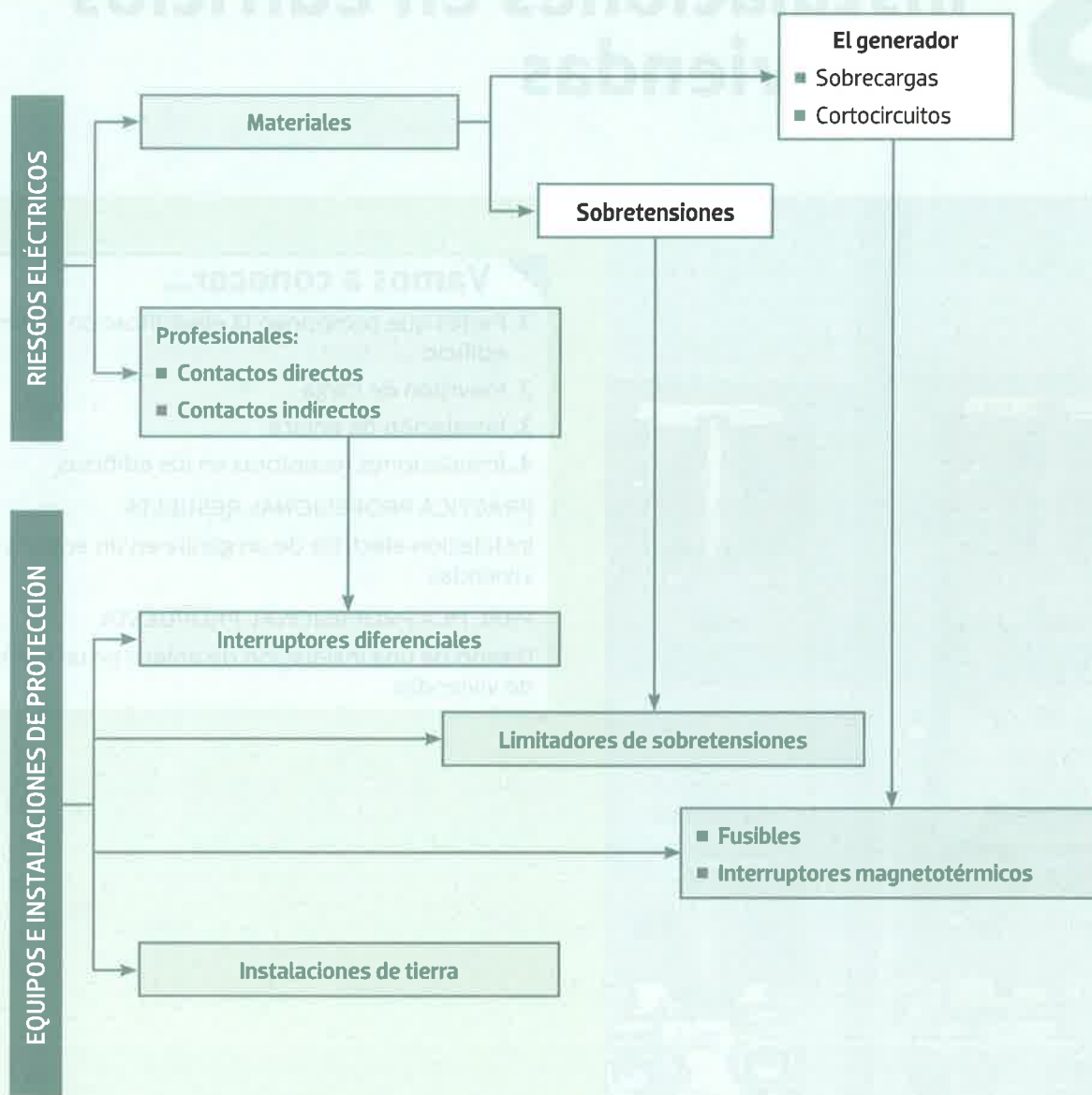
Figura 7.56. Curvas de disparo del interruptor DPX 630.

3. En resumen, frente a sobrecargas estos permiten ajustar su calibre en función de la $I_{máx}$ del cable, y para cortocircuitos de intensidad baja ($< 5 \text{ kA}$) los disparos se realizarán con un retardo de aprox. 70 ms. Para cortocircuitos de intensidades elevadas ($I_{cc} \geq 5 \text{ kA}$) cortan en aprox. 10 ms, tiempo similar al de los dispositivos ubicados aguas abajo, por tanto, no hay garantía absoluta de selectividad total.

Para comprobar lo expuesto, se pide calcular la I_{cc} al final de una línea trifásica de alimentación de un horno conectado al cuadro CS1 (utiliza la tabla 7.2) y cuyos datos son los de la siguiente tabla:

Secc. (mm ²)	I_{cc} origen (kA)	Long. (m)	I_{cc} origen (tabla 7.2) (kA)	Long. (tabla 7.2) (m)	I_{cc} final (kA)	$I_{cc} < 5 \text{ kA}$ Sí/No
16	6,2	20	*****	*****	*****	*****

EN RESUMEN



8

Instalaciones en edificios de viviendas

Vamos a conocer...

1. Partes que componen la electrificación de un edificio
2. Previsión de carga
3. Instalación de enlace
4. Instalaciones receptoras en los edificios

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Instalación eléctrica de un garaje en un edificio de viviendas

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Diseño de una instalación de enlace en un edificio de viviendas

Y al finalizar esta unidad...

- Conocerás las partes que componen la electrificación de edificios de viviendas, así como el cálculo de previsión de carga en los mismos.
- Sabrás las partes que componen una instalación de enlace y su montaje.
- Conocerás los diferentes equipos de medida de energía.
- Montarás la instalación eléctrica de un garaje perteneciente a un edificio de viviendas.





1. Partes que componen la electrificación de un edificio

En un edificio de viviendas, podemos distinguir las siguientes partes:

1.1. Acometida

Es la derivación de la línea de distribución que enlaza con la caja general de protección del edificio.

1.2. Instalación de enlace

Se define así al conjunto de componentes eléctricos que unen la línea de distribución de BT con las instalaciones receptoras. Las prescripciones reglamentarias de todos estos elementos vienen recogidas en el REBT ITC-BT: 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17.

Se compone de los siguientes elementos:

- Caja general de protección (CGP).
- Línea general de alimentación (LGA).
- Centralización de contadores.
- Derivación individual (DI).
- Caja para interruptor de control de potencia (ICP).
- Dispositivos generales e individuales de mando y protección.

1.3. Instalaciones interiores

Son las diferentes instalaciones receptoras del edificio (viviendas, garajes, locales comerciales y servicios generales).

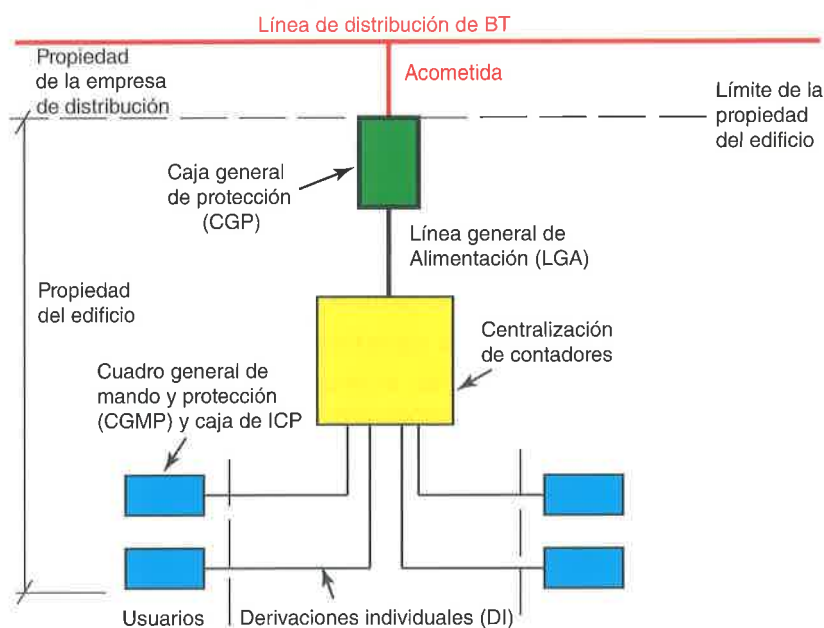


Figura 8.1. Esquema de una instalación de enlace de un edificio.

Saber más

Para edificaciones de un solo usuario, **no** existe línea general de alimentación, motivo por el cual podrá prescindirse de la CGP simplificando la instalación en una única caja denominada **Caja de Protección y Medida (CPM)**. En ella, se aloja el equipo de medida de energía (los contadores), junto con los fusibles de protección de la derivación individual.

Este tipo de instalación también es válido para dos usuarios alimentados desde un mismo lugar. Se instalará **siempre en montaje empotrado**, y a una altura comprendida entre **70 cm y 1,8 m**.



Figura 8.2. Caja de protección y medida (CPM).

Una edificación se alimenta mediante suministro trifásico 230/400 V, exceptuando las viviendas unifamiliares, donde el suministro de energía suele ser monofásico a 230 V. En el caso de edificaciones de gran potencia, la compañía puede obligar a la propiedad del edificio a establecer un centro de transformación, que suministre al edificio energía en alta tensión.

2. Previsión de carga

Previamente, en una instalación eléctrica de un edificio, hay que realizar una previsión de carga en las diferentes líneas que lo alimentan, así como de las protecciones necesarias. Las edificaciones pueden ser clasificadas según su utilidad, siendo principalmente las siguientes:

- Edificios destinados principalmente a viviendas, que pueden incluir locales comerciales u oficinas.
- Edificios comerciales o de oficinas.

2.1. Previsión de carga en edificios de viviendas

Para poder realizar la previsión de carga en un edificio destinado principalmente a viviendas, necesitamos conocer:

- Carga total que supone el conjunto de las viviendas.
- Carga de los servicios generales del edificio (ascensor, iluminación, etc.).
- Carga de los locales comerciales y/o oficinas del edificio.
- Carga de garaje del edificio.
- Carga de la instalación de recarga de vehículos eléctricos.

Siendo la potencia total del edificio la siguiente:

$$P_T = P_V + P_{SG} + P_{LC} + P_G + P_{VE}$$

2.2. Previsión de carga en viviendas

La previsión de carga en un edificio de viviendas es fijada por la promotora, según las prescripciones reglamentarias, teniendo en cuenta los grados de electrificación: **básico** o **elevado**. Estos se establecen en función de la previsión de electrodomésticos a instalar; es decir, una vivienda será de grado elevado si, además de los circuitos básicos, hay previsión de instalar calefacción eléctrica, aire acondicionado, secadora, etc.

En el caso de no tener previstos unos receptores específicos, para establecer el grado de electrificación se tendrá en cuenta la superficie de la vivienda, según establece la ITC BT 10:

- Grado de electrificación básica: superficie menor o igual que 160 m².
- Grado de electrificación elevada: superficie mayor que 160 m².

En el caso de viviendas unifamiliares, es el usuario quien decide el grado de electrificación, siguiendo las mismas prescripciones reglamentarias indicadas anteriormente.

Para el cálculo de la carga total que suponen las viviendas sobre el conjunto de la instalación, es razonable pensar que en un edificio de estas características no todas las viviendas estarán consumiendo toda su potencia instalada al mismo tiempo. Por este motivo, se establece un **coeficiente de simultaneidad**, que disminuye la carga total prevista por el conjunto de las viviendas, con el objeto de no sobredimensionar innecesariamente la instalación. Dicho coeficiente se establece según la tabla 8.1 (tabla 1 ITC-BT-10).

Hasta 21 viviendas, el coeficiente lo obtenemos directamente de la tabla. Para un mayor número de viviendas, se obtendrá realizando la ecuación que muestra la tabla. Por ejemplo, para un edificio con 24 viviendas, el coeficiente será: $15,3 + (24 - 21) \cdot 0,5 = 22,9$.

Nº Viviendas (n)	Coeficiente de simultaneidad
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
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
n > 21	$15,3 + (n - 21) \cdot 0,5$

Tabla 8.1. Coeficiente de simultaneidad según el número de viviendas (tabla 1 ITC-BT-10).

El cálculo de la potencia total de las viviendas se realiza según la siguiente ecuación:

Donde:

$$P_v = K \cdot \frac{N^{\circ} \text{ viv. GB} \cdot P_{GB} + N^{\circ} \text{ viv. GE} \cdot P_{GE}}{N^{\circ} \text{ viv.}}$$

P_v : Potencia total de las viviendas.

K : Coeficiente de simultaneidad.

P_{GB} : Potencia Grado Básico. P_{GE} : Potencia Grado Elevado.

$N^{\circ} \text{ viv. GB}$: Número de viviendas de grado básico.

$N^{\circ} \text{ viv. GE}$: Número de viviendas de grado elevado.

$N^{\circ} \text{ viv.}$: Número de viviendas totales

2.3. Previsión de carga en servicios generales

Los servicios generales en un edificio son todos aquellos receptores de uso común, tales como el alumbrado de escalera, el ascensor, las telecomunicaciones, las bombas de presión de agua si son necesarias, etc.

Para el cálculo de la carga que suponen los servicios generales se establece un coeficiente de simultaneidad $K = 1$ debido a que todos los receptores son susceptibles de funcionar a la vez.

Para establecer la previsión de potencia, únicamente hay que sumar las potencias de todos sus receptores. En primera instancia, puede haber cargas que se desconocen, motivo por el cual estas deberán ser estimadas por el proyectista.

A continuación, se muestra una tabla orientativa de las potencias previstas para estos receptores:

Ascensores			
Carga (kg)	Nº de personas	Velocidad (m/s)	Potencia (kW)
400	5	0,63	4,5
400	5	1	7,5
630	8	1	11,5
630	8	1,6	18,5
1000	13	1,6	29,5
1000	13	2,5	46

Tabla 8.2. Previsión de potencia para ascensores.

Servicios generales		
Alumbrado de zonas comunes: portal, escalera y trasteros	Incandescencia	15 W/m ²
	Fluorescencia	8 W/m ²
Alumbrado del portal: iluminación ornamental	Incandescencia	25 W/m ²
	Fluorescencia	10 W/m ²
	Halógenos	20 W/m ²
Calefacción	Directa	40 W/m ²
	Acumulación	80 W/m ²
Aire acondicionado	Directa	10 W/m ²
Depuradora de piscinas	—	8 W/m ³

Tabla 8.3. Previsión de potencia para servicios generales.

2.4. Previsión de carga en locales comerciales y oficinas

Un edificio de viviendas puede contener oficinas o locales comerciales de los cuales, en un principio, la promotora o constructora puede desconocer el uso previsto. En tal caso, la previsión de carga se realiza en función de la superficie que se destine a estos locales. La potencia a estimar será de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo de 3 450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad de 1.

Recuerda

Los grados de electrificación de las viviendas son:

- **Grado básico:** con potencias de 5 750 W o 7 360 W, siendo el grado de electrificación el necesario para la cobertura de las posibles necesidades primarias de utilización.
- **Grado elevado:** con una potencia mínima de 9 200 W. Este grado de electrificación corresponde a viviendas con una previsión de utilización de electrodomésticos superior a la electrificación básica (aire acondicionado, calefacción, secadora, etc.). También se aplica a viviendas con una superficie útil superior a 160 m².

Saber más

En locales donde no esté definida su partición, se debe instalar un tubo por cada 50 m² de superficie y, si está definida la partición, por cada 10 derivaciones individuales se dispondrá un tubo de reserva.

Por ejemplo, para un local 420 m² en un edificio de viviendas (si la promotora desconoce su uso), la potencia a estimar para el cálculo será de:

$P_{LC} = 420 \text{ m}^2 \cdot 100 \text{ W/m}^2 = 42 \text{ kW}$; independientemente que el local en un futuro quede dividido en diferentes usuarios.

2.5. Previsión de carga en garajes

La carga de los garajes puede estar formada por receptores, tales como extractores, iluminación, bombas de achique, puertas automáticas, etc. Esta potencia no incluye la prevista para la recarga de vehículos eléctricos si se prevé la instalación. El cálculo de la previsión de carga se realiza considerando un mínimo de 10 W/m² y planta para garajes con ventilación natural. En caso de necesitar ventilación forzada, la potencia a estimar es de 20 W/m². En ambos casos, con un mínimo de 3450 W a 230 V.

Por ejemplo, para un garaje ubicado en sótano cuya superficie es de 870 m², la potencia a estimar será de:

$$P_G = 870 \text{ m}^2 \cdot 20 \text{ W/m}^2 \text{ (al necesitar ventilación forzada)} = 17,4 \text{ kW}$$

2.6. Previsión de carga en instalaciones de recarga de vehículos eléctricos

La comunidad o la promotora del edificio puede elegir cualquiera de los esquemas de instalación para la recarga de VE (o una combinación de ellos e incluso esquemas para viviendas unifamiliares) reflejados en la ITC-BT 52. Según el Anexo 2 de su correspondiente *Guía Técnica*, esta previsión de carga se calculará multiplicando 3680 por el 10 % del total de plazas de aparcamientos construidas. La suma de todas estas potencias se multiplicará por el factor de simultaneidad que corresponda. No obstante, el proyectista de la instalación podrá prever una potencia instalada mayor cuando disponga de los datos que lo justifiquen. La ecuación general será la siguiente:

$$P_{VE} = F_s \cdot (0,1 \cdot N \cdot 3680) \text{ W}$$

P_{VE} : Previsión de carga total para la instalación de recarga de vehículos eléctricos.

F_s : Factor de simultaneidad previsto. $F_s = 0,3$ si se instala SPL. $F_s = 1$ si no se dispone de SPL.

N : Número de plazas de garaje construidas.

SPL es el Sistema de Protección de la Línea General de Alimentación que la protege frente a sobrecargas que pueden producir los equipos de recarga de vehículos eléctricos desconectando estos equipos momentáneamente o reduciendo su intensidad.

Los esquemas de instalaciones de recarga de vehículos eléctricos reflejados en la ITC-BT 52 son los siguientes:

1. Esquema colectivo con contador principal en el origen de la instalación.
2. Esquema individual con un contador común para la vivienda y la estación de recarga.
3. Esquema individual con un contador para cada estación de recarga.
4. Esquema con circuito o circuitos adicionales para recarga del VE en viviendas unifamiliares.

Como ejemplo, se plantea determinar la previsión de carga que supone la instalación de recarga de vehículos eléctricos con esquema 2 (contador común para vivienda y equipos de recarga) para un edificio con 12 plazas de garaje en el que no se prevé la instalación de SPL. En este supuesto, la potencia a estimar será:

$$P_{VE} = 1 \cdot (0,1 \cdot 12 \cdot 3680) = 4,416 \text{ kW}$$



Figura 8.3. Estaciones de recarga de vehículos en garaje.



3. Instalación de enlace

Se define como **instalación de enlace** a todo el conjunto de elementos que unen la red de distribución pública con los puntos de utilización del edificio. Esta instalación tiene su origen en la caja general de protección y finaliza en el origen de la instalación interior, es decir, en los cuadros generales de mando y protección de los usuarios (viviendas, servicios generales del edificio, locales comerciales y garajes).

Los elementos que componen la instalación de enlace son los representados en la figura 8.1 y se detallan a continuación:

3.1. La caja general de protección (CGP)

A partir de ella, comienza la **instalación de enlace** del edificio. Su misión es alojar los fusibles de protección de la línea general de alimentación, siendo su objetivo evitar que las averías producidas por los clientes se extiendan a la red de distribución.

Tipos y características

Las CGP a instalar corresponden a los tipos especificados por la empresa suministradora, y dentro de ellas se colocan los fusibles de todas las fases, y una conexión amovible para el neutro ubicada a la izquierda de dichas fases.

Los fusibles instalados en estas cajas deben tener un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito prevista para el punto de la red de distribución donde se instala dicha caja.

Estas se fabrican con un grado de protección IP43-IP08 de doble aislamiento o aislamiento reforzado (clase II), siendo obligatoriamente precintables.

El esquema de las cajas generales de protección es determinado por la empresa de distribución, y estará en función de las necesidades del suministro solicitado y del tipo de red de distribución (aérea o subterránea) a la cual acomete el edificio.

Saber más

La conexión amovible para el neutro consiste en un seccionador desmontable sin carga para garantizar que nunca tengan servicio las fases si no está conectado el conductor neutro. Esta conexión solo se podrá abrir con un útil o herramienta.



Figura 8.4. CGP alojada en nicho para una acometida subterránea con puerta revestida exteriormente con las características de la fachada.

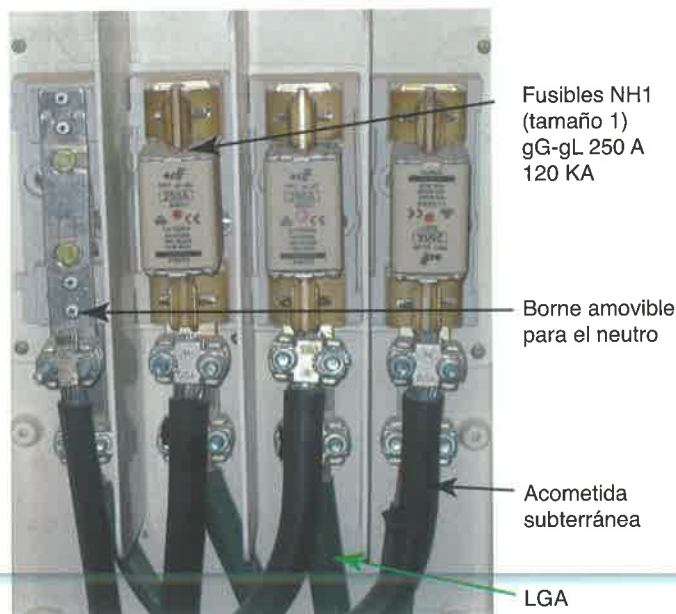


Figura 8.5. Detalle de conexión de acometida y LGA en una CGP con fusibles NH.

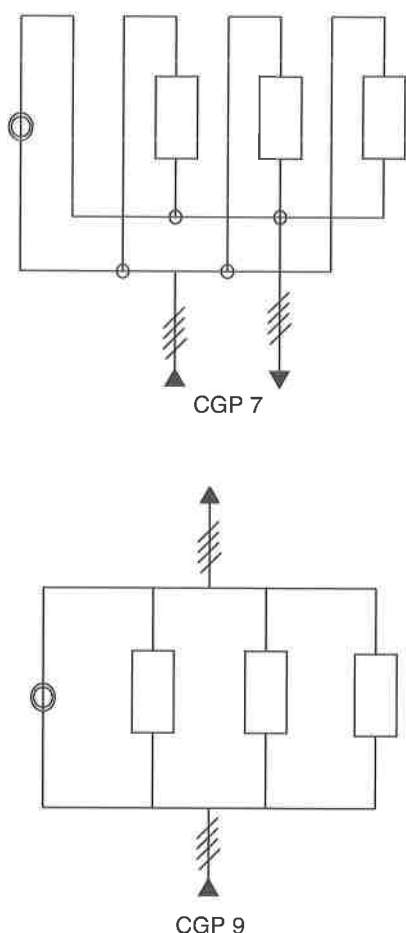


Figura 8.6. Ejemplo de esquema de representación de cajas generales de protección.



Figura 8.7. Caja general de protección de una acometida aérea.

Un ejemplo de tipos de CGP seleccionados por Endesa son los reflejados en la tabla 8.4, cuyos esquemas podemos ver en la figura 8.6.

Acometidas aéreas			Acometidas subterráneas		
Tipo	Tamaño del fusible	Imáx (A)	Tipo	Tamaño del fusible	Imáx. (A)
CGP 7-63	22x58	63	CGP 7-100	00	100
CGP 7-100	00	100	CGP 7-160	0	160
CGP 7-160	0	160	CGP 9-160	0	160
CGP 7-250	1	250	CGP 7-250	1	250
			CGP 9-250	1	250
			CGP 7-400	2	400
			CGP 9-400	2	400

Tabla 8.4. Ejemplos de CGP utilizados por Endesa.

Prescripciones reglamentarias

Todo lo referente a las cajas generales de protección se encuentra reglamentado en la ITC-BT-13 del REBT, donde se destaca lo siguiente:

- Las CGP se instalarán preferentemente sobre las fachadas exteriores del edificio, en lugares libres y de permanente acceso. Su ubicación es fijada de acuerdo común entre la propiedad del edificio y la empresa suministradora.
- Para **acometidas aéreas**, se permite el montaje superficial a una altura del suelo de entre 3 y 4 m. Si en la zona en la que se ubica el edificio la empresa suministradora tiene previsto el paso de su red aérea a subterránea, la CGP se instalará como si su entrada fuese una acometida subterránea.
- Para **acometidas subterráneas**, la CGP se debe instalar en un nicho realizado en la pared, cerrándose con una puerta **preferentemente metálica**, con grado de protección mecánica IK10, revestida exteriormente con las características del entorno, protegida contra la corrosión y con cierre normalizado por la compañía de distribución. En este tipo de instalación, la parte inferior de la puerta del nicho que aloja la CGP estará a un mínimo de 30 cm de suelo.

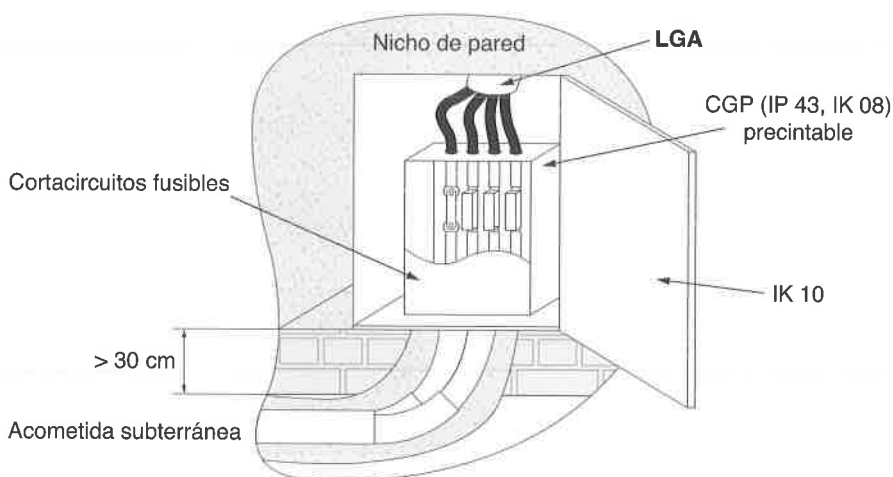


Figura 8.8. CGP de una acometida subterránea.



3.2. La línea general de alimentación (LGA)

Esta línea es la que alimenta el edificio, y se define como la parte de la instalación que enlaza la caja general de protección con una o varias centralizaciones de contadores. Sus prescripciones reglamentarias están contempladas en la ITC-BT-14. Podrán estar constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados, enterrados o en montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectores con tapa desmontable solo con herramientas.
- Conductores aislados en canalizaciones prefabricadas.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica proyectados y contruidos para la canalización de dicha línea.

Secciones (mm ²)		Diámetro exterior de los tubos (mm)
Fase	Neutro	
10 (Cu)	10 (Cu)	75
16 (Cu)	10 (Cu)	75
16 (Al)	16 (Al)	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

Tabla 8.5. Sección del neutro y diámetro de los tubos, en función de la sección de los conductores de fase de una LGA. Tabla 1 de la ITC-BT 14.

Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, **unipolares y aislados** con tensión nominal de aislamiento de 0,6/1 kV. Así mismo, estos conductores serán no propagadores de llama (libres de halógenos); por ejemplo, de tipo RZ1-K (AS) o DZ1-K (AS), o bien de aluminio de tipo RZ1-Al (AS). Pudiéndose instalar conductores armados y apantallados si las condiciones por las que discurre esta línea lo requieren. Las secciones mínimas de los conductores serán siempre de **10 mm² en cobre y 16 mm² en aluminio**.

Cuando la demanda total del edificio supere los 250 A, o bien cuando se considere **edificio de gran volumen**, la centralización de contadores no se realizará en un solo punto (contadores totalmente centralizados), sino que se ubicará en plantas intermedias (contadores parcialmente centralizados). Esto conlleva la instalación de tantas líneas generales de alimentación como centralizaciones de contadores.

Para el cálculo de la línea general de alimentación, se establecerá un factor de **potencia de 0,9**, y la caída de tensión (**c.d.t.**) en función del tipo de centralización será la siguiente:

- Para contadores totalmente centralizados: **0,5 %**.
- Para contadores parcialmente centralizados: **1 %**.

Saber más

Se consideran edificios de gran volumen aquellos que cumplan algunas de estas características:

- Tener más de 48 viviendas.
- Tener más de 12 plantas.
- Tener más de 14 viviendas por planta.

Ejemplo

Se desea calcular la sección de los conductores de una línea general de alimentación de un edificio y los fusibles alojados en la caja general de protección. La línea se canaliza bajo tubo enterrado, siendo su longitud de 18 m. El edificio se encuentra en una zona donde la línea de distribución es subterránea, perteneciente a la compañía Endesa. Este edificio posee 3 plantas con 4 viviendas por planta de grado elevado de 9 200 W.

Los contadores se ubican totalmente centralizados en la planta baja. La potencia prevista para los servicios generales es de 10 kW; además, el edificio posee un local comercial de 360 m² y un garaje con ventilación forzada de 520 m². Se han construido 16 plazas de garaje y se prevé la instalación de equipos de recarga de vehículos eléctricos con SPL de protección de la LGA. La alimentación se realiza a 230/400 V y se establece un cos ϕ de 0,9.

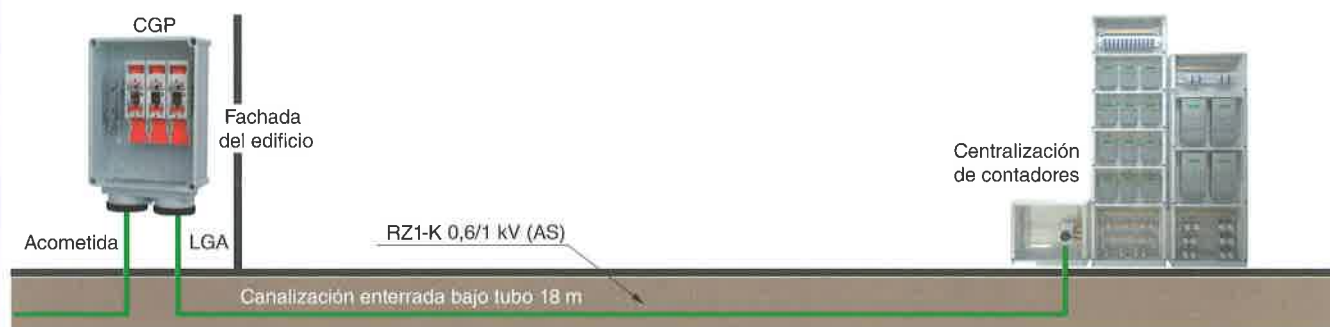


Figura 8.9. Instalación de la línea general de alimentación del edificio.

1. Realizamos la previsión de carga de todo el edificio.

$$P_V = 9,9 \cdot \left(\frac{12 \cdot 9200}{12} \right) = 91 \text{ kW}$$

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

$$P_{LC} = 360 \cdot 100 = 36 \text{ kW}$$

$$P_G = 520 \cdot 20 = 10,4 \text{ kW}$$

$$P_{VE} = 0,3 (0,1 \cdot 16 \cdot 3680) = 1,76 \text{ kW}$$

$$\text{Siendo el total: } P_T = P_V + P_{SG} + P_{LC} + P_G + P_{VE} = 91 + 10 + 36 + 10,4 + 1,76 = 149,16 \text{ kW}$$

2. Calculamos la sección por c.d.t. y por $I_{m\acute{a}x}$, teniendo en cuenta que utilizaremos cables de cobre unipolares de tipo RZ1-K (AS); el método de instalación es D1 y la caída de tensión (e) será, al estar los contadores totalmente centralizados, del 0,5% de 400 V, es decir, 2 V.

$$S = \frac{140160 \cdot 18}{44 \cdot 2 \cdot 400} = 76,27 \rightarrow 95 \text{ mm}^2$$

$$I = \frac{140160}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 239,21 \text{ A}$$

Comprobamos la $I_{m\acute{a}x}$ de los conductores (3XLPE) enterrados en la tabla C-52-2 bis de la Norma UNE-HD 60.364-5-52, que la sección de 95 mm² **no es válida** y deberemos utilizar como mínimo cables de 150 mm² cuya $I_{m\acute{a}x}$ es de 260 A. Ahora debemos comprobar si existe protección:

$$I_s \leq I_n \leq 0,91 I_{m\acute{a}x} \text{ (0,91 para fusibles iguales o mayores que 16 A)}$$

$$239,21 \text{ A} \leq I_n \leq (0,91 \cdot 260 \text{ A} = 236,6 \text{ A}) \text{ No cumple}$$

Por tanto, debemos aumentar la sección a 185 mm² cuya $I_{m\acute{a}x}$ es 291 A, siendo ahora la protección de:

$$239,21 \text{ A} \leq 250 \text{ A} \leq (0,91 \cdot 291 \text{ A} = 264,81 \text{ A})$$

Se utilizarán 4 cables **RZ1-K 1x185/90 mm² (AS)** bajo tubo enterrado de **180 mm** de diámetro y se instalará una CGP normalizada por la compañía Endesa en acometida subterránea; es decir, **CGP 7-250**. Los fusibles a instalar serán de tipo NH1 gG/GL de **250 A** tamaño 1 y con 120 kA de poder de corte.

Actividades

1. Realiza el cálculo de la sección, el diámetro del tubo y el calibre de las protecciones de la LGA de un edificio con contadores totalmente centralizados. Este consta de 4 viviendas de grado básico de 5 750 W y 6 viviendas de grado elevado de 9 200 W. La carga para los servicios generales es de 15 kW. Consta de un garaje con ventilación natural de 550 m² y 10 plazas. No tiene locales comerciales y se prevé la recarga de vehículos sin equipo SPL. La longitud de la LGA es de 10 m y se canaliza bajo tubo empotrado.



3.3. Centralización de contadores

En los edificios con varios abonados, tales como edificios de viviendas, edificios comerciales y edificios destinados a una concentración de industrias, es necesario realizar una centralización de contadores. Las centralizaciones se realizarán en armarios o bien en un local cuando el número de abonados sea superior a 16. Dicho recinto debe estar provisto de alumbrado de emergencia y se dispondrá de al menos una base de enchufe de 16 A 2p+T para servicios de mantenimiento.

Partes que componen una centralización de contadores

- **Unidad funcional de interruptor general de maniobra.** Su misión es el corte del suministro de toda la centralización de contadores en caso de necesidad (averías, mantenimiento, incendio, etc.). Este dispositivo es un interruptor manual de corte omnipolar instalado en una envoltura, con apertura en carga, y se instala entre la LGA y el embarrado general. Su calibre será, como mínimo, de 160 A para cargas de hasta 90 kW, y de 250 A, para potencias entre 90 y 150 kW.
- **Unidad funcional de embarrado general y fusibles de seguridad.** Se trata de la envoltura que aloja el embarrado general de la centralización, así como los fusibles de seguridad correspondientes a todos los usuarios del edificio.



Figura 8.10. Unidades funcionales principales de una centralización de contadores.

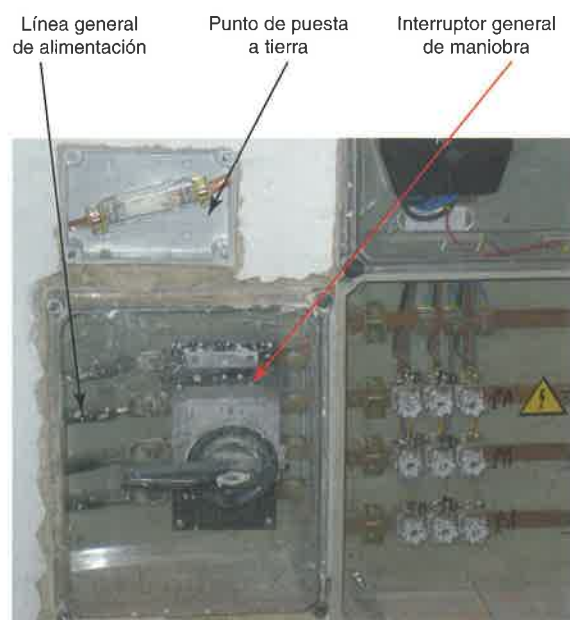


Figura 8.11. Interruptor general de maniobra.

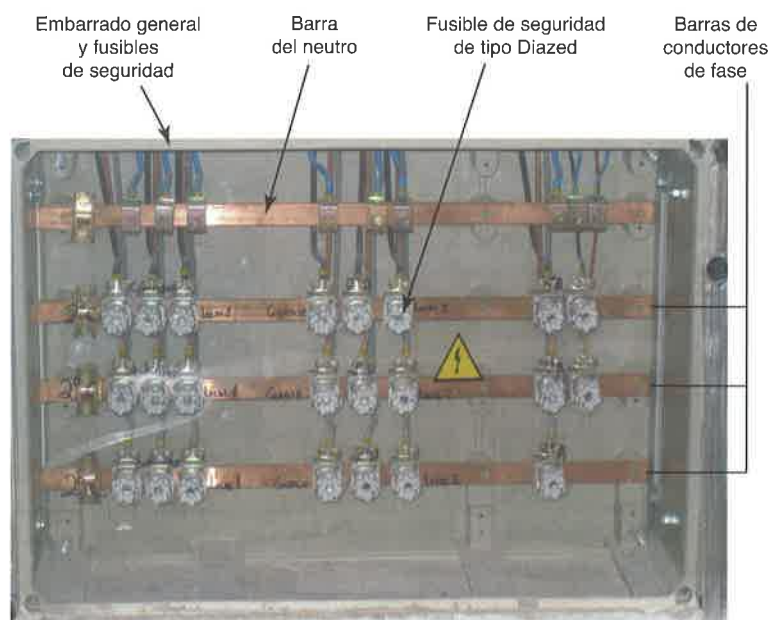


Figura 8.12. Embarrado general y fusibles de seguridad.

- **Unidad funcional de medida.** Contiene todos los contadores, interruptores horarios y otros dispositivos requeridos para la medida de energía.
- **Unidad funcional de mando (opcional).** En caso de instalarse, esta unidad funcional contendrá todos los elementos de mando para el cambio de tarifa. Con contadores inteligentes, esta unidad no es necesaria.
- **Unidad funcional de embarrado de protección y bornes de salida.** Contiene el embarrado de protección conectado a la toma de tierra del edificio, al cual se conectarán todos los conductores de protección de cada derivación individual, así como los bornes de salida de la misma.

Saber más

Según la ITC-BT-52

Se podrán añadir de forma opcional las siguientes unidades funcionales para vehículos eléctricos (VE): unidad de medida para la recarga, unidad de mando y protección para la recarga del VE, y de sistema inteligente y gestión de carga y energía (SIGC).

- **Unidad funcional de telecomunicaciones (opcional).** Se instalará cuando haya previsión de instalación de equipos de comunicación y adquisición de datos.



Figura 8.13. Unidad funcional de medida.

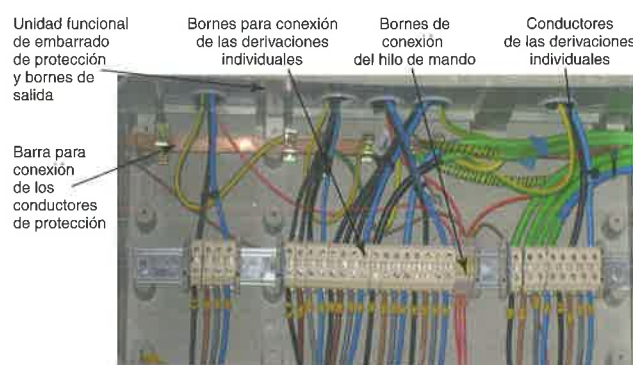


Figura 8.14. Unidad funcional de embarrado de protección y bornes de salida.

- **Unidad de protección contra sobretensiones (si procede).** Se instalará en aquellos casos en los que sea obligatorio (por ejemplo, en edificios con pararrayos) o bien cuando se recomiende su instalación por las características de la zona y el tipo de instalación de suministro.

Se ubica entre las unidades funcionales de IGM (interruptor general de maniobra) y de embarrado general y de fusibles de seguridad. Se instala en una envoltura de dos módulos exclusivos, que alojarán en su interior los dispositivos dedicados a la protección contra **sobretensiones transitorias**, que serán de **tipo 1**, bien con descargadores configurados por un solo dispositivo múltiple o con dispositivos unipolares.



Figura 8.15. Descargador de sobretensiones 3F+N.



Figura 8.16. Módulo para protección contra sobretensiones y ubicación en la centralización.

Estos dispositivos deben ser de tipo **descargador de gas** o **spark gap** (vía chispas), con señalización de la protección (interna, externa o ambas). Esta señalización deberá ir protegida por medio de fusibles con una intensidad nominal según recomendación del fabricante y características del suministro. El poder de extinción de corriente de cortocircuito de la protección, en las fases, no debe ser inferior a 12 kA. La sección del cable a utilizar debe ser, como mínimo, de 16 mm².

Ubicación de la centralización

Los contadores pueden estar provistos en módulos (cajas con tapas precintables), paneles o armarios de dimensiones apropiadas, según el tipo de suministro y la cantidad de equipos. Si el número de contadores es superior a 16 será obligatorio su instalación en un local, y si es igual o menor que 16 entonces se podrán ubicar en un armario destinado únicamente a este fin.

En edificios de **hasta 12 plantas**, se colocarán en planta baja, entresuelo o primer sótano y, en edificios de **más de 12 plantas**, se podrán concentrar por



plantas intermedias. También se podrán disponer de centralizaciones por planta cuando el número de contadores en cada una de las concentraciones sea superior a 16. La siguiente figura muestra las dimensiones que debe tener un local destinado a una centralización de contadores.

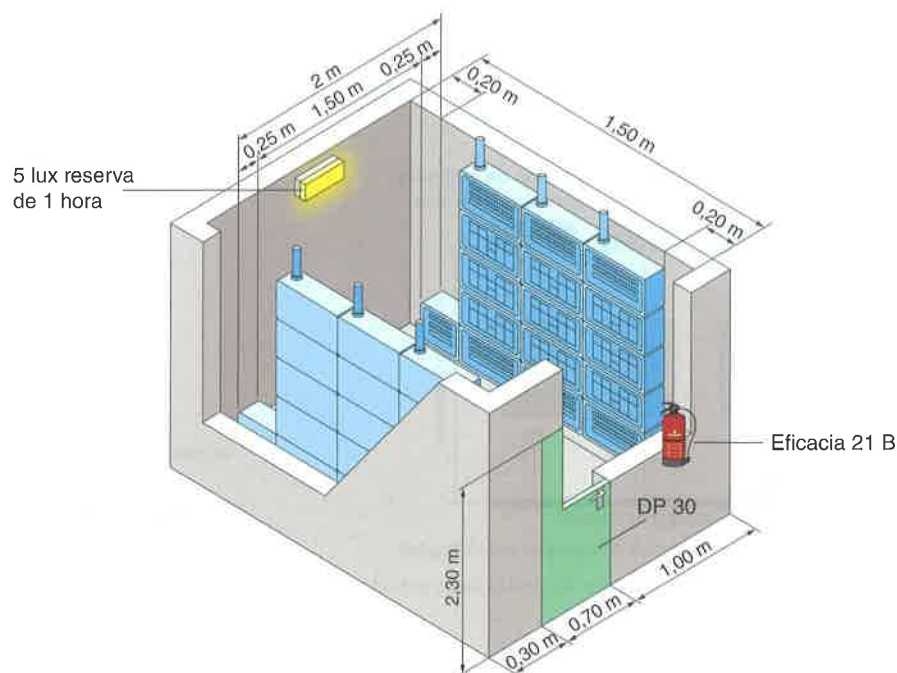


Figura 8.17. Local para centralización de contadores.

Conexión de las centralizaciones

El cableado se realiza con conductores unipolares de 450/750 V de tipo H07Z-R o H07Z1-R (antes ES07Z1-R), ambos son libres de halógenos y discurren por los conductos situados en la parte posterior de las placas de fijación de los contadores, aunque deberán tener una sección mínima de 6 mm^2 ($1,5 \text{ mm}^2$ para el conductor rojo de mando si no hubiese contador inteligente). Se recomienda una sección mínima de 10 mm^2 , para grado básico y de 16 mm^2 , para grado elevado, excepto para tramos cortos (8 m y 14 m. respectivamente).



Figura 8.18. Conductores para la conexión de un contador.

E = Entrada: conductor procedente del embarrado principal que se conectará a la entrada del contador.

S = Salida: conductor que se conectará a la salida del contador, por un extremo, y a un borne de salida, por el otro.

6: identifica al abonado nº 6 de la centralización.

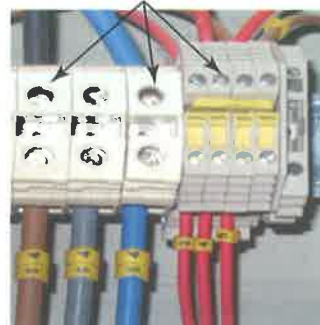
Conductor rígido ES07Z1-R 1x6

Hilo rojo de mando



Conexiones en el contador

Conexión de la derivación individual monofásica del abonado nº 4



Conexiones en los bornes de salida

Figura 8.19. Detalle de identificación de conductores y conexiones.

Todos los conductores deben estar identificados mediante anillas, que permitirán determinar a qué abonado pertenecen.

Saber más

En las viviendas, el tipo de tarifa con discriminación horaria ha pasado de la denominación de **tarifa nocturna** a la de **discriminación horaria menor de 15 kW**, cambiando los horarios punta y valle, así como el recargo y descuento.

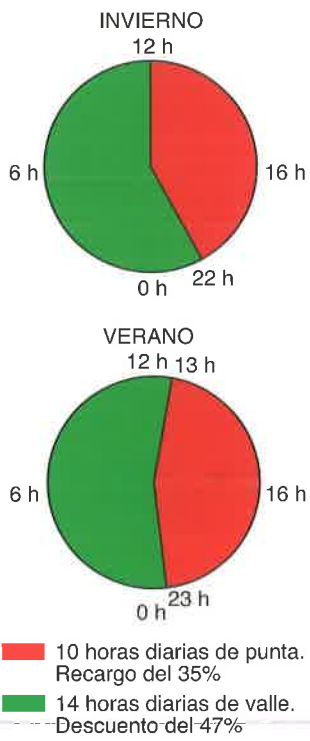


Figura 8.21. Discriminación horaria para potencias menores de 15 kW.

Bajo tubo (en montaje superficial o empotrado) o bajo canales de obra	
Unipolares o mangueras	
H07Z1-K (AS)	
RZ1-K (AS) 0,6/1 kV	
DZ1-K (AS) 0,6/1 kV	
Bajo tubo enterrado	
Mangueras	
RZ1-K (AS) 0,6/1 kV	
DZ1-K (AS) 0,6/1 kV	

Tabla 8.6.

3.4. La derivación individual (DI)

Esta línea tiene su origen en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad ubicados en dicho embarrado, los equipos de medida y los conductores que parten desde la centralización hasta los dispositivos de mando y protección de cada abonado, incluyendo el conductor de protección en las instalaciones colectivas y el hilo rojo de mando si está así proyectado. Sus prescripciones reglamentarias están contempladas en la ITC-BT 15.

Cuadros generales de mando y protección de viviendas, servicios generales, locales comerciales y garajes

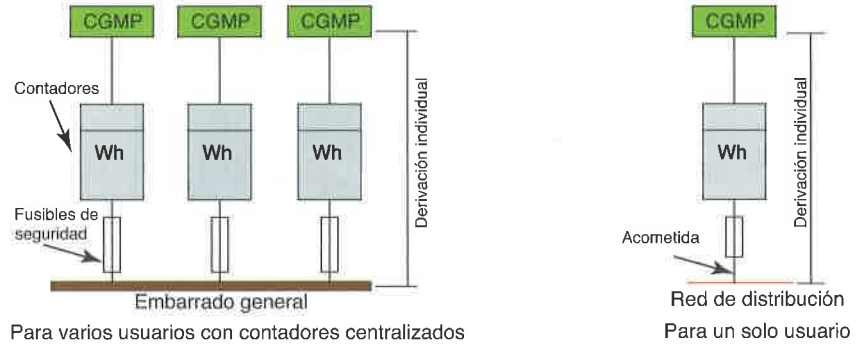


Figura 8.20. Esquemas de conexión de derivaciones individuales para varios usuarios y para un solo usuario.

Los conductores de la derivación individual serán aislados y podrán ir bajo tubo empotrado, enterrado o en montaje superficial, en el interior de canales protectoras cuya tapa solo se pueda abrir con herramientas, en canalizaciones prefabricadas o bien en conductos prefabricados que hayan sido proyectados y contruidos para canalizar dicha línea, aunque siempre es **recomendable** el uso de tubos o canales, para facilitar el mantenimiento y las ampliaciones. Tanto los tubos como los canales se dimensionarán para una posible ampliación de la sección del 100 %, siendo el diámetro mínimo de los tubos de 32 mm.

Cuando las derivaciones individuales discurren de forma vertical, se alojarán en un conducto de obra fabricado únicamente para este fin y cada tres plantas se colocarán **tapas cortafuegos** y **tapas de registro precintables**. En cualquier caso, todos los conductores de una derivación serán **independientes** de las derivaciones individuales de otros usuarios.

Los conductores pueden ser de **cobre** o **aluminio** aislados, y **normalmente** unipolares. La tensión mínima de aislamiento será de 450/750 V, salvo si se utilizan mangueras en huecos de la construcción o en el interior de tubos enterrados, en cuyo caso será de 0,6/1 kV. Los cables serán no propagadores de incendio y con baja emisión de humos (libres de halógenos), siendo la **sección mínima de 6 mm²** para los conductores de fase y neutro y de 1,5 mm² para el cable rojo de mando. La tabla 8.6 muestra un ejemplo de cables utilizados en derivaciones individuales, según el tipo de canalización.

Para el cálculo de la sección, se tendrá en cuenta la potencia prevista de cada derivación y la caída de tensión máxima permitida será la siguiente:

- Para contadores totalmente centralizados: 1%.
- Para contadores parcialmente concentrados: 0,5%.
- Para un único usuario: 1,5%.

4. Instalaciones receptoras en los edificios

4.1. Los servicios generales de un edificio de viviendas

Los servicios generales son todos aquellos receptores de uso común del edificio, tales como alumbrado de escalera, portal o patios, ascensor, portero automático, grupo de presión de agua (si es necesario), circuitos de telecomunicaciones (ICT), etc. Todos estos circuitos se rigen por las prescripciones que marca el REBT para instalaciones interiores o receptoras, excepto para telecomunicaciones, que se rigen además por el reglamento de ICT. El CGMP de dichos servicios se aloja en el armario o local de la centralización de contadores, y estará formado por las protecciones pertinentes y además por dispositivos adicionales, tales como interruptores horarios, automático de escalera, fuente de alimentación para el portero automático, etc.

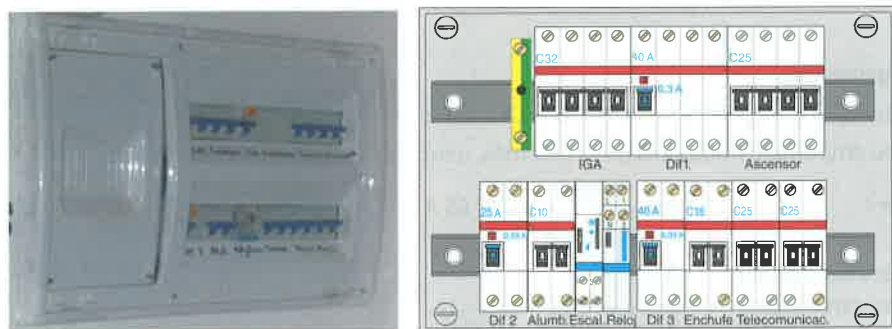


Figura 8.22. Cuadro de servicios generales.

Alumbrado común

Con el objetivo de obtener un ahorro energético, el alumbrado común se realiza mediante sistemas temporizados o por detección de presencia. En caso de utilizar sistemas temporizados, este se realiza con automáticos de escalera a 3 o 4 hilos accionados mediante pulsadores. El segundo sistema se realiza con una serie de detectores ubicados en las zonas comunes. Estos equipos están protegidos por un interruptor automático exclusivo instalado en el cuadro de servicios generales.

El ascensor

Los ascensores poseen su propio cuarto de máquinas o armario, dependiendo de las características de este. Se ubican en la última planta o azotea del edificio. Para su alimentación, es necesario canalizar una línea trifásica compuesta por 3 fases + N + T, cuyas secciones estarán en función de la potencia demandada por el mismo, además de una c.d.t. del 5%. Las protecciones de esta línea se ubican en el cuadro de servicios generales.

Otros servicios

El edificio, además de los servicios ya descritos, puede poseer otros receptores, que dependerán de las características del inmueble, sus servicios, etc., tales como calefacción centralizada, aire acondicionado centralizado o piscinas, entre otros. De este modo, los conductores, las protecciones y las canalizaciones deben ser calculados en función del tipo de alimentación (monofásica o trifásica), así como de las potencias requeridas o previstas para estos servicios, y teniendo en cuenta siempre una c.d.t. del 5% para receptores de fuerza y del 3% para receptores de alumbrado.

Vocabulary

- Edificio: building.
- Ascensor: lift.

Saber más

En un edificio de viviendas, existen normalmente dos recintos destinados a ubicar todos los servicios de telecomunicaciones que se denominan RIT (Recintos de Instalaciones de Telecomunicaciones). El reglamento de ICT establece, con independencia de la potencia para estos servicios, que cada recinto se alimentará con una línea monofásica (fase + N + T), con conductores de 6 mm² y tubo de 32 mm como mínimo.

Alimentación de equipos de telecomunicaciones (tubo de 32 mm y conductores de 6 mm²)

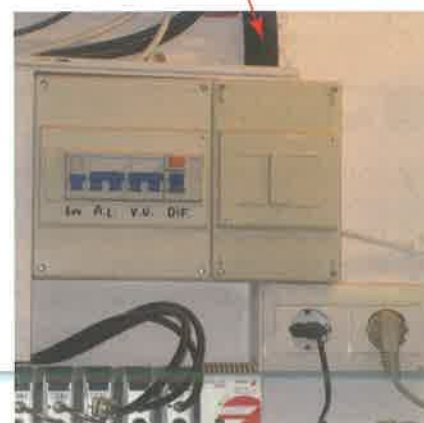


Figura 8.23. Detalle de alimentación de servicios de telecomunicaciones.

Ejemplo

Calcula la derivación individual de un cuadro de servicios generales a 230/400 V, $\cos\phi = 0,9$ y diseña el esquema unifilar del mismo. La canalización se realiza bajo tubo empotrado y se encuentra en el armario de la centralización de contadores a un metro de esta. Sus receptores son los siguientes:

	Ascensor	Iluminación	Tomas de corriente armario de contadores	Telecomunicaciones	Grupo de elevación
Potencia (kW)	7,5	1,2	3,67	0,8	1,2
Tensión (V)	230/400	230	230	230 V	230/400
$\cos\phi$	0,85	1	1	1	0,85
Longitud (m)	20	25	1	22	10

Nota: Instalar un PIA por cada recinto de telecomunicaciones (RITI y RITS).

Derivación individual del cuadro de servicios generales

La potencia total de servicios generales será de: $P_T = (7,5 \cdot 1,3) + 1,2 + 3,67 + 0,8 + 1,2 = 16,62 \text{ kW}$

Se utilizan cables unipolares H07Z1-K bajo tubo empotrado (método B1) y la c.d.t. máx. permitida es del 1% (4 V). Por tanto:

$$S = \frac{16620 \cdot 1}{48 \cdot 4 \cdot 400} = 0,21 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2$$

La mínima sección para derivaciones individuales debe de ser de **6 mm²**; por tanto, comprobamos su $I_{m\acute{a}x}$ para este método de instalación (B1) en la tabla C-52-1 bis de la Norma UNE-HD 60.364-5-52, obteniendo una $I_{m\acute{a}x}$ de 31 A. Comprobamos si hay protección, teniendo en cuenta que en este caso la línea se protege con un fusible tipo Diazed tamaño D02, ubicado en el embarrado, siendo este de:

$26,65 \text{ A} \leq I_n \leq (0,91 \cdot 31 \text{ A} = 28,21 \text{ A}) \Rightarrow \text{No hay protección} \rightarrow$
subimos a $10 \text{ mm}^2 \rightarrow 26,65 \text{ A} \leq 35 \text{ A} \leq (0,91 \cdot 43 \text{ A} = 39,13 \text{ A})$

(Nota: para fusibles Diazed, el calibre será de 35 A).

Circuito del cuadro de servicios generales

Para el cálculo de los circuitos que parten de este cuadro, se seguirá el mismo procedimiento, teniendo en cuenta las prescripciones reglamentarias establecidas para cualquier instalación interior receptora, siendo el esquema unifilar del cuadro el de la figura 8.24.

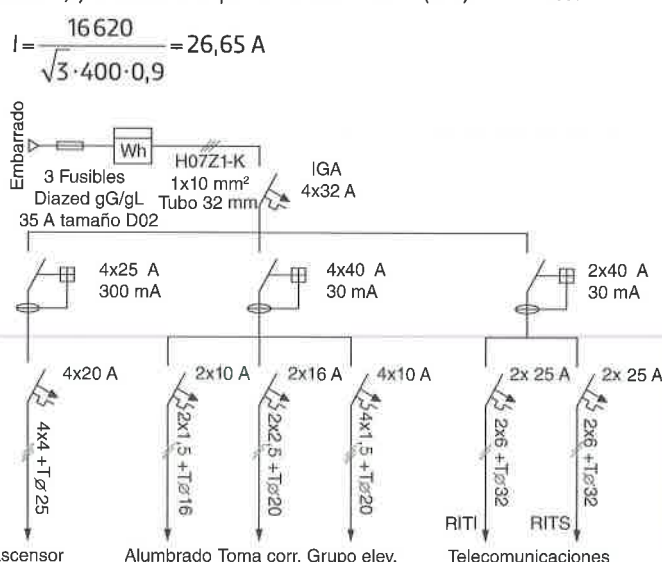


Figura 8.24.

Actividades

2. En un edificio con contadores totalmente centralizados, se pide realizar el cálculo y el esquema unifilar de un cuadro de servicios generales situado a 2 m de la centralización. La tensión de alimentación es de 230/400 V y $\cos\phi = 0,9$. Las cargas son las reflejadas en la tabla y están alimentadas con cables unipolares H07Z1-K(AS) bajo tubo empotrado.

Carga	Pot. (kW)	Tens. (V)	$\cos\phi$	Long. (m)
Ascensor	11,5	230/400	0,85	30
Alumbrado común	1,5	230	1	35
Enchufes	3,65	230	1	1,5
Telecomunicaciones	0,9	230	1	34
Depuradora piscina	3	230/400	0,85	28

4.2. Instalaciones en garajes de edificios de viviendas

Los garajes son tratados como un abonado más; es decir, no pertenecen a los servicios generales, con lo cual poseen su propio contador, con sus propios fusibles de seguridad, y la línea que lo alimenta es una derivación individual más.

Los garajes con más de 5 plazas están clasificados como locales con riesgo de incendio y explosión de clase I, atendiendo a lo prescrito en la ITC-BT-29; por tanto, salvo que el proyectista de la instalación pueda justificar que no existe tal riesgo, habrá que tomar las medidas precisas en este tipo de instalaciones. Igualmente, los garajes de edificios de viviendas están clasificados como locales de pública concurrencia, con lo cual le será prescrito la ITC-BT-28. Atendiendo a estas prescripciones, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Los conductores serán de una tensión asignada no inferior a 450/750 V aislados y no propagadores de llama (libres de halógenos).
- Deberán disponer de alumbrado de emergencia.
- El garaje podrá ser desclasificado como de riesgo de incendio o explosión siempre que se tomen medidas oportunas para que en este no pueda crearse una atmósfera explosiva; en caso contrario, debe realizarse un estudio del mismo (superficie útil de ventilación/m², renovaciones/hora, etc.).

Los receptores más comunes que podemos encontrar en los garajes son:

- Receptores de alumbrado.
- Motor o motores de extracción para la ventilación forzada.
- Sistema contraincendios, formado por una centralita, varios pulsadores manuales, sensores de temperatura (termovelocímetros) y sirena.
- Puerta automática.
- Bomba de achique de elevación de agua hacia el saneamiento cuando este se encuentra en sótano.



Figura 8.25. Cuadro de mando y protección de una bomba de elevación de aguas.



Figura 8.26. Cuadro de control de puerta de garaje.

Saber más

Para garajes de más de 500 m² de superficie, es obligatoria la instalación de sistemas contraincendios. Por otro lado, una técnica para activar los motores de extracción de humos en garajes que necesitan ventilación forzada, puede realizarse mediante detectores de CO ubicados a una altura comprendida entre 1,5 y 1,75 m ubicados sobre pared (no en techo). La cobertura de un solo detector de CO para garajes puede rondar los 250 a 300 m².



Figura 8.27. Armario de protecciones y control y central contraincendios de un garaje.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Material

- Automáticos y diferenciales de diferentes calibres
- Un interruptor horario, 2 automáticos de escalera, un temporizador, 3 contactores y un dispositivo de control de nivel
- Pulsadores, interruptores y bases de corriente
- Cajas de mecanismos, cajas de registro, tubos, portalámparas, etc.

Instalación eléctrica de un garaje en un edificio de viviendas

Objetivo

Montaje de la instalación eléctrica de un garaje de 350 m² y 2,6 m de altura con 6 plazas de 15 m² y 6 trasteros.

Planteamiento

El garaje se ubica en la planta sótano de un edificio de viviendas. El sistema de ventilación instalado lo desclasifica como local con riesgo de incendio o explosión; por tanto, el garaje no está sujeto a los requisitos de la ITC-BT 29. Se instalarán cables de 450/750 V y tubos no metálicos (tubos de PVC rígido) colocados principalmente en montaje superficial. Los datos de la derivación individual y de circuitos interiores del garaje son los de la siguiente tabla:

Circuito	II/III	Tensión (V)	Potencia (kW)	cos φ	c.d.t. máx %	Long. (m)	Canalización
DI Garaje	III	230/400	3,57	0,9	1	12	Tubo empotrado
Alumbrado principal	II	230	0,36	1	3	38	Tubo superficie
Alumbrado de trasteros	II	230	0,1	1	3	28	Tubo superf./empot.
Alumbrado de emergencia	II	230	—	—	—	—	Tubo superficie
Motor de extracción	III	400	2	0,85	5	12	Tubo superficie
Bomba de achique	II	230	0,736	0,85	5	16	Tubo superficie
Alarma contra incendios	II	230	0,08	1	5	1,5	Tubo superficie
Puerta automática	II	230	0,3	1	5	24	Tubo superficie

- El **alumbrado principal** se realiza con 9 luminarias de tubos led de 2x20 W temporizado, mediante automático durante 5 minutos cada vez que se accione un pulsador.
- El **alumbrado de los trasteros** se realiza con lámparas led accionadas desde interruptores.
- El **alumbrado de emergencia** se realiza con cable de 1,5 mm² y se conecta a través de un interruptor automático a la salida del PIA de alumbrado principal.
- El caudal de ventilación necesario será: $QV = 6 \text{ plazas} \cdot (15 \text{ m}^2 \cdot 2,6 \text{ m}) \cdot 6 \text{ renovaciones/hora} = 1404 \text{ m}^3/\text{h}$. La ventilación la realizará un **motor de extracción** con control temporizador mediante reloj. La simulación práctica se hará mediante reloj y/o temporizador a intervalos de 3 minutos de dos formas diferentes:
 - a) Activándose durante 3 minutos con cada activación de alumbrado, independientemente de la hora.
 - b) Activándose durante 3 minutos cada 15 minutos, solo en el horario de máximo movimiento (de 8.00 h a 9.30 h – de 14.00 h a 15.30 h y de 20.00 h a 21.30 h). O bien activándose todo el día de forma automática durante 3 minutos cada hora.
- La **alarma de incendios** y el **cuadro de control de la puerta automática** se alimentan con líneas monofásicas, cuya protección se encuentra en el CGMP.
- La **bomba de achique** se accionará cuando la sonda de nivel del pozo detecte el nivel máximo.

Desarrollo

1. Esquema de distribución en planta.

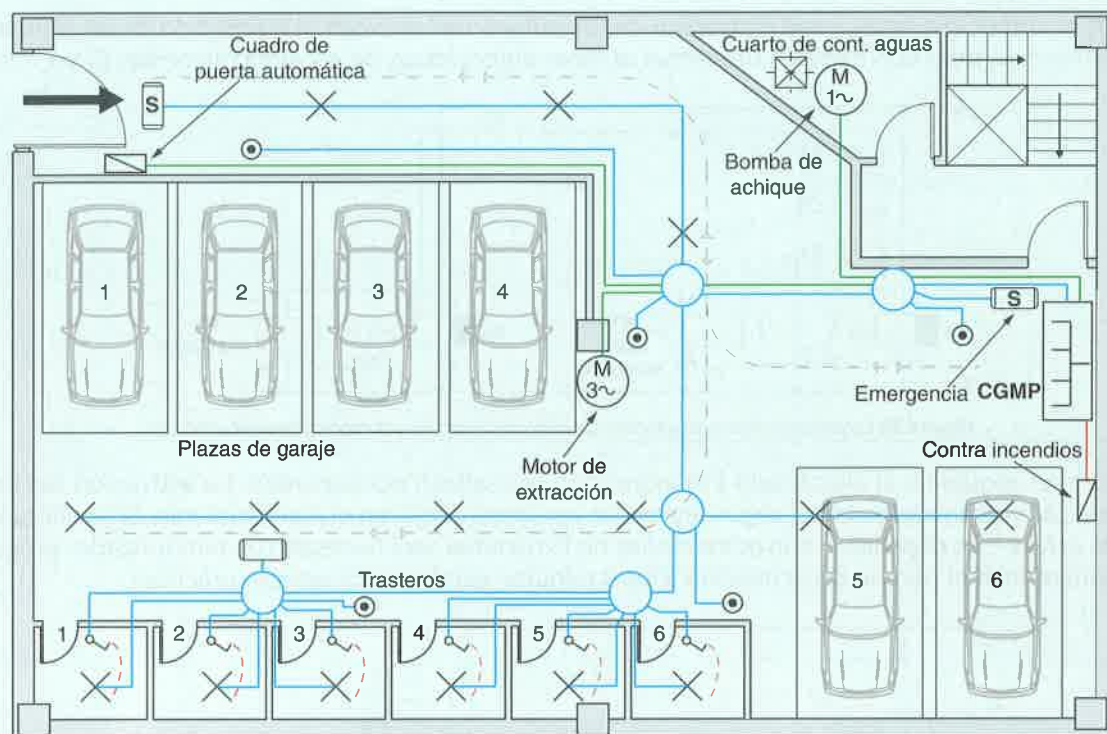


Figura 8.28. Esquema de distribución en planta de la instalación eléctrica.

2. Esquema unifilar del CGMP. La instalación interior se realiza con conductores H07Z1-K (AS). La Imáx de los conductores de los circuitos de extracción, achique y puerta se reducen por la agrupación de 3 circuitos ($FC_{AGR} = 0,7$) bajo el mismo tubo en algún tramo.

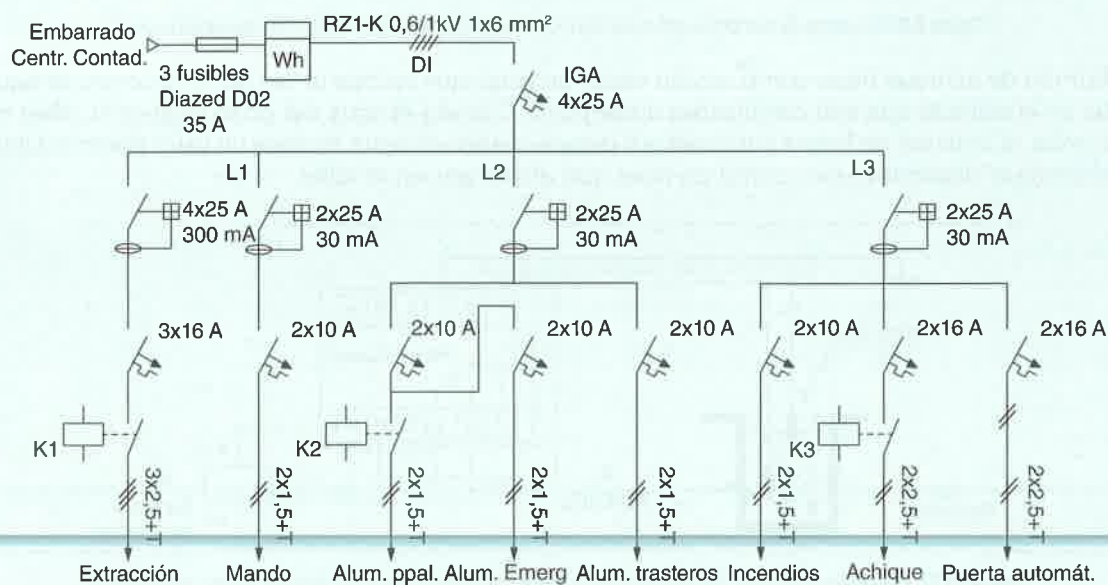


Figura 8.29. Esquema unifilar del cuadro general de mando y protección.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

continuación

3. Esquema de mando de la instalación de alumbrado, motor de extracción y bomba de achique.

- Para el **alumbrado principal y motor de extracción**, se dan dos esquemas diferentes. Se pide instalar en el montaje práctico uno de ellos. Luego, puedes modificar y probar el otro.

a) En el primer esquema, cada activación de los pulsadores provoca el encendido de las lámparas y la extracción, pero con tiempos diferentes al tener automáticos de escalera diferentes (3 y 5 minutos).

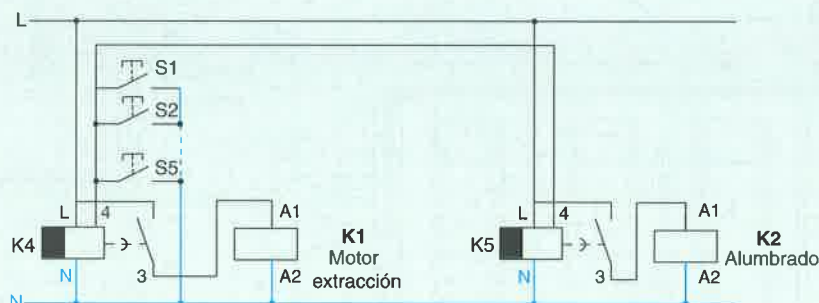


Figura 8.30. Esquema de mando de activación del motor de extracción y alumbrado principal unificado.

b) En este esquema, el alumbrado y la extracción se realizan por separado. La activación del motor se realiza programando el reloj según una de las opciones dadas en el planteamiento. Si se utilizan relojes de esfera —no digitales—, con activaciones de 15 minutos será necesario un temporizador programado para reducir el tiempo de activación a los 3 minutos establecidos en esta práctica.

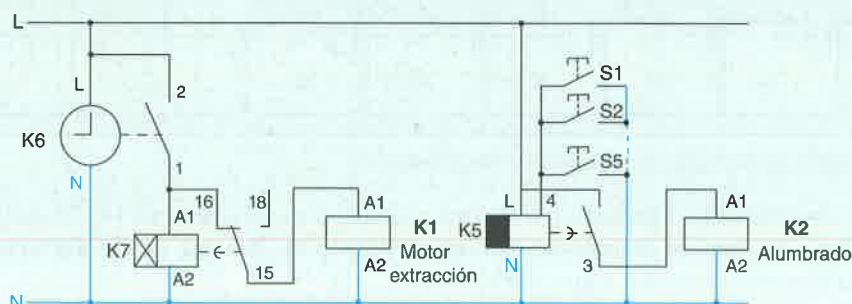


Figura 8.31. Esquema de mando de activación del motor de extracción y alumbrado principal separados.

- La **bomba de achique** tiene como misión vaciar un pozo que recoge todas las filtraciones de agua recogidas en el edificio que son canalizadas a ese pozo. Cuando el agua del pozo alcance su nivel máximo, la bomba se activará de forma automática y parará cuando el agua alcance un valor mínimo. Utiliza para el montaje el dispositivo de control de nivel que dispongas en el taller.

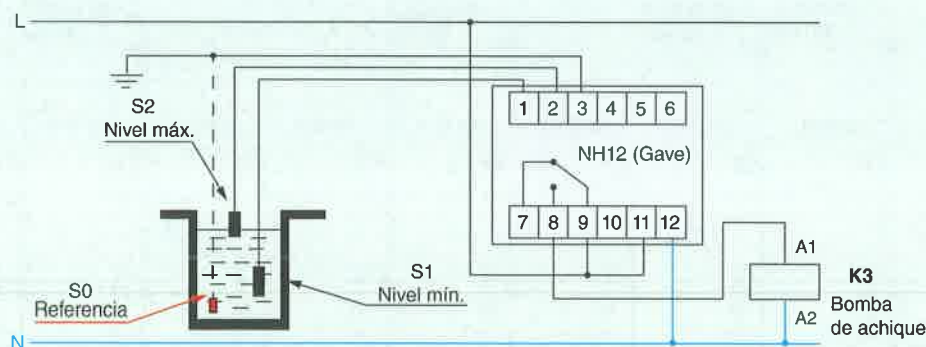


Figura 8.32. Esquema de control de la bomba de achique mediante control de nivel de fluidos electrónico NH12 (Gave).

4. Realiza el montaje del cuadro general de mando y protección del garaje.

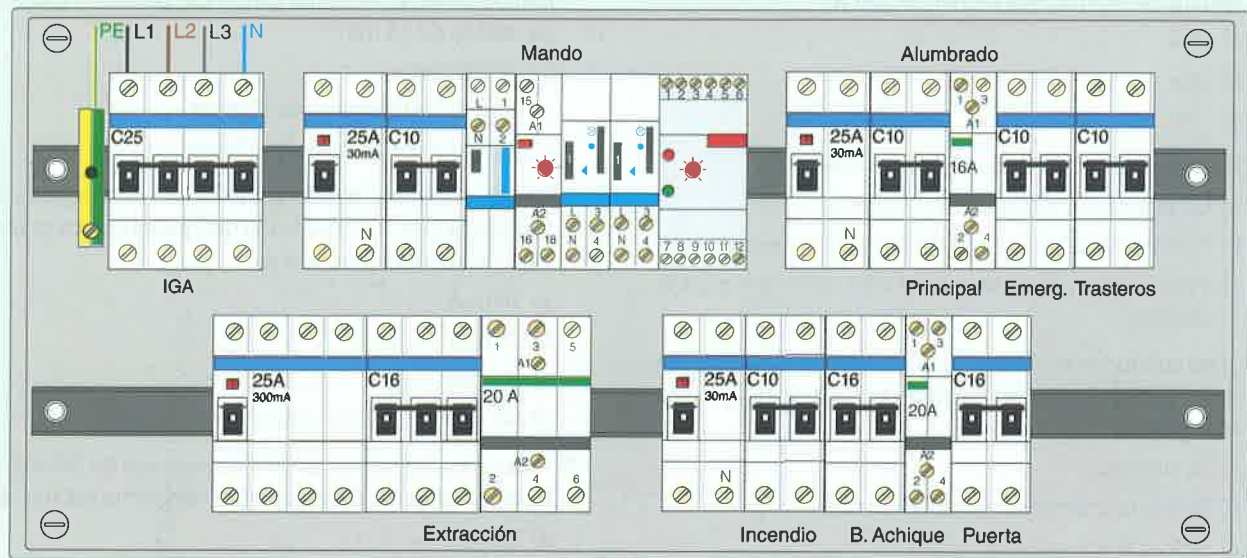


Figura 8.33. Esquema de montaje del cuadro general de mando y protección.

5. Realiza el montaje con tubos de PVC rígido de 16 mm, excepto en los tramos indicados.

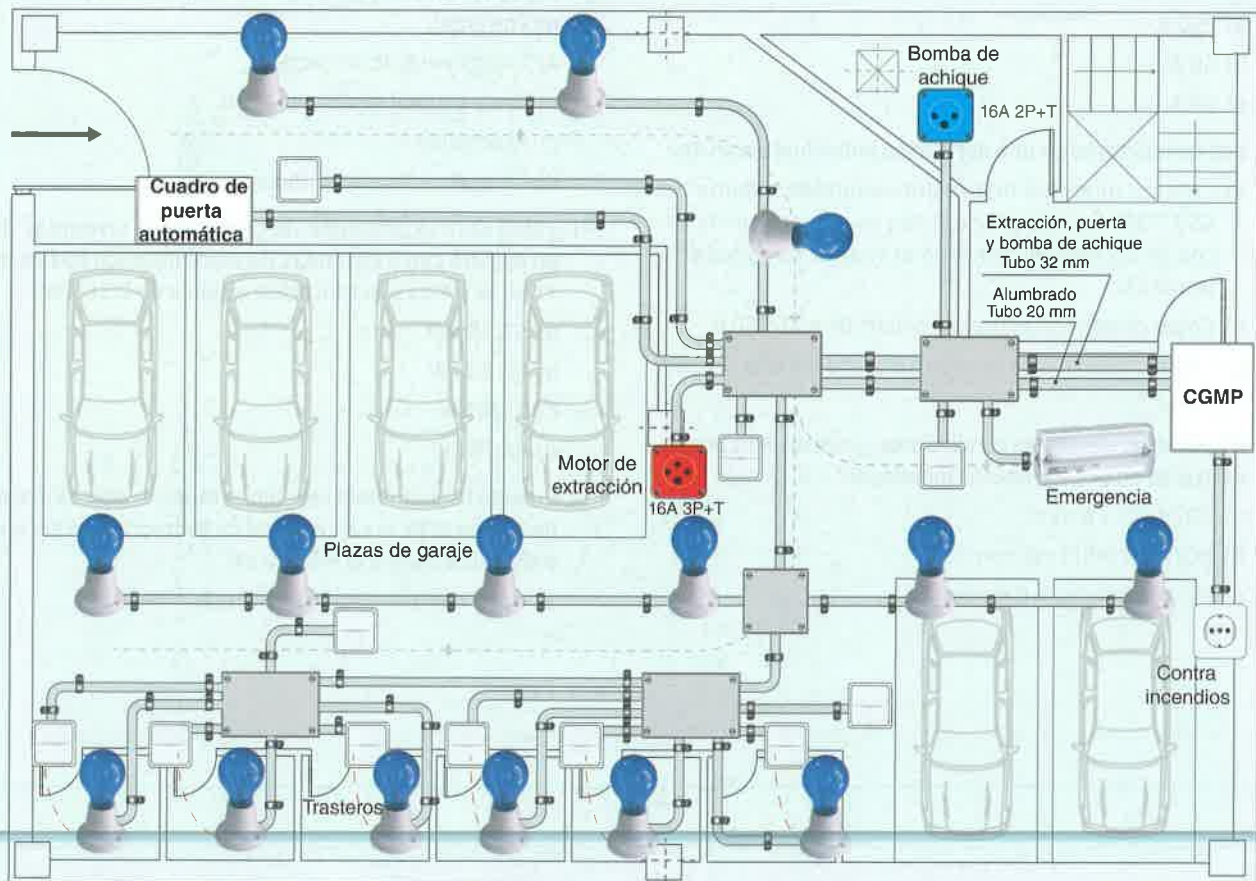


Figura 8.34. Esquema de montaje de la instalación interior del garaje.

TEST DE EVALUACIÓN

RESUELVE EN TU CUADERNO O BLOC DE NOTAS

1. ¿Cuántas líneas generales de alimentación llevará como mínimo un edificio que demanda 360 A?
 - a) Una.
 - b) Dos.
 - c) Tres.
2. La caja general de protección se compone de:
 - a) Un interruptor general y tres fusibles.
 - b) Tres fusibles de fase y un fusible para el neutro.
 - c) Tres fusibles de fase y conexión amovible para el neutro.
3. ¿Los conductores de una línea general de alimentación de un edificio únicamente podrán ser unipolares y nunca multipolares?
 - a) Sí, siempre.
 - b) Solo si la acometida es subterránea.
 - c) Solo si la acometida es aérea.
4. ¿A partir de qué intensidad de demanda se debe instalar obligatoriamente suministro trifásico a un abonado?
 - a) 250 A.
 - b) 40 A.
 - c) 63 A.
5. Los conductores de una derivación individual serán de:
 - a) Cobre o aluminio de tensión asignada mínima de 450/750 V, salvo si se utilizan mangueras en huecos de la construcción o en el interior de tubos enterrados.
 - b) Cobre de tensión asignada mínima de 450/750 V.
 - c) Cobre o aluminio de tensión asignada mínima de 0,6/1 kV.
6. De entre los siguientes conductores, ¿cuál de ellos podría utilizarse en una derivación individual?
 - a) H07V-K $1 \times 6 \text{ mm}^2$.
 - b) H07Z1-K (AS) $1 \times 6 \text{ mm}^2$.
 - c) RV-K 0,6/1 kV $1 \times 6 \text{ mm}^2$.
7. ¿Las derivaciones individuales de las viviendas de un edificio deberán llevar de forma obligatoria el hilo rojo de mando de $1,5 \text{ mm}^2$?
 - a) Sí, siempre.
 - b) Sí, si no hay contador inteligente.
 - c) A criterio del instalador o proyectista.
8. Una línea general de alimentación con conductores de fase tipo RZ1-K 0,6/1 kV $1 \times 150 \text{ (AS)}$ podrá reducir la sección del conductor neutro a:
 - a) 50 mm^2 .
 - b) 70 mm^2 .
 - c) 95 mm^2 .
 - d) No se puede reducir nunca la sección del neutro.
9. Para un edificio con previsión de potencia de 120 kW, el interruptor general de maniobra será como mínimo de:
 - a) 160 A.
 - b) 200 A.
 - c) 250 A.
10. Las partes de una instalación de enlace son (señala la no correcta):
 - a) Caja general de protección.
 - b) Línea general de alimentación.
 - c) Acometida.
 - d) Centralización de contadores.
11. ¿Cuál será la previsión de cargas para viviendas de un edificio con 5 viviendas de electrificación básica de 7360 W y 4 de electrificación elevada de 11500 W?
 - a) 67,48 kW.
 - b) 82,80 kW.
 - c) 71,76 kW.
 - d) 64,78 kW.
12. Cuando la acometida sea subterránea, la parte inferior de la puerta de la caja general de protección se encontrará a una distancia mínima de:
 - a) 0,5. b) 0,4. c) 0,3. d) 0,2. e) 0,15.

ACTIVIDADES FINALES

- 1. Indica el tipo de cable, la caída de tensión y la sección mínima de las siguientes líneas instaladas en un edificio con los contadores totalmente centralizados.

Línea	Tipo de cable	c.d.t. máx. (%)	Sección mín. (mm ²)
DI de un local comercial			
LGA del edificio			
Circuito C2 de la vivienda	H07V-K		
DI de una vivienda			
Alumbrado de un garaje			

- 2. Consulta la tabla 1 de la ITC-BT 15 y obtén el ancho que debe tener el conducto de obra de fábrica que alojará a los tubos de las derivaciones individuales de un edificio. Este partirá en vertical de la centralización de contadores y albergará los tubos necesarios de 14 viviendas. La profundidad del conducto es de 15 cm.
- 3. Se va a realizar la instalación de un edificio de viviendas (véase figura 8.35) de 5 plantas, con 3 viviendas por planta. Las viviendas de tipo A y B son de grado elevado de 9 200 W y las viviendas de tipo C son de grado básico de 5 750 W. Los datos son los siguientes:

Servicios generales			
Alumbrado fluorescente. Superficie compuesta por: portal de 30 m ² y escalera y rellanos de 98 m ² .	Ascensor: 5 personas, 1 m/s y 400 kg de carga.	Enchufe: 3,67 kW	Telecom.: 980 W

- Garaje ubicado en planta sótano de 680 m² y 18 plazas de aparcamiento.
- Dos locales comerciales, con una superficie de 250 m² y 270 m², respectivamente.
- Se prevé instalación de recarga de vehículos eléctricos (18 plazas) con protección SPL de la LGA.

Se realizarán **dos centralizaciones en el mismo local (en planta baja)**: una centralización alimentada por la LGA1, para los contadores de servicios generales, locales y garajes, y otra alimentada por la LGA2, destinada a alojar los contadores de las viviendas. Las longitudes en metros de las derivaciones individuales de las viviendas son las siguientes:

1ºA	1ºB	1ºC	2ºA	2ºB	2ºC	3ºA	3ºB	3ºC	4ºA	4ºB	4ºC	5ºA	5ºB	5ºC
8	10	8	12	14	12	16	18	16	20	22	20	24	26	24

Se pide:

- Calcula **LGA1** si tiene una longitud de **8 m** y **LGA2** si tiene 11 m. Ambas se canalizan bajo tubo empotrado. Se estima un $\cos \phi = 0,9$ para las dos líneas.
- Establece el calibre, el tipo de fusibles y los esquemas de las dos CGP.
- Calcula la sección de la **derivación individual** de los servicios generales si se realiza con una manguera tipo RZ1-K 0,6/1 kV (AS) grapada sobre la pared. Su longitud es de 2 m, alimentación 230/400 V, $\cos \phi = 0,9$.
- Realiza una tabla con las secciones y protecciones de las **derivaciones individuales** de las **viviendas** si se efectúan con conductores termoestables (90 °C), unipolares H07Z-K (AS) canalizados en **agrupaciones de 6 tubos⁽¹⁾** en huecos de la construcción no ventilados⁽²⁾.

(1) Se debe establecer un coeficiente de reducción para $I_{máx}$ por agrupación en el interior de una envolvente, según tabla C.52.13 de la Norma UNE HD 60.364.5.52.

(2) Ref 41-Tabla 52-82 de la Norma UNE HD 60.364.5.52, que establece como método de instalación: B2.

ACTIVIDADES FINALES

La siguiente figura muestra la distribución en planta de la instalación del enlace del edificio:

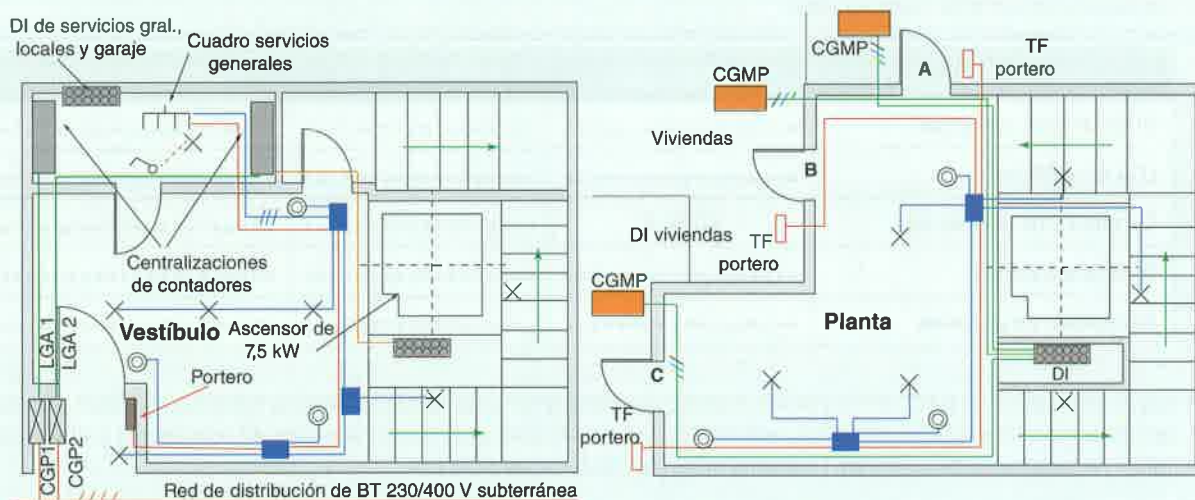


Figura 8.35. Esquema topográfico de la instalación de las centralizaciones, los servicios generales y las derivaciones individuales.

Test de REBT

4. Realiza los siguientes test del REBT relativos a las instrucciones ITC-BT 10, 11, 12, 13 14, 15 y 16.

- ¿Cuál es la previsión de cargas de un kiosco de 18 m², ubicado en un edificio de viviendas?
 - 9 200 W
 - 3 450 W
 - 5 750 W
 - 1800 W
- ¿Cuál será la previsión de cargas de un edificio con 4 viviendas de electrificación básica de 5 750 W, 4 viviendas de electrificación elevada de 11 500 W, con una potencia de servicios generales de 15 kW, un local comercial de 270 m² y un garaje de 500 m²?
 - 121 kW
 - 112,37 kW
 - 107,37 kW
- En un edificio viviendas con un local comercial diáfano de 420 m², ¿cuántos tubos de reserva hay que dejar instalados para las derivaciones individuales?
 - 9
 - 6
 - 4
 - 3
- La sección y el color del hilo de mando que parte de la centralización de contadores serán:
 - 1,5 mm², color azul.
 - 2,5 mm², color azul.
 - 1,5 mm², color rojo.
 - 2,5 mm², color rojo.
- Para acometidas subterráneas, la parte inferior de la puerta de la CGP estará a una distancia mínima del suelo de:
 - 10 cm
 - 20 cm
 - 30 cm
 - 40 cm
- El elemento que indica el principio de la propiedad de la instalación de un usuario es:
 - La acometida
 - La LGA
 - La CGP
 - La DI
- La parte comprendida entre la CGP y la centralización de contadores en un edificio se denomina:
 - Derivación individual
 - Línea general de alimentación
 - Acometida
- La máxima c.d.t. permitida para líneas generales de alimentación, en contadores totalmente centralizados, será de:
 - 0,5 %
 - 1 %
 - 3 % para alumbrado y 5 % para fuerza
 - 1,5 %
- El material y la sección mínima de los conductores empleados en la línea general de alimentación serán:
 - Cobre, 10 mm²
 - Aluminio, 35 mm²
 - Cobre, 16 mm²
 - Aluminio, 10 mm²
- La sección mínima de los conductores empleados entre las conexiones de los diferentes equipos de una centralización de contadores será de:
 - 4 mm²
 - 6 mm²
 - 10 mm²
 - 16 mm²

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Material

- Centralización de contadores que dispongas en el taller
- Protecciones, mecanismos, tubos, cajas de registro, etc.

Diseño de una instalación de enlace en un edificio de viviendas

Objetivo

Familiarizarse con el diseño y la aparatada de estas instalaciones.

Planteamiento

Se va a realizar el diseño de una instalación de enlace de un edificio de 3 plantas de viviendas con 2 viviendas por planta, planta baja y planta sótano. Los datos son los siguientes:

a) Viviendas.

Viv.	Potencia (W)	Long. (m)
1° A	9200	10
1° B	5750	15

Viv.	Potencia (W)	Long. (m)
2° A	9200	14
2° B	5750	19

Viv.	Potencia (W)	Long. (m)
3° A	9200	18
3° B	5750	23

b) Servicios generales del edificio. Cuadro ubicado a 1 m de la centralización.

Carga	Potencia (kW)	Tensión (V)	cos φ	Long. (m)
Ascensor	4,5	230/400	0,8	27
Alumbrado común	1,1	230	1	29
Enchufes	3,68	230	1	1,5
Telecomunicaciones	0,78	230	1	20 (RITU)

c) Un local comercial en planta baja de 90 m².

d) Un garaje de 6 plazas de aparcamiento en planta sótano de 350 m².

e) Se prevé la instalación de recarga de vehículos eléctricos sin SPL y con esquema 2 (véase ITC-BT 52).

f) La acometida es subterránea y la CGP se ubica en un nicho en la fachada. La LGA se canaliza bajo tubo empotrado hasta la centralización ubicada en planta baja; su longitud es de 9 m. Se estima un cos φ = 0,9.

g) Las características atmosféricas de la zona recomiendan la instalación de descargadores contra sobretensiones.

Desarrollo

1. Completa las características de las líneas y equipos a instalar en el edificio:

LGA	Cables RZ1-K 0,6/1 kV(AS)	c.d.t.:	Canalización bajo tubo empotrado	
CGP	Esquema:	Tipo de fusibles:	Ubicada en nicho en la fachada	
Centralización	6 contadores monofásicos (común vivienda y VE) + 3 contadores trifásicos		Cables H07Z1-R 1×10 mm ²	Fusibles DIAZED D02
DI Viviendas	Unipolares, 750 V, mezcla reticulada de poliolefina Designación:	c.d.t.:%	Canalización bajo tubos en conductos de obra no ventilados con 6 tubos por conducto (método B2)	
DI Serv. gral.	Unipolares, 750 V, poliolefina Designación:	c.d.t.:%	Canalización bajo tubo empotrado en la pared (método B1)	

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

continuación

2. Calcula la previsión de carga del edificio.

	Previsión de carga	Potencia (kW)
Viviendas	$P_V = K \left(\frac{NGB \cdot PGB + NGE \cdot PGE}{\text{Número de viviendas}} \right)$	.....
Servicios generales	$P_{SG} = P_{ASC} \cdot 1,3 + P_{AL} + P_{ENCH} + P_{TEL}$	.....
Locales comerciales	$P_{LC} = S_{LC} \cdot W/m^2$	.....
Garaje	$P_G = S_G \cdot W/m^2$	.....
Vehículo eléctrico	$P_{VE} = FS(0,1 \cdot N_{Plazas} \cdot 3,68)$	.....
Potencia total	$P_T = P_V + P_{SG} + P_{LC} + P_G + P_{VE}$	.....

3. Calcula la LGA, la CGP y el IGM.

a) Línea general de alimentación (LGA).

Calculando por c.d.t. la sección mínima a utilizar será de: $S = \dots\dots\dots \text{mm}^2$

La intensidad de servicio es de: $I_s = \dots\dots\dots \text{A}$. Comprobando la $I_{m\acute{a}x}$ para método de instalación (B1) y para cables RZ1-K 0,6/1 kV (XLPE) y teniendo en cuenta los calibres de fusibles comerciales, nos vemos obligados a utilizar una sección mínima: $S = \dots\dots\dots \text{mm}^2$.

$$\dots\dots\dots (\text{A}) \leq \dots\dots\dots (\text{A}) \leq 0,91 \cdot \dots\dots\dots (\text{A})$$

Por tanto, se utilizarán 4 conductores RZ1-K 0,6/1 kV 1x..... /..... mm^2 ; Tubo de: mm.

b) Caja general de protección (CGP).

Esquema CGP.....; Fusibles de tipo:; $I_N = \dots\dots\dots \text{A}$; tamaño:; p.d.c. = kA

c) Interruptor general de maniobra (IGM) de: $I_N = \dots\dots\dots \text{A}$.

4. Sobre el esquema de la instalación de enlace, completa los datos indicados donde corresponda: los nombres de las distintas unidades funcionales, apartamento, calibres y secciones.

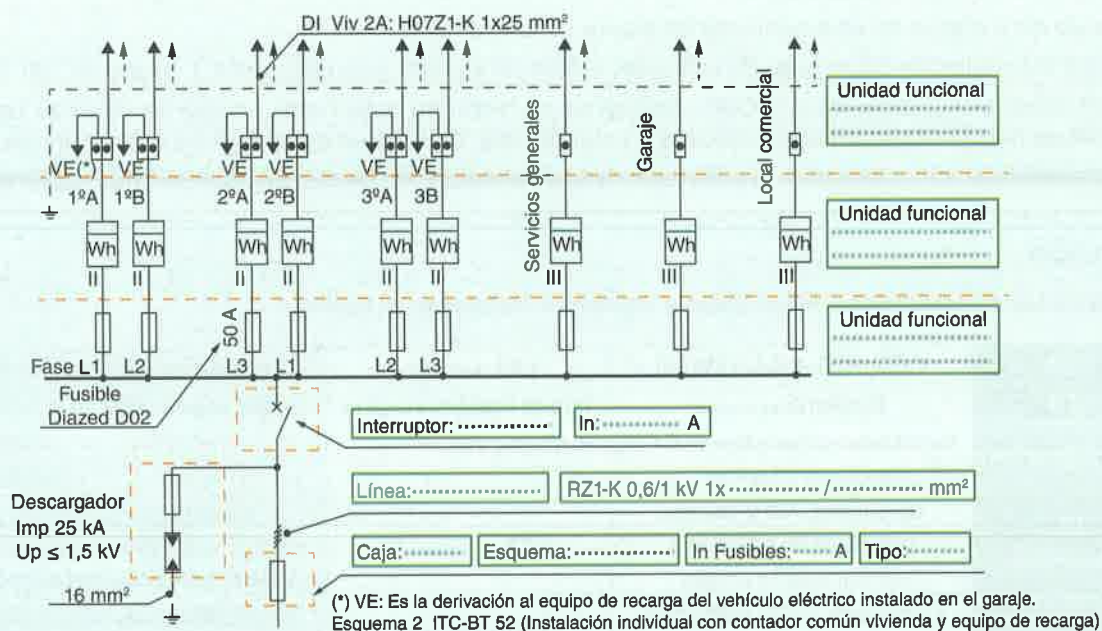


Figura 8.36. Esquema de la centralización de contadores.

5. Calcula las derivaciones individuales de las viviendas

Los cálculos se realizarán aplicando una c.d.t de: % y considerando el método de instalación **B2** (conductores unipolares bajo tubo en conducto de obra no ventilada) y aplicando un coeficiente de corrección de las $I_{m\acute{a}x}$ de 0,55 (6 circuitos agrupados –Tabla C.52.13 de la Norma UNE HD 60.364.5.52–).

Justificamos el cálculo de la vivienda **2A**, con potencia de 9200 W e IGA de 40 A.

$$S = \frac{2 \cdot 9200 \cdot 14}{44 \cdot 2,3 \cdot 230} = 11,06 \rightarrow 16 \text{ mm}^2 \quad I = \frac{9200}{230} = 40 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta el coeficiente de agrupación de 0,55, la mínima sección que garantiza que se pueda encontrar **fusible de seguridad** normalizado es de 25 mm², cuya $I_{m\acute{a}x}$ es de 100 A (B2-2XLPE). Por tanto:

$$I_s \leq I_n \leq 0,91 I_{m\acute{a}x}' \rightarrow 40 \text{ A} \leq 50 \text{ A} \leq (0,91 \cdot 100 \cdot 0,55 = 50,05)$$

Completa los resultados del resto de las derivaciones individuales de las viviendas:

Viv.	Secc. (mm ²)	Fusible (A)	Viv.	Secc. (mm ²)	Fusible (A)	Viv.	Secc. (mm ²)	Fusible (A)
1° A			2° A	.....	.....	3° A	.....	.....
1° B			2° B	.....	.....	3° B	.....	.....

6. Realiza el cálculo de la derivación individual de servicios generales y completa la tabla:

Derivación individual	Potencia (kW)	Tensión (V)	cos φ	c.d.t. (%)	L (m)	Sección (mm ²)	Fusible (A)
Servicios generales		400	0,9	.....	1	.....	.....

7. Según los datos de la tabla del apdo. b) del Planteamiento, calcula los circuitos de los servicios generales y dibuja el esquema del CGMP. Los conductores serán unipolares HO7Z-K (AS) –(XLPE)– alojados en tubos en conducto no ventilado (3 tubos por conducto), excepto para el enchufe que será bajo tubo empotrado y sin agrupar.

Nota: Se instalará un Recinto de Telecomunicaciones Único (RITU) a 20 m del cuadro de servicios generales. Independientemente de la potencia el CGMP de este recinto se alimentará con cable de 6 mm² mín.

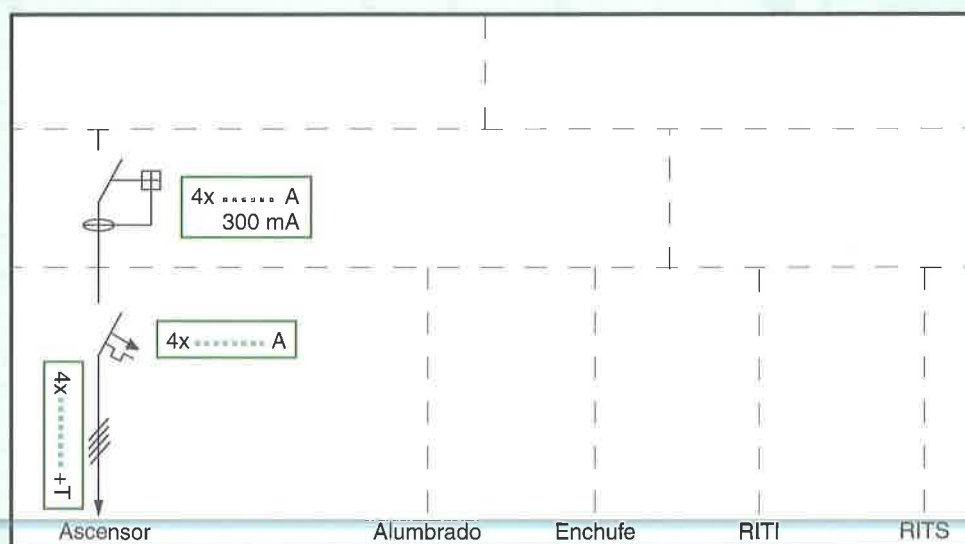


Figura 8.37. Esquema unifilar del cuadro de servicios generales.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

continuación

8. Realiza el cableado de la LGA desde la CGP hasta la centralización de contadores que dispongas en el taller y monta sobre esta última el contador para los servicios generales.

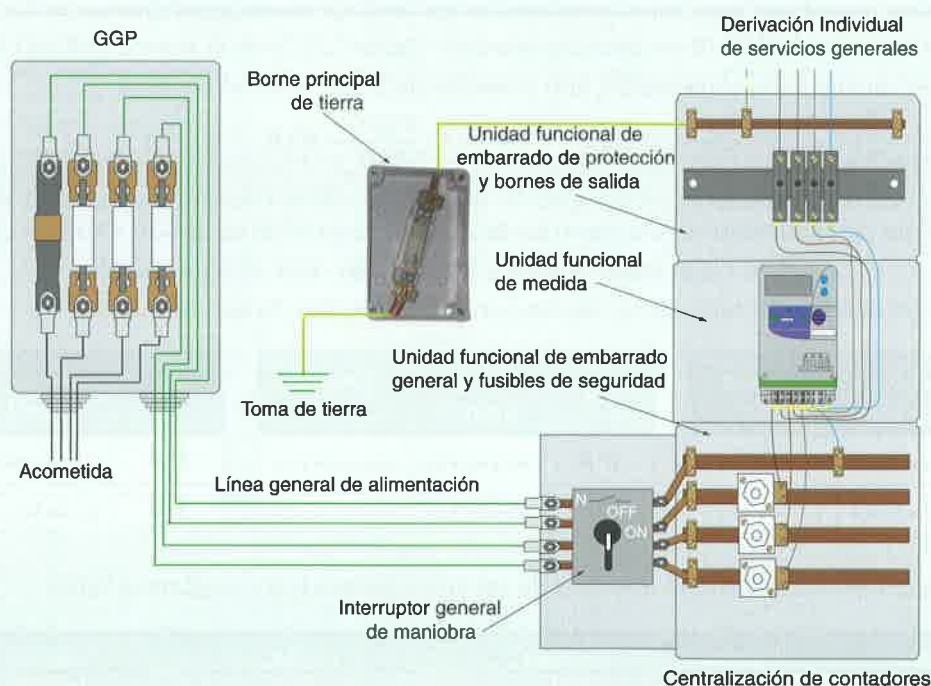


Figura 8.38. Esquema de montaje la centralización del CGP, LGA y centralización de contadores.

9. Realiza el montaje de la instalación interior de servicios generales que muestra la figura 8.38 y conecta su cuadro general de mando y protección a la centralización que has montado en el punto anterior.

Notas: L1 está conectada a un reloj horario programado de 19 h a 24 h. L2, L3, L4 y L5 se conectan a un automático de escalera accionado por S1 y S2. Deberás diseñar estos esquemas antes de realizar el montaje.

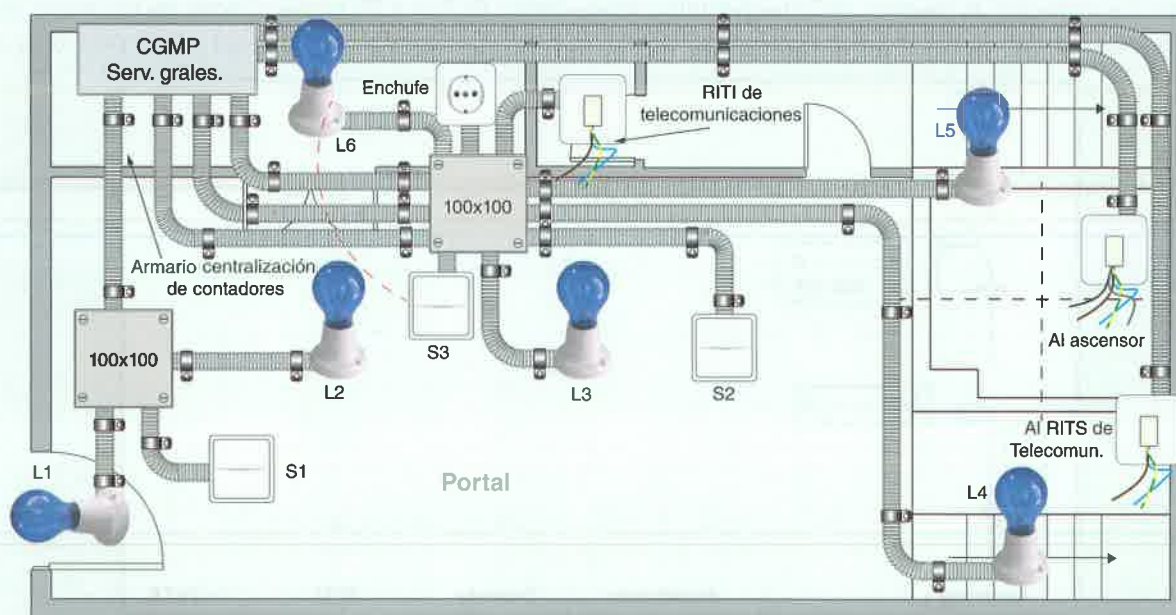
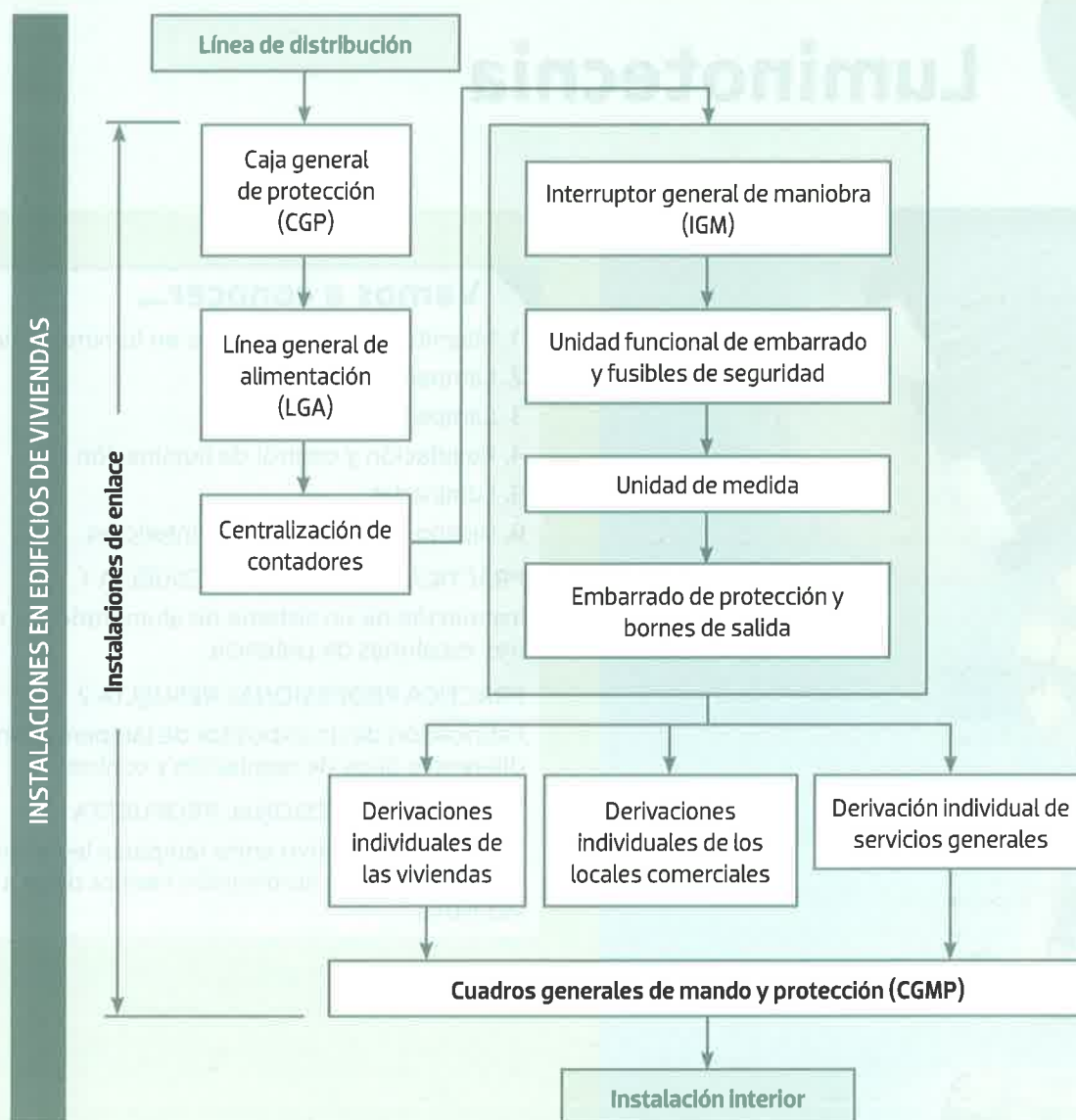


Figura 8.39. Esquema de montaje de la instalación interior de servicios generales.

EN RESUMEN



9 Luminotecnia



Vamos a conocer...

1. Magnitudes características en luminotecnia
2. Lámparas led
3. Lámparas de descarga
4. Regulación y control de iluminación
5. Luminarias
6. Diseño de alumbrado de interiores

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

Instalación de un sistema de alumbrado led con tres escalones de potencia

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 2

Fabricación de un expositor de lámparas con diferentes tipos de regulación y control

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Estudio comparativo entre lámparas led y lámparas de descarga para iluminación interior de una nave industrial

Y al finalizar esta unidad...

- Conocerás los distintos tipos de lámpara.
- Distinguirás las características fundamentales de cada lámpara.
- Realizarás el montaje de los equipos que acompañan a cada tipo de lámpara.
- Realizarás el montaje de las diferentes formas de regular y controlar las instalaciones de alumbrado.
- Conocerás los distintos parámetros que intervienen a la hora de diseñar un alumbrado interior.

1. Magnitudes características en luminotecnia

Las formas en que la energía se manifiesta en el universo son varias (mecánica, química, eléctrica, térmica, radiante). Dentro de la energía radiante (ultrasonidos, ondas de radio y televisión, etc.), la luz constituye un pequeño grupo de radiaciones que son percibidas por el ojo humano y cuya denominación es la de espectro visible.

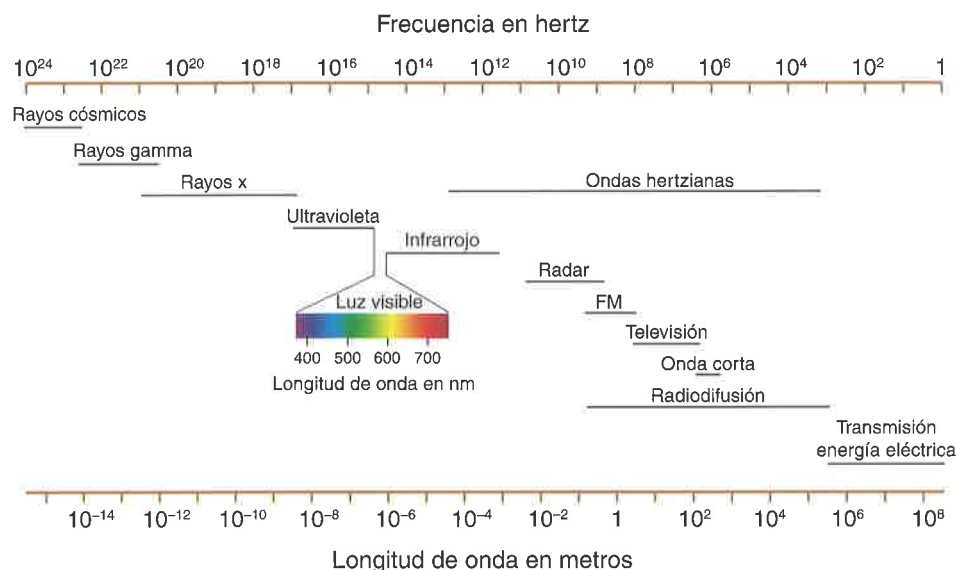


Figura 9.1. Espectro de radiación de luz.

El espectro electromagnético

Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por su magnitud característica, que puede ser de dos tipos: la longitud de onda (se mide en metros) y la frecuencia f (se mide en s^{-1} o hertzios, Hz).

El ojo humano solo es sensible a las radiaciones pertenecientes a un pequeño intervalo del espectro electromagnético que constituyen los diferentes colores, que mezclados forman la luz blanca. Cuando la luz blanca choca con un objeto, una parte de los colores que la componen son absorbidos por la superficie y el resto son reflejados. Si los refleja todos, el cuerpo es blanco y, si los absorbe todos, el cuerpo es negro. Un objeto es rojo porque refleja la luz roja y absorbe las demás componentes de la luz blanca. Así, pues, el color con que percibimos un objeto depende de la fuente de luz y de los colores que este sea capaz de reflejar.

La luminotecnia es la disciplina que estudia las diferentes fuentes artificiales de luz. Sus magnitudes y características fundamentales son las descritas en los apartados siguientes.

1.1. Flujo luminoso y rendimiento luminoso

El flujo luminoso expresa la cantidad total de luz emitida por segundo por una fuente luminosa en todas las direcciones. En el proceso de generación de luz en las lámparas, la temperatura tiene una influencia muy importante, existiendo una temperatura óptima para la que el flujo luminoso es máximo.

Vocabulary

- Espectro electromagnético: electromagnetic spectrum.
- Bombilla: light bulb.
- Flujo luminoso: luminous flux.
- Diodo: diode.

Saber más

La potencia nominal de las lámparas, a diferencia de otros receptores (en los motores la potencia nominal indica su potencia útil o mecánica), representa la potencia eléctrica absorbida de la red.

Este es el motivo por el que el diseño de luminarias capaces de evacuar el calor generado por la lámpara es tan importante.

El flujo luminoso ϕ se mide en lumen (lm)

A la hora de valorar la eficiencia energética de una lámpara, no basta con conocer el flujo luminoso que emite, sino que es necesario conocer los lúmenes emitidos por cada vatio de energía eléctrica consumido. Por esta razón, se define el rendimiento o eficacia luminosa η como el cociente entre el flujo emitido y la potencia consumida por la lámpara.

$$\text{Rendimiento luminoso} = \eta \frac{\phi}{P} \text{ y se mide en } \frac{\text{lm}}{\text{W}}$$

La figura siguiente muestra de forma gráfica las pérdidas de energía eléctrica en la producción de luz artificial.

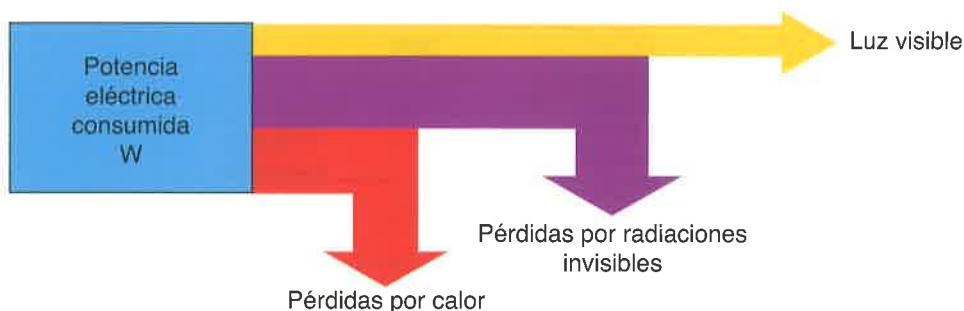


Figura 9.2. Pérdidas de energía eléctrica en la producción de luz artificial.

Ejemplo

Compara la energía eléctrica empleada y el flujo luminoso emitido por dos lámparas diferentes de la misma potencia: un tubo fluorescente de 36 W y un tubo led de 36 W.

Mirando en distintos catálogos de fabricantes de lámparas, observamos que:

Un fabricante de tubos fluorescentes nos da como dato, en uno de sus modelos de 36 W, que este emite un flujo luminoso de 3 250 lm.

Por otro lado, un fabricante de tubos led de 36 W nos indica que uno de sus modelos emite un flujo luminoso de 5 600 lm.

Por tanto, sus rendimientos son de 90 lm/W para tubos fluorescentes y de 155 lm/W para tubos led. Esto indica que los tubos fluorescentes presentan más pérdidas.

Saber más

De acuerdo con el RD 284/1999, es obligatorio que las lámparas destinadas a uso doméstico incorporen en su embalaje información sobre su consumo energético. Esta información se refleja en la etiqueta, que muestra una clasificación en siete categorías: A, B, C, D, E, F y G, siendo A la más eficaz y G la menos eficaz.

1.2. Temperatura de color (TC) e índice de reproducción cromática (IRC)

La apariencia de color de las lámparas (fuente de luz) viene determinada por su temperatura de color correlacionada. La temperatura de color es una expresión que se utiliza para indicar el color de una fuente de luz por comparación de esta con el color de un cuerpo negro (cuerpo radiante perfecto, cuya emisión de luz es debida únicamente a su temperatura). La llama de una vela es similar a un cuerpo negro calentado a 1800 K (grados kelvin); se dice entonces que tiene una TC de 1800 K.

Un cuerpo negro (igual que cualquier cuerpo incandescente) cambia de color según aumenta su temperatura, pasando de color rojo sin brillo a rojo claro, naranja, amarillo, blanco, blanco azulado y azul.

Para las aplicaciones generales de iluminación en interior, se divide la luz en tres rangos de temperatura de color, según muestra la figura:

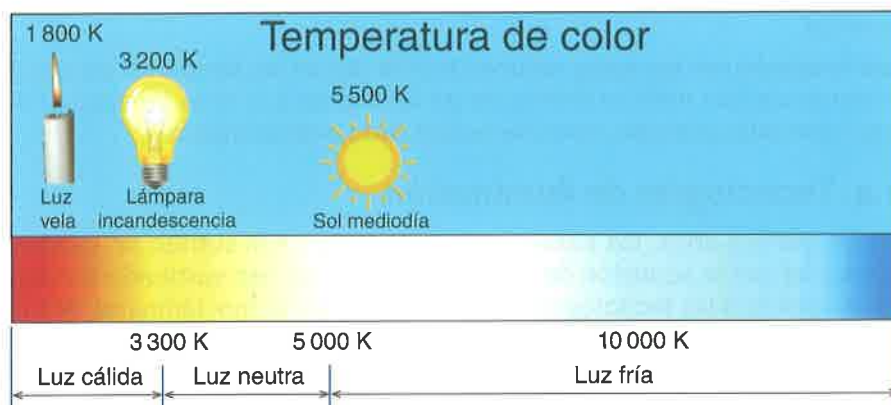


Figura 9.3.

Una vez elegida la temperatura de color, la impresión de color no queda determinada, sino que debe seleccionarse también la capacidad de reproducir los colores en los objetos iluminados mediante un parámetro denominado **Índice de Reproducción Cromática (IRC)**.

La temperatura de color y el índice de reproducción cromática son parámetros completamente independientes. Sirva pensar en la diferencia entre la luz solar y la de una lámpara incandescente: ambas tienen una reproducción cromática excelente, puesto que en su espectro se encuentran todos los colores, pero la apariencia de color es distinta, ya que en el caso de la luz solar su temperatura de color al mediodía es fría, mientras que la de las lámparas incandescentes es cálida; por eso, producen diferentes sensaciones. La mayoría de las lámparas de descarga tiene un espectro discontinuo; es decir, su espectro no contiene todos los colores.

El IRC toma valores entre 0 y 100, de forma que una fuente de luz con IRC 100 indica que los colores de los objetos iluminados con este tipo de luz serán muy próximos a los que veríamos bajo una luz natural que tuviera la misma temperatura de color que la lámpara. Conforme nos vamos alejando de 100, podemos esperar mayor dispersión de todos los colores. Al elegir las lámparas para sus distintas aplicaciones, podemos seguir los siguientes parámetros:

IRC < 60 → Pobre
 60 < IRC < 80 → Bueno
 80 < IRC < 90 → Muy bueno
 90 < IRC < 100 → Excelente

1.3. Vida útil

La vida útil es el tiempo tras el cual es preferible sustituir una lámpara a mantenerla en la instalación. La disminución que sufre el flujo luminoso emitido por una lámpara a lo largo de su vida hace que, pasado ese tiempo, ya no sea viable económicamente mantenerla, procediéndose a su sustitución. Este valor es importante en las grandes superficies iluminadas para poder programar los plazos de sustitución de las mismas, ya que en

Saber más

Según la Normativa Europea, en la nomenclatura de las lámparas debe indicarse después de su potencia un código de 3 dígitos, el primero de los cuales indica el IRC y los dos siguientes hacen referencia a la temperatura de color de la lámpara.

Por ejemplo, una lámpara cuya nomenclatura sea 80W/534 indica que posee una potencia de 80 W, un IRC mayor o igual a 50 y una T^a de color de 3400 K.

Recuerda

Para analizar el gasto de la energía eléctrica consumida por una lámpara, conviene tener en cuenta que la energía es $E = P \cdot t$, medida en kWh, que es la unidad que utiliza la compañía suministradora para facturar (1 kWh cuesta aproximadamente 0,14 €).

Vocabulary

- Lámpara: lamp.
- Diodo: diode.
- Led: led.
- Ánodo: anode.
- Cátodo: cathode.

algunos tipos de lámparas con el paso del tiempo el flujo luminoso se deprecia por encima del 30 % por lo cual, llegado un punto, es más rentable sustituirlas que mantenerlas en la instalación, aunque estas no llegaran a fundirse.

Los factores que más afectan a la vida útil de la lámpara son la temperatura ambiente y las variaciones de la tensión aplicada con respecto a su tensión nominal.

Las temperaturas elevadas reducen la vida útil de las lámparas; de ahí la importancia que tiene el diseño de las luminarias a la hora de evacuar el calor que estas generan, como se ha señalado anteriormente.

1.4. Tecnologías de iluminación

En los últimos años, los sistemas de iluminación han sufrido un cambio sustancial con la aparición de las lámparas led que han sustituido o están sustituyendo a las tecnologías tradicionales, tales como: lámparas de incandescencia (estándar y halógenas), lámparas de descarga (fluorescente, vapor de mercurio de alta presión, vapor de sodio de baja y alta presión, halogenuros metálicos) y luz mezcla.

El cambio de los sistemas de iluminación tradicional que se está produciendo a favor de la tecnología led se justifica por la obtención de valores de eficiencia energética mayores con un coste energético significativamente menor.

2. Lámparas led

Se basan en diodos LED (*Light Emitting Diode*; diodo emisor de luz) que, al ser atravesados por una corriente eléctrica, emiten luz. Debido a que la luz emitida por un solo diodo no es muy intensa, para la configuración de estas lámparas y para que alcancen intensidades lumínicas similares a las tradicionales, tales como las incandescentes, fluorescentes, etc., las lámparas ledes se componen de agrupaciones de diodos en un número que estará en función del flujo luminoso deseado.

2.1. Diodo led

Un diodo led es un elemento electrónico **semiconductor** (sustancia cuya conductividad eléctrica puede ser alterada mediante variaciones de temperatura, aplicación de campos eléctricos, concentraciones de impurezas, etc.), que permite el paso de la corriente eléctrica en una única dirección; y que cuando es polarizado adecuadamente entre **ánodo** y **cátodo** emite luz en una o más longitudes de onda (colores), al producirse el fenómeno de la electroluminiscencia.

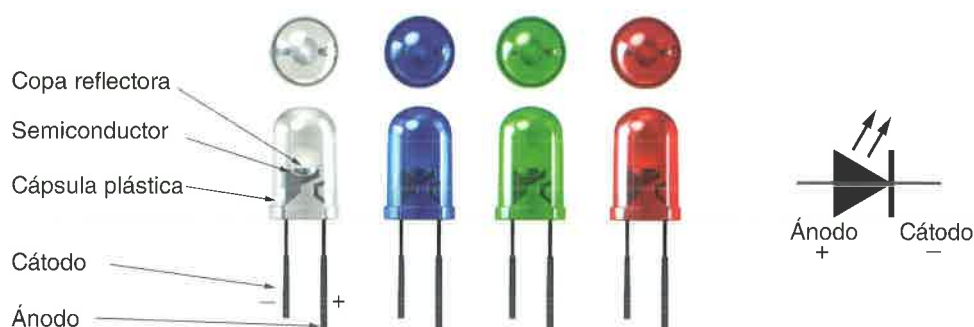


Figura 9.4. Diodos led.



2.2. Tipologías led aplicables en iluminación

La luz emitida por un solo led (niveles 0 y 1) no es muy intensa; por eso, sus aplicaciones se limitan a la señalización en equipos electrónicos. Para alcanzar la intensidad luminosa similar a otras lámparas, las lámparas led están compuestas por agrupaciones de led (nivel 2) cuyo número depende de la intensidad luminosa deseada. Los niveles 3 y 4 dependen de la forma en que se fabriquen estas lámparas.

Los niveles de fabricación son los siguientes:

- Niveles 0 y 1: compuesto por un diodo led individual, bien configurado como un chip led (nivel 0) y o bien un componente electrónico led (nivel 1).
- Nivel 2: módulo formado por una **matriz** de varios led individuales montados sobre un circuito impreso. El conjunto puede incluir otros componentes, como disipadores de calor, sistemas ópticos, control electrónico, etc.
- Nivel 3: lo conforman las lámparas led para la sustitución directa de otro tipo de lámparas (generalmente incandescentes, halógenas o fluorescentes). Se denominan **Retrofit**.
- Nivel 4: **luminarias led** que emplean esta tecnología como fuente luminosa. Pueden estar formadas por uno o varios módulos led.

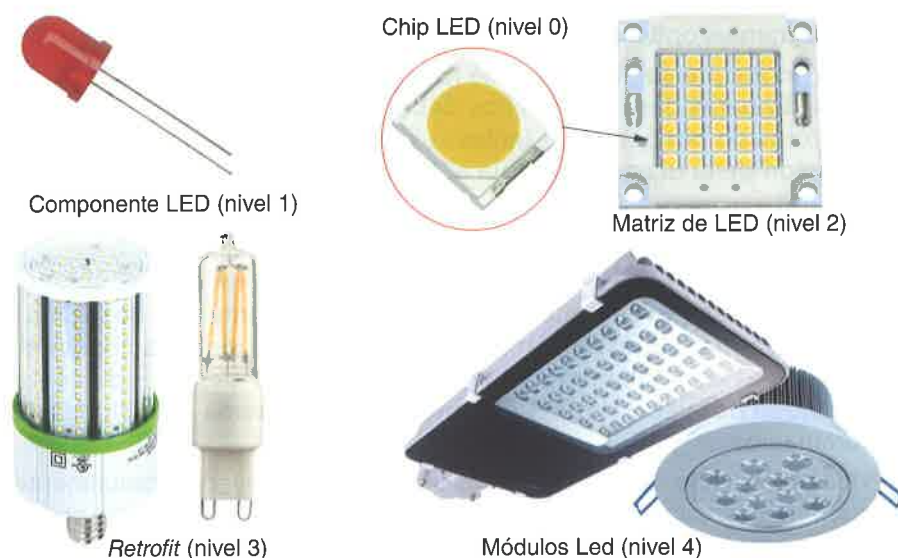


Figura 9.5. Tipología de aplicaciones led.

2.3. Partes de la lámpara led

Las partes que componen una lámpara led para aplicaciones de iluminación (lámparas led de alta potencia luminosa) son:

a) Chip o matriz

Es el componente principal en que se basa la lámpara. Se utilizan ledes discretos individuales junto con las capas de recubrimiento correspondientes para proporcionar las características cromáticas que deba tener la lámpara, pudiendo ser estas capas de:

- Fósforo amarillo ocre, para obtener luz cálida (similar a la halógena).
- Fósforo amarillo-verde, para obtener luz fría (similar al fluorescente).

b) Disipador de calor

Es un elemento imprescindible en toda lámpara led para iluminación. Se encarga de disipar el calor producido en la zona de deplexión de los diodos, manteniéndolos dentro de un rango de funcionamiento adecuado. Cualquier deficiencia en el disipador puede derivar en la destrucción del led.

c) Controlador (*driver*)

Es el sistema electrónico que controla el funcionamiento de la lámpara led y, en el caso de lámparas de corriente alterna, contiene el transformador y el puente rectificador.



Figura 9.6. Disipador y chip led.



Figura 9.7. Driver de lámparas led.



Figura 9.8. Lentes para lámpara led.

d) Componentes ópticos (lentes)

Los led normalmente emiten luz de forma unidireccional (focalizada), así que las lámparas basadas en ellos deben disponer de un componente óptico formado por pequeñas lentes cuya misión es determinar el ángulo de difusión de la luz adaptándola al uso, pudiendo llegar a ángulos de hasta 120°.

2.4. Parámetros de las lámparas led

a) **Flujo luminoso y rendimiento luminoso.** Justamente una de las mayores ventajas de estas lámparas frente a otros sistemas convencionales es el rendimiento luminoso, alcanzando mejor rendimiento luminoso por vatio (lm/W) que ningún otro sistema tradicional de iluminación.

b) **Vida útil.** El ciclo de vida útil de los ledes es muy elevado (comúnmente pueden alcanzar hasta las 50 000 horas). Es mucho mayor que en los tubos fluorescentes (10 000 horas) y las tradicionales bombillas de incandescencia (2 000 horas).

La vida útil indicada por los fabricantes se especifica con una nomenclatura especial. Las más comunes en tecnología led son: **L70B50**, que quiere decir que el 50 % de las lámparas del fabricante van a mantener un flujo luminoso de al menos un 70 % a las 50 000 horas y **L70B10**, para indicar que el 90 % de las lámparas mantendrán un flujo lumínico de 70 % a las 50 000 horas.

c) **Tiempo de encendido.** En este tipo de lámparas, es muy bajo, alrededor de 250 ms y, en caso de reencendido, no precisa enfriarse.

Pero hay que tener en cuenta que, si se incorpora la lámpara led dentro de una luminaria ya existente, módulo o lámpara *retrofit* (de sustitución de lámparas incandescencia o de descarga), los parámetros que proporcionan los fabricantes no son extrapolables a esta nueva situación, ya que las características fotométricas pueden variar de forma drástica y no obtenerse los resultados esperados.

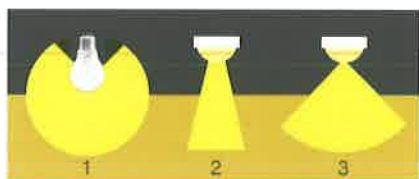


Figura 9.9. 1) Lámpara de incandescencia omnidireccional. 2) led unidireccional. 3) led con componentes ópticos.

3. Lámparas de descarga

Las lámparas de descarga basan su funcionamiento en la generación de luz mediante una descarga eléctrica producida entre dos electrodos situados en el interior de un tubo lleno de gas. Se clasifican según el gas utilizado y la presión a la que se encuentre el interior del tubo de descarga.

Una característica común a todas las lámparas de descarga es que disminuye su resistencia a medida que aumenta la intensidad de la corriente, por lo que no pueden ser conectadas directamente a la red de alimentación, sino con un dispositivo que controle la intensidad que circule por ellas. Este dispositivo es lo que habitualmente se conoce como **reactancia** o **balasto**.

3.1. Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes utilizan un gas noble (argón) con unas gotas de mercurio líquido que, una vez iniciado el proceso de conducción, se convierte en vapor de mercurio. En los extremos del tubo, se encuentran unos cátodos de wolframio impregnados con una pasta emisora de electrones. La luz se genera debido al fenómeno de fluorescencia. Según este proceso, determinadas sustancias luminiscentes que recubren el tubo son excitadas por la radiación ultravioleta (no visible) del vapor de mercurio, generando radiación visible.

3.1.1. Lámparas fluorescentes tubulares

Las lámparas fluorescentes tubulares presentan el tubo de descarga en forma rectilínea, aunque también se encuentran dentro de esta denominación las lámparas en forma de «U» o circulares. Su rendimiento luminoso se encuentra entre los 50 y 100 lm/W, dependiendo de la temperatura de color de la lámpara (entre 3 000 K y 6 000 K), cumpliéndose que los tubos con mayor rendimiento luminoso son los de menor temperatura de color y menor IRC, y viceversa.

Existen dos grupos diferenciados de balastos para lámparas fluorescentes:

- a) **Electromagnéticas:** se trata de una bobina conectada en serie con el tubo, proporcionando la tensión necesaria para el encendido de la lámpara a la vez que limita la corriente que circula por la lámpara. Sus características más relevantes son tensión, potencia y $\cos \phi$. Las potencias más habituales son las de 20 W, 40 W y 60 W, indicando, además, la potencia máxima del tubo o tubos que se pueden conectar a la misma.

La reactancia electromagnética siempre va asociada a un **cebador**, cuya función es iniciar el proceso de descarga del gas. Una vez producido el encendido, puede desconectarse sin afectar al funcionamiento de la lámpara. Su característica principal es el rango de potencias de tubo que es capaz de arrancar.

Saber más

El transformador electromagnético es un dispositivo con dos devanados (primario y secundario), que convierte una tensión alterna en otra con la misma frecuencia pero diferente tensión. Sus características principales son tensión del primario, tensión del secundario y potencia máxima del secundario.

Recuerda

Las reactancias electromagnéticas son bobinados y, por tanto, deben llevar identificado su factor de potencia o $\cos \phi$ (en algunas reactancias, se designa como λ). El REBT establece que el factor de potencia debe corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,9 mediante la instalación de un condensador.

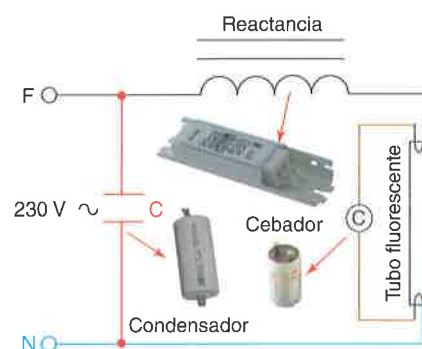


Figura 9.10. Conexión de un tubo fluorescente mediante reactancia electromagnética.



Figura 9.11. Cebador, reactancia y tubo fluorescente.

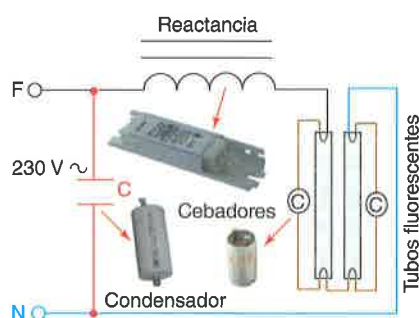


Figura 9.12. Conexión de dos tubos fluorescentes mediante una sola reactancia electromagnética.



Figura 9.13. Reactancia electrónica.

b) **Electrónicas:** se trata de un circuito electrónico que sustituye al equipo convencional compuesto por reactancia, cebador y condensador corrector del factor de potencia, haciendo trabajar a la lámpara a frecuencias por encima de los 20 kHz. Este tipo de reactancia aporta un gran número de ventajas técnicas, como las siguientes:

- Poseen mayor eficiencia energética (105 lm/W).
- Garantizan un encendido instantáneo.
- No presentan efecto estroboscópico.
- No presentan parpadeos con lámpara agotada.
- Registran menor depreciación del flujo luminoso con el paso del tiempo.
- Se caracterizan por un funcionamiento silencioso.
- Permiten la regulación de flujo luminoso mediante potenciómetro.

Utilizar balastos electrónicos supone un desembolso inicial algo mayor; sin embargo, en una valoración global, se demuestra la rentabilidad de estos frente a los equipos convencionales.

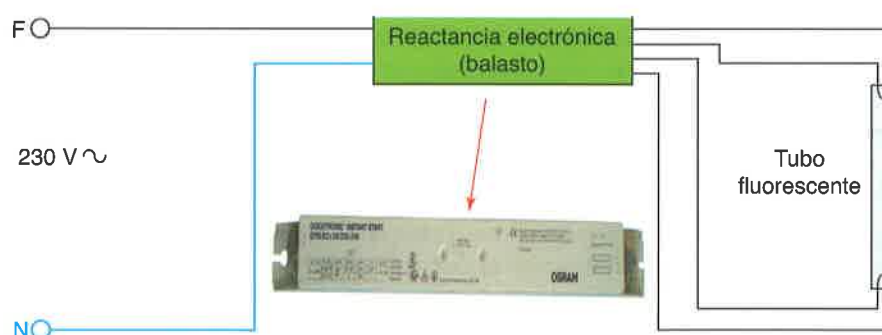


Figura 9.14. Conexión de un tubo fluorescente mediante reactancia electrónica.

3.1.2. Lámparas fluorescentes compactas o lámparas de bajo consumo

Presentan cualidades similares a las fluorescentes tubulares, aunque algo inferiores. Al reducir las dimensiones a tamaños semejantes a los de bombillas incandescentes, permiten su utilización en múltiples aplicaciones domésticas, donde las lámparas tubulares no caben.

Según su forma constructiva, se pueden diferenciar entre las diseñadas con casquillo estándar, con dos pines (con cebador interno, para ser utilizadas con reactancia electromagnética) o con cuatro pines (para ser usadas con balasto electrónico o electromagnético).



Figura 9.15. Lámparas fluorescentes de bajo consumo (compactas).

3.2. Lámparas de descarga de alta intensidad

Las lámparas de alta intensidad poseen un tubo de descarga de dimensiones mucho más reducidas que las lámparas fluorescentes y trabajan a presiones superiores.

En este tipo de lámparas, a medida que aumenta la temperatura en el tubo de descarga, aumenta la presión del gas, y con ella el flujo luminoso emitido, alcanzando su valor nominal en unos minutos. Al apagar la lámpara, la elevada presión interior no permite su reencendido hasta transcurridos unos minutos, tiempo en el cual se habrá enfriado lo suficiente. En función del elemento principal, que caracteriza la mezcla de gas, y la presión en el tubo de descarga, pueden clasificarse en varios tipos, explicados a continuación:



3.2.1. Lámpara de vapor de mercurio

El principio de funcionamiento de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión es similar al de las lámparas fluorescentes, pero el gas (argón) en el interior del tubo de descarga se encuentra a mayor presión.

No utilizan arrancador, por lo que, al conectar la lámpara a través de la reactancia, se produce inicialmente una descarga entre el electrodo principal y un electrodo auxiliar de encendido, que se encuentra muy próximo. La descarga ioniza el argón, haciéndolo conductor y estableciendo un arco entre los dos electrodos principales.

Su espectro cromático no contiene radiaciones rojas, por lo que existen lámparas con aditivos añadidos que obtienen un espectro más completo, conocidas como de «color corregido» y que alcanzan un IRC próximo a 60.

Se utilizan en alumbrado industrial, urbano, parques y jardines.

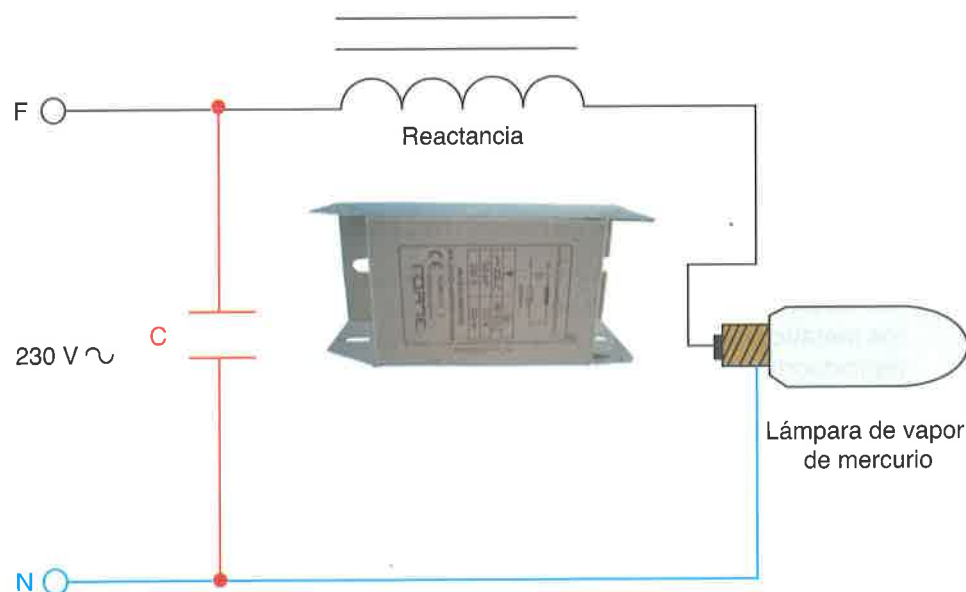


Figura 9.17. Conexión de una lámpara de vapor de mercurio.

3.2.2. Lámpara de vapor de sodio de alta presión

Estas lámparas están formadas por un tubo de descarga de óxido de aluminio capaz de resistir temperaturas de hasta 1000 °C, así como la acción química del vapor de sodio. El tubo de descarga se aloja en el interior de una ampolla de vidrio duro, resistente a la intemperie, que sirve de protección y aislamiento eléctrico.

Para el encendido de estas lámparas, debido a la elevada presión de los gases en el interior del tubo, es preciso aplicar tensiones muy superiores a la de la red (4,5 kV), siendo necesario el uso de reactancia con arrancador.

Al conectar la lámpara a través de la reactancia, se produce una descarga inicial en la atmósfera de gas auxiliar (xenón o neón), comenzando el calentamiento de la lámpara por acción del arco eléctrico, que va fundiendo y evaporando el sodio metálico, generando así la emisión de luz. El periodo de arranque dura unos 7 minutos. Al apagar la lámpara, la elevada presión interior no permite su reencendido hasta pasados unos 6 minutos, cuando se restablecen las condiciones iniciales.



Figura 9.16. Lámpara de vapor de mercurio.

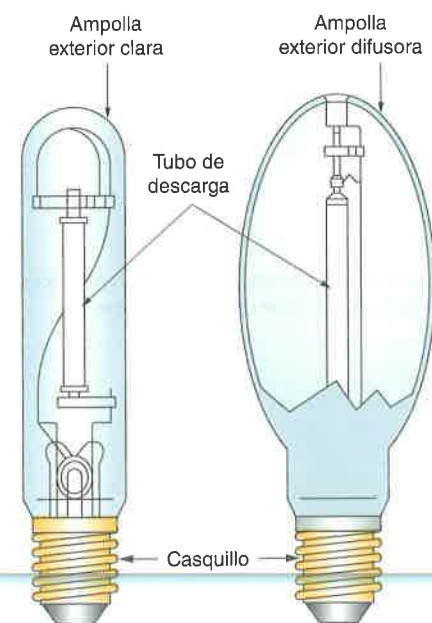


Figura 9.18. Lámparas de vapor de sodio de alta presión de ampolla elipsoidal y ampolla tubular.

Saber más

Según el REBT, la potencia aparente consumida por el equipo de una lámpara de descarga (lámpara más reactancia) será 1,8 veces la potencia en vatios de la lámpara. Aunque, si se conoce otro coeficiente entre ambas potencias, se podrá aplicar en el cálculo de su línea de alimentación.

Su alta eficacia luminosa y su larga vida útil, junto con su discreto IRC, hacen que su aplicación más generalizada sea el alumbrado de vías públicas (caracterizado por el aspecto anaranjado), naves industriales con poca exigencia en reproducción de colores, estacionamientos abiertos, fachadas, monumentos, etc.

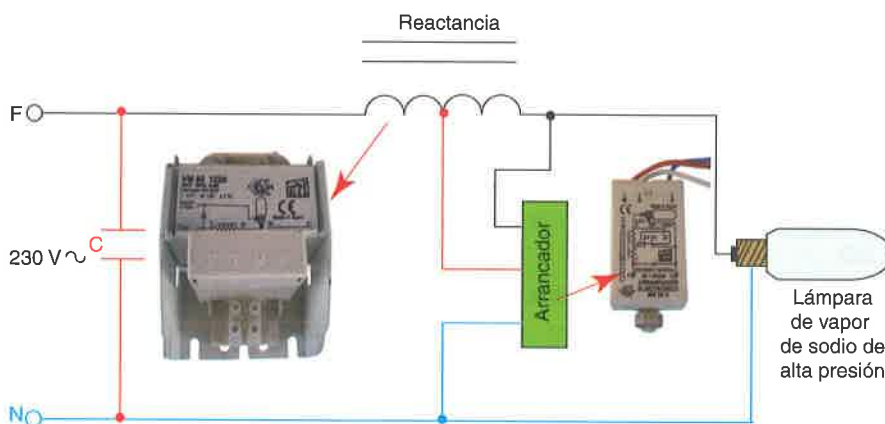


Figura 9.19. Esquema de conexión de una lámpara de vapor de sodio de alta presión.

3.2.3. Lámpara de halogenuros metálicos

Las lámparas de halogenuros metálicos son similares a las de vapor de mercurio, diferenciándose en que, además de mercurio, contienen **yoduros metálicos**, con los que se obtiene mayor eficacia luminosa y una mejor reproducción cromática. La presencia de estos compuestos hace necesaria una tensión de encendido superior a la suministrada por la red, por lo que necesitan **reactancia con arranquero**.

La luz se obtiene por la descarga que se genera en sus electrodos. Esto provoca un flujo de electrones que atraviesa el gas y, dependiendo del yoduro con el que se rellene el tubo, se producirá un color distinto.

Se comercializan en varios formatos: en forma de ampolla elipsoidal, en forma de ampolla tubular y de doble conexión con o sin cable.

Su buena eficacia luminosa, su larga vida útil junto con su alto IRC (superior a todas las lámparas de alta intensidad), hacen que sus aplicaciones más generalizadas sean en alumbrado de proyección, estadios, retransmisiones de televisión, estudios de cine, iluminación decorativa de interior en escaparates, centros comerciales, etc.



Figura 9.20. Lámpara de halogenuros metálicos en formato de doble conexión sin cable.

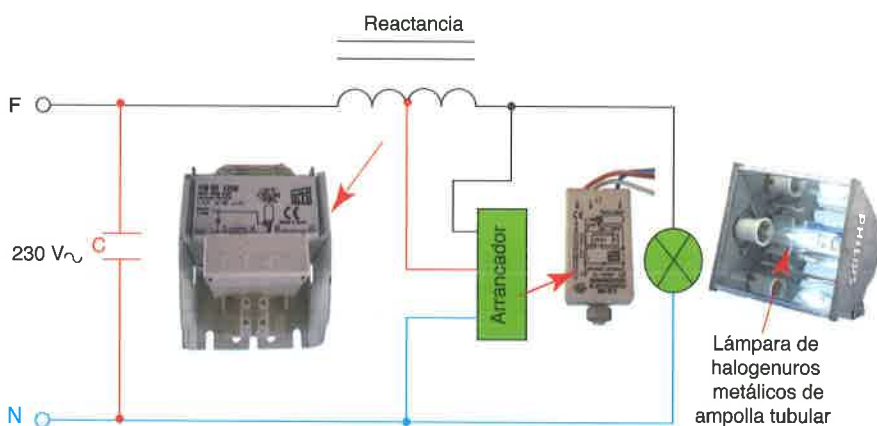


Figura 9.21. Esquema de conexión de las lámparas de halogenuros metálicos.



3.2.4. Lámpara de vapor de sodio a baja presión

La presencia del gas a baja presión hace que la tensión de encendido de estas lámparas se eleve solo hasta unos 600 V, por lo que no precisa arrancador, sino un aparato de alimentación que se denomina **reactancia auto-transformadora**.

Cuando se acciona la lámpara, comienza la descarga entre los electrodos del tubo a través de un gas neón. A medida que va aumentando la temperatura, el sodio empieza a vaporizarse, hasta que se inicia la descarga a través de él.

Poseen un color amarillo característico, con una elevada eficacia luminosa y una alta vida útil (superiores a todas las lámparas de alta intensidad). Aunque su IRC es muy bajo y no permite distinguir los colores de los objetos, facilitan una gran agudeza visual y una gran percepción de contrastes.

Estas lámparas se instalan para aplicaciones muy específicas, en las que se prefiera un buen rendimiento, como son el alumbrado de túneles, puertos, autopistas, así como refuerzo de alumbrado ornamental y de monumentos.

El conexionado de estas lámparas es el de la siguiente figura:

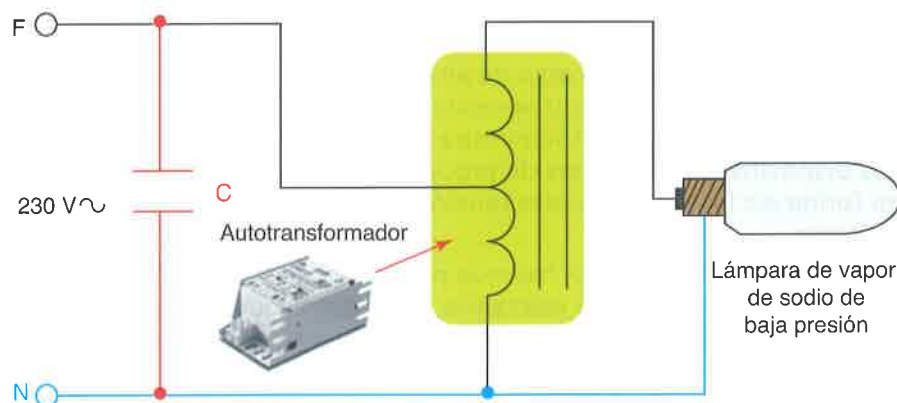


Figura 9.22. Esquema de conexión típico de una lámpara de vapor de sodio de baja presión.



Figura 9.23. Lámpara de vapor de sodio de baja presión.

Actividades

1. Realiza un inventario de las lámparas con las que cuentas en el aula-taller y confecciona una tabla con los siguientes apartados:

Tipo de lámpara	Potencia	Flujo luminoso	Posición de trabajo	Equipo de arranque	Aplicaciones
-----------------	----------	----------------	---------------------	--------------------	--------------

2. Realiza el montaje de una lámpara de vapor de sodio a baja presión de 100 W / 230 V (o similar), de acuerdo con el esquema de la figura 9.22. Después, resuelve los siguientes apartados:
 - a) Mide la intensidad que absorbe de la red y compárala con la de una lámpara incandescente estándar de 100 W / 230 V.
 - b) Mide la tensión de alimentación y la tensión de trabajo de la lámpara.
 - c) Observa el color de los objetos que se hallan en su entorno.
 - d) Cita varias razones por las cuales no se utiliza en el ámbito doméstico.
3. Busca, en el catálogo de al menos 2 fabricantes, todos los formatos que presentan los 4 tipos de lámparas de descarga de alta intensidad y confecciona con ellos una tabla resumen.
4. Como algunas reactancias son válidas para varios tipos de lámpara, indica con qué lámparas del inventario anterior son compatibles las reactancias con las que cuentas en el aula-taller. (Recuerda que hay que guiarse por el esquema facilitado por el fabricante).



Figura 9.24. Diferentes tipos de reactancias para lámparas de descarga de alta intensidad.



Figura 9.25. Arrancador o ignitor y conmutador o relé de emergencia.

Reactancias

Al igual que las lámparas fluorescentes, están formadas por bobinas de hilo de cobre con núcleos de hierro. Suministran la tensión para el encendido y limitan la corriente que circula por las lámparas.

Existen dos tipos principales de reactancias:

- **Reactancia en serie:** se conecta eléctricamente en serie con la lámpara y puede ir acompañada, en caso de ser necesario, de arrancadores para el encendido. Esta reactancia, como hemos visto, es el sistema más utilizado (en lámparas de vapor de mercurio, vapor de sodio de alta presión y halogenuros metálicos).
- **Reactancia autotransformadora:** se utilizada cuando la tensión de red no es suficiente para el funcionamiento de la lámpara, por lo que es necesario un sistema que la eleve hasta el valor adecuado (lámpara de vapor de sodio de baja presión).

Junto a estas, existen otros tipos para aplicaciones muy específicas, como las reactancias electrónicas (que permiten regular el flujo aunque no aumentan su eficacia luminosa) o reactancias de doble nivel (para ahorro energético).

Arrancadores

Algunas lámparas de descarga de alta intensidad (halogenuros metálicos y sodio de alta presión) necesitan una tensión de encendido muy elevada, que no puede ser suministrada únicamente por las reactancias. Los dispositivos encargados de proporcionar la tensión de encendido, en forma de impulsos de alta tensión, se denominan **arrancadores** o **ignitores**.

Al realizar su conexionado, hay que prestar especial atención a la **compatibilidad de arrancador y reactancia**, según los esquemas suministrados por el fabricante. Los arrancadores universalmente utilizados pueden ser básicamente de **2 hilos** o de **3 hilos**.

Otros dispositivos más sofisticados, con funciones añadidas, son: **arrancadores de encendido en caliente** (válidos para pocos tipos de lámparas), **arrancadores temporizados** (desactivan el funcionamiento del mismo si la lámpara no enciende por agotamiento o avería) y **conmutadores de emergencia**, los cuales dan paso de corriente a una lámpara de incandescencia durante el tiempo de reencendido de la lámpara de descarga. El conmutador y la lámpara incandescente suelen instalarse en la misma luminaria.

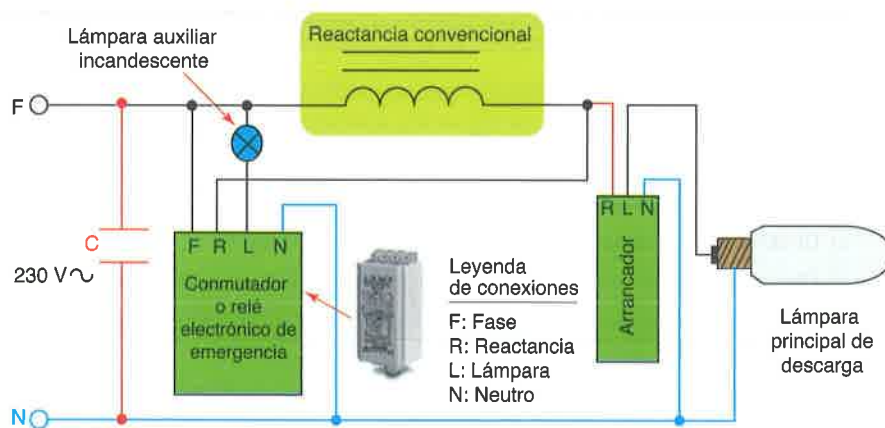


Figura 9.26. Esquema de conexión de una luminaria con conmutador de emergencia.

4. Regulación y control de iluminación

Los sistemas de regulación y control ofrecen una iluminación que se adapta a las necesidades de cada instalación y situación, creando ambientes adecuados para cada momento y proporcionando un alto grado de confort, al tiempo que un elevado ahorro de energía.

4.1. Regulación y control de lámparas led

Los led pueden ser fácilmente regulables reduciendo la corriente que circula a través de los ledes. Para ello, se utilizan dos técnicas diferentes:

- Regulación analógica. Varía la amplitud de la corriente.
- Modulación de anchura de impulso (PWM). Mantiene la amplitud constante pero el flujo de intensidad es interrumpido según una determinada frecuencia.

Para valores de luminosidad de luminosidad bajos, la regulación de luminosidad analógica tiene sus limitaciones, algo que no ocurre en control PWM. Para alcanzar un control y regulación optimizado, ambos métodos pueden ser combinados.

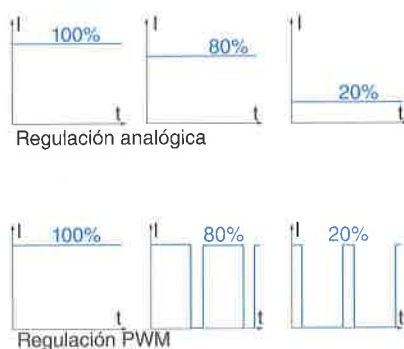


Figura 9.27. Tipos de regulación led.



Figura 9.28. Reguladores de lámparas led.

Saber más

Los controladores RGB son dispositivos que permiten cambiar el color de las lámparas led diseñadas a tal efecto. Además, pueden permitir la regulación de intensidad, el ajuste de brillos y la creación de efecto de flash.



Figura 9.29. Controlador RGB.

4.2. Regulación de flujo luminoso en lámparas fluorescentes

Este sistema requiere un balasto electrónico específico, que incluye una línea de control de 1 a 10 VCC y nos permite el control del flujo luminoso entre el 1 y el 100 % mediante una resistencia variable (potenciómetro o fotocélula). Hay que prestar atención al número máximo de balastos que es capaz de regular (normalmente entre 1 y 10). Cuando se requiere controlar mayor número de balastos, debe utilizarse un amplificador.

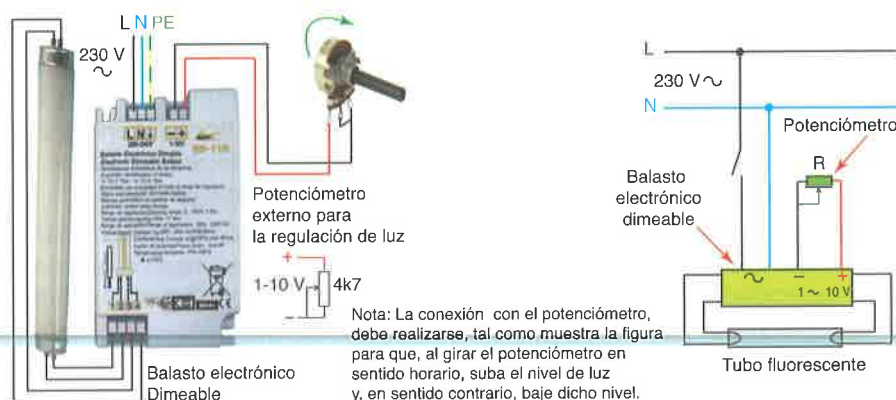


Figura 9.30. Esquema de conexión de regulación de fluorescentes.

4.3. Regulación de flujo luminoso en lámparas de alta intensidad

En instalaciones de alumbrado exterior, hay horas de poco tráfico en las que se puede reducir el nivel de iluminación utilizando reactancias de doble nivel de potencia. Inicialmente, estas reactancias dan los valores nominales de la lámpara, obteniéndose el flujo nominal. En el momento deseado, se conmuta a la toma de mayor impedancia de la reactancia, reduciéndose la potencia en ella. La conmutación entre el nivel máximo y el reducido se da mediante un relé que poseen estos equipos. En ambas situaciones, estos equipos necesitan dos condensadores independientes para mejorar el factor de potencia.

Saber más

Existen sistemas de regulación más sofisticados que incluyen una central de control. Esta recoge los niveles de iluminación mediante sensores, permitiendo regular el nivel de luz de forma programada. El protocolo de comunicación más extendido para este sistema es el denominado DALÍ.

El cambio de nivel de potencia se realiza con una señal eléctrica enviada a través de una línea de mando. No son aconsejables reducciones de potencia mayores, ya que puede aparecer falta de estabilidad en las lámparas. La reducción de potencia se puede hacer en las lámparas de vapor de sodio a alta presión y en las de vapor de mercurio, pero no es recomendable para las lámparas de halógenos metálicos, ya que pueden verse afectadas sus características y su vida útil.

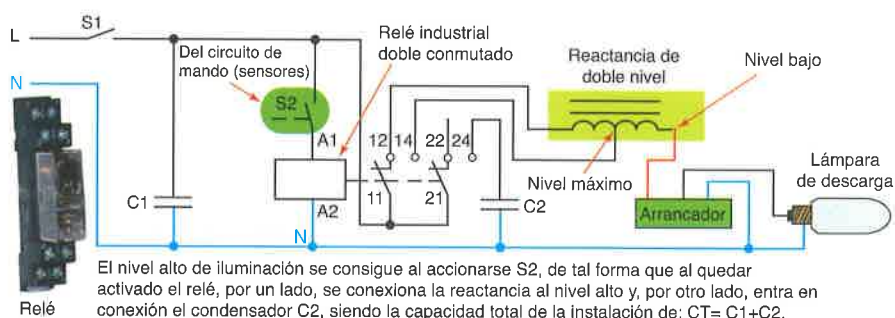


Figura 9.31. Esquema de conexión de una reactancia de doble nivel.

5. Luminarias

Las luminarias son las partes del equipo de alumbrado que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas alojadas en su interior. Además, contienen todos los elementos necesarios para su funcionamiento: balastos, *driver*, arrancadores, etc., incluyendo los elementos de protección y fijación.

5.1. Tipos de luminarias

Las luminarias se clasifican en:

- **Ópticas:** definen la forma y la distribución de la luz emitida, asegurando un reparto luminoso según el tipo de instalación (interior o exterior), evitando la contaminación lumínica y el deslumbramiento, y asegurando un rendimiento luminoso adecuado del conjunto lámpara-luminaria.
- **Eléctricas:** definen los grados de protección ante el riesgo de contactos eléctricos, la capacidad de albergar equipos eléctricos en su interior, así como la capacidad de soportar el calentamiento al que pueden estar sometidas.
- **Mecánicas:** definen los grados de protección mecánica (códigos IP-K) y la capacidad de los materiales con los que están construidas las luminarias para soportar los diferentes ambientes de instalación para los que han sido diseñadas.



5.2. Partes de las luminarias

Genéricamente, las luminarias constan de las siguientes partes:

- **Armadura o carcasa:** sirve como soporte y contiene todos los elementos de luminaria.
- **Equipos eléctricos:** serán los adecuados, según el tipo y las características de las lámparas incorporadas: reactancias y cebadores en caso de tubos fluorescentes, *driver* en caso de led, etc.
- **Reflectores:** reflejan el flujo emitido por las lámparas de la luminaria, modelando la forma y la dirección de este.
- **Difusores:** son los elementos de cierre de la luminaria en la dirección del flujo luminoso. Pueden ser de tipo opal liso, prismático, especular y reticular.
- **Filtros:** utilizados para realzar o atenuar ciertas características de la luz.

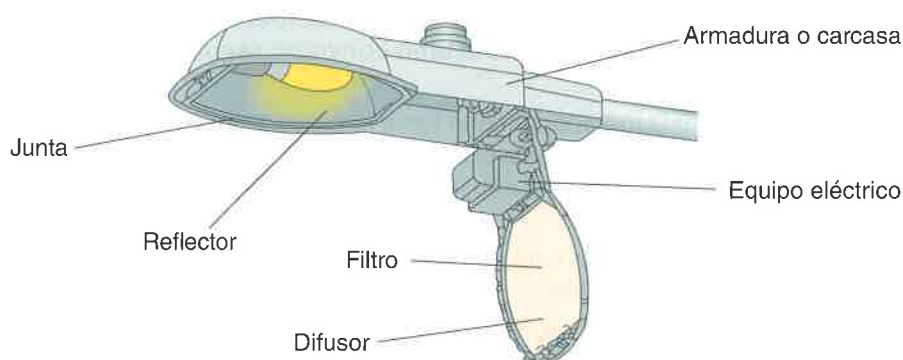


Figura 9.33. Luminarias.

Figura 9.32. Partes de una luminaria.

6. Diseño de alumbrado de interiores

Si iluminamos la superficie de una mesa con un foco de altura regulable, podemos observar que el nivel de iluminación en la mesa varía al modificar la altura de la lámpara, la potencia de la misma o la forma del foco (luminaria). Por eso, la característica fundamental a considerar en el diseño de alumbrado es el **nivel de iluminación** o **iluminancia**, que se define como el flujo luminoso recibido por unidad de superficie, cuya unidad es el **lux**, y que depende fundamentalmente de 3 parámetros:

- Situación de las luminarias.
- Forma y características de las luminarias.
- Flujo luminoso emitido por las luminarias.

$$\text{Nivel de iluminación: } E = \frac{\Phi}{S} \text{ medido en Lux}$$

Donde:

Φ es el flujo luminoso en lúmenes.

S es la superficie en m^2 .

El conocimiento de los niveles de iluminación adecuados para realizar determinadas actividades es fundamental a la hora de diseñar el alumbrado.

En la siguiente tabla, aparecen algunos niveles de iluminación recomendados por la Norma UNE 72163, según el tipo de actividad:

Tipo de actividad	E (Lux)
Zonas de circulación (pasillos)	50
Zonas comunes (recepción, aseos, etc.)	100
Almacenes	150
Comedores	250
Salas de estudio	300
Bares y cafeterías	300

Tipo de actividad	E (Lux)
Comercio tradicional	300
Oficinas y salas de conferencias	450
Trabajos manuales ordinarios	500
Grandes superficies, supermercados	700
Laboratorios	750
Trabajos de precisión	2000

Tabla 9.1. Niveles de iluminación recomendados, según el tipo de local y actividad.

Vocabulario

Luxómetro: este dispositivo convierte la energía luminosa en una señal eléctrica que, posteriormente, se amplifica y permite una fácil lectura en una escala calibrada de lux.

Mediante el aparato denominado **luxómetro**, podemos medir los niveles de iluminación de un emplazamiento y así tomar las medidas necesarias para mejorar la iluminación. Al realizar la medida, se debe consultar las instrucciones del fabricante, si bien conviene seguir las siguientes pautas:

- Antes de realizar la medida, se debe tapar la sonda correspondiente hasta que el luxómetro indique un nivel de iluminación cero; después, conviene esperar cinco minutos con el sensor expuesto a la luz antes de efectuar la lectura.
- Cuando se trate de tareas concretas, se debe medir en el plano de trabajo y con su misma inclinación.
- En las áreas de uso general, los niveles de iluminación han de obtenerse a una altura del suelo de 85 cm.
- En las vías de circulación, los niveles de iluminación han de obtenerse a ras del suelo.

Para calcular el número de lámparas necesarias en un emplazamiento determinado, existen aplicaciones informáticas desarrolladas por los fabricantes que permiten obtener el diseño con gran rapidez. También existen procedimientos de cálculo lumínico que utilizan las mismas variables, las cuales será preciso conocer a la hora de utilizar un método u otro.

El número de luminarias «N» viene dado por la expresión:

$$N = \frac{E \cdot S}{\Phi_L \cdot \rho}, \text{ donde las variables son:}$$

E: Nivel de iluminación requerido para el local, según la actividad a realizar (tabla 9.1).

S: Superficie del local.

Φ_L : Flujo luminoso emitido por la lámpara (dato dado por el fabricante).

ρ : Rendimiento lumínico de la instalación. Es el parámetro más variable de la instalación, pues depende de numerosos factores, entre los que se encuentran los siguientes:

- **Factor de utilización.** Depende del sistema de alumbrado empleado (directo, indirecto, directo-indirecto, semi-directo, semi-indirecto, general-difuso), del tipo de luminaria y de otras medidas de la instalación (local, altura de luminarias, altura del puesto de trabajo, etc.).
- **Factor de reflexión.** Depende del color de techo, paredes y suelo. Su valor se encuentra tabulado por los fabricantes, siendo sus márgenes de variación de 0,1-0,3, para suelos, y 0,3-0,5-0,8, para paredes y techos.



Figura 9.34. Luxómetro.



- **Factor de mantenimiento.** Depende del grado de limpieza de las luminarias. Oscila entre 0,85 (buen mantenimiento) y 0,5 (poco mantenimiento).
- **Factor de depreciación del flujo.** Como ya sabemos, el flujo luminoso de una lámpara disminuye a lo largo de su vida útil. Es un dato suministrado por el fabricante y su valor oscila entre 0,55 y 0,9.
- **Factor de conservación.** En ocasiones, el factor de mantenimiento y el factor de depreciación del flujo se agrupan en el de conservación. Este viene dado por el producto de ambos.

El factor de utilización se obtiene mediante las tablas del fabricante, a partir del tipo de luminaria, los factores de reflexión y un coeficiente denominado índice del local (K), que viene dado por la expresión:

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)}$$

Donde a y b son el ancho y el largo del local, y h es la distancia de las luminarias al plano de trabajo (todas ellas expresadas en m). El valor final del **rendimiento lumínico** (ρ) vendrá dado por la expresión:

$$\rho = \text{Factor utilización} \cdot \text{Factor mantenimiento} \cdot \text{Factor depreciación del flujo}$$

Ejemplo

Realizar el diseño de alumbrado de una oficina de 25 m de largo por 10 m de ancho y 3,25 m de altura. Las mesas de trabajo tienen 85 cm de altura. La oficina está pintada con paredes de color crema y techo blanco. Las mesas serán de color madera. El alumbrado se realizará con tubos led de 14 W, 2 100 lm y 1,2 m de largo instalados en luminarias para 4 tubos de tipo extensivo para alumbrado directo. Estas se instalan adosadas en el techo con plafón cerrado con difusor. El nivel de iluminación exigido es de 500 lux y se estima un factor de conservación por ensuciamiento de polvo y envejecimiento de las luminarias de 0,8.

$$\Phi = E \cdot S = 500 \cdot 250 = 125\,000 \text{ lm.}$$

La altura (h) entre el plano de trabajo y las luminarias será:

$$h = 3,35 \text{ m} - 0,85 \text{ m} = 2,5 \text{ m.}$$

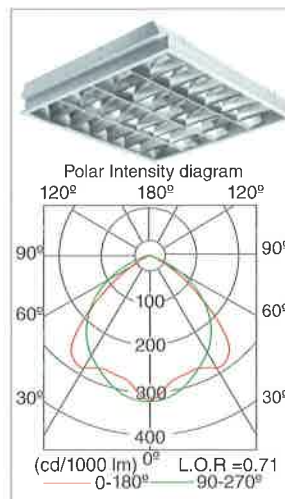
Por tanto el índice local será:

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} = \frac{25 \cdot 10}{2,5(25+10)} = 2,85$$

Según la tabla 9.2, para techo blanco (0,7), pared crema (0,5) y plano de trabajo madera (color de la mesa 0,3), con un índice local K que está entre 2,50 y 3,00, se obtiene un **factor de utilización medio** de:

$$Fu = (0,72 + 0,75)/2 = 0,735$$

Teniendo en cuenta el **factor de conservación de 0,8** obtenemos un flujo total y un número total de luminarias de:



Reflectancias para techo, paredes y plano de trabajo o suelo (CIE)											
	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,3	0,0
Techo	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,3	0,0
Pared	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1	0,3	0,1	0,0
Suelo	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Índice local K											
0,6	0,37	0,35	0,37	0,36	0,35	0,30	0,30	0,27	0,30	0,27	0,25
0,8	0,46	0,43	0,45	0,44	0,43	0,38	0,37	0,34	0,37	0,34	0,32
1,00	0,53	0,49	0,52	0,50	0,48	0,44	0,43	0,40	0,43	0,40	0,38
1,25	0,59	0,54	0,58	0,55	0,53	0,49	0,48	0,46	0,48	0,45	0,44
1,50	0,63	0,58	0,62	0,59	0,57	0,53	0,52	0,50	0,52	0,49	0,48
2,00	0,70	0,63	0,68	0,65	0,62	0,59	0,58	0,56	0,57	0,55	0,54
2,50	0,74	0,76	0,72	0,69	0,65	0,62	0,61	0,59	0,60	0,59	0,57
3,00	0,77	0,68	0,75	0,71	0,67	0,65	0,64	0,62	0,63	0,61	0,59
4,00	0,81	0,70	0,78	0,74	0,69	0,67	0,66	0,65	0,65	0,64	0,62
5,00	0,83	0,71	0,80	0,75	0,71	0,69	0,68	0,66	0,66	0,65	0,64

Tabla 9.2. Tabla para cálculo del factor de utilización dada por el fabricante.

$$\Phi_{\text{TOTAL}} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Factor de utilización} \cdot \text{Factor de conservación}} = \frac{125\,000}{0,735 \cdot 0,8} = 212\,585 \text{ lm}$$

Siendo el nº de lámparas de: $N = \frac{212\,585}{2\,100} = 101,23 \rightarrow \approx 104 \text{ lámparas} \rightarrow 26 \text{ luminarias}$ con 4 tubos led de 14 W cada una.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

Material

- Un interruptor automático de 2×10 A
- Un diferencial 2×25 A/30 mA
- Una fuente de alimentación 230 V_{AC}/12 V_{CC}
- Seis lámparas led 12 V_{CC}/3 W (o similar)
- Una batería 12 V/7 Ah
- Un relé industrial doble conmutado de 230 V/10 A
- Un interruptor horario digital de dos canales (o 2 interruptores horarios de esfera)
- Cajas de registro, tubos, cables, regletas de conexión, etc.

Instalación de un sistema de alumbrado led con tres escalones de potencia

Objetivo

Realizar el montaje que resuelve el caso práctico inicial, sustituyendo las 20 lámparas halógenas de 50 W por lámparas led, añadiendo los focos necesarios, ya que existen lámparas led del mismo formato que las lámparas halógenas. Además, la instalación dispondrá de tres escalones de potencia:

- Horario de máximo tránsito: 14 horas diarias.
- Horario de poco tránsito: 6 horas diarias.
- Horario de mínimo tránsito y suministro complementario (mediante batería) cuando se produce un apagón: 4 horas diarias.

Desarrollo

- En el cuadro de alumbrado de pasillo, se montarán todos los dispositivos: interruptor automático de 10 A, diferencial 2×25 A/30 mA, fuente de alimentación 230 VAC/12 VCC, batería plomo-ácido 12 V, contactores e interruptores horarios.
- Se instalarán 4 conductores (1 negativo y 3 positivos) para alimentar los 3 escalones de potencia (1/3 de la potencia total), aprovechando la canalización existente.

1. Cálculos de la instalación:

a) Inicialmente, hallamos el flujo total emitido por la instalación antigua que, como vimos anteriormente, es:

$$\Phi_{\text{TOTAL}} = 50 \text{ W} \cdot 20 \frac{\text{lm}}{\text{W}} \cdot 20 \text{ lámparas} = 20\,000 \text{ lm}$$

b) Como el nivel de iluminación es adecuado, no se van a cambiar las luminarias (focos) ni va a cambiar el rendimiento lumínico ($\rho = 0,81$). La potencia total a instalar será:

$$P = \frac{20\,000 \text{ lm}}{90 \frac{\text{lm}}{\text{W}}} = 222,2 \text{ W} \rightarrow P_{\text{escalón}} = \frac{222,2 \text{ W}}{3 \text{ escalones}} = 74 \text{ W}$$

Colocaríamos 20 lámparas led de 4 W en cada escalón de potencia, con lo cual se obtiene:

$$P_{\text{TOTAL}} = 20 \text{ lámparas} \cdot 4 \text{ W} \cdot 3 \text{ escalones} = 240 \text{ W}$$

$$\Phi_{\text{TOTAL}} = 240 \text{ W} \cdot 90 \frac{\text{lm}}{\text{W}} = 21\,600 \text{ lm}$$

Por tanto, se instalarán un total de 60 lámparas de 12 V/4 W, separadas 1 m. En cada escalón de potencia, se activarán 20 lámparas; además, se conservarán 20 focos, añadiendo los 40 restantes. El flujo total aumentará hasta 21600 lm.

El esquema de distribución en planta de la instalación es el de la figura:

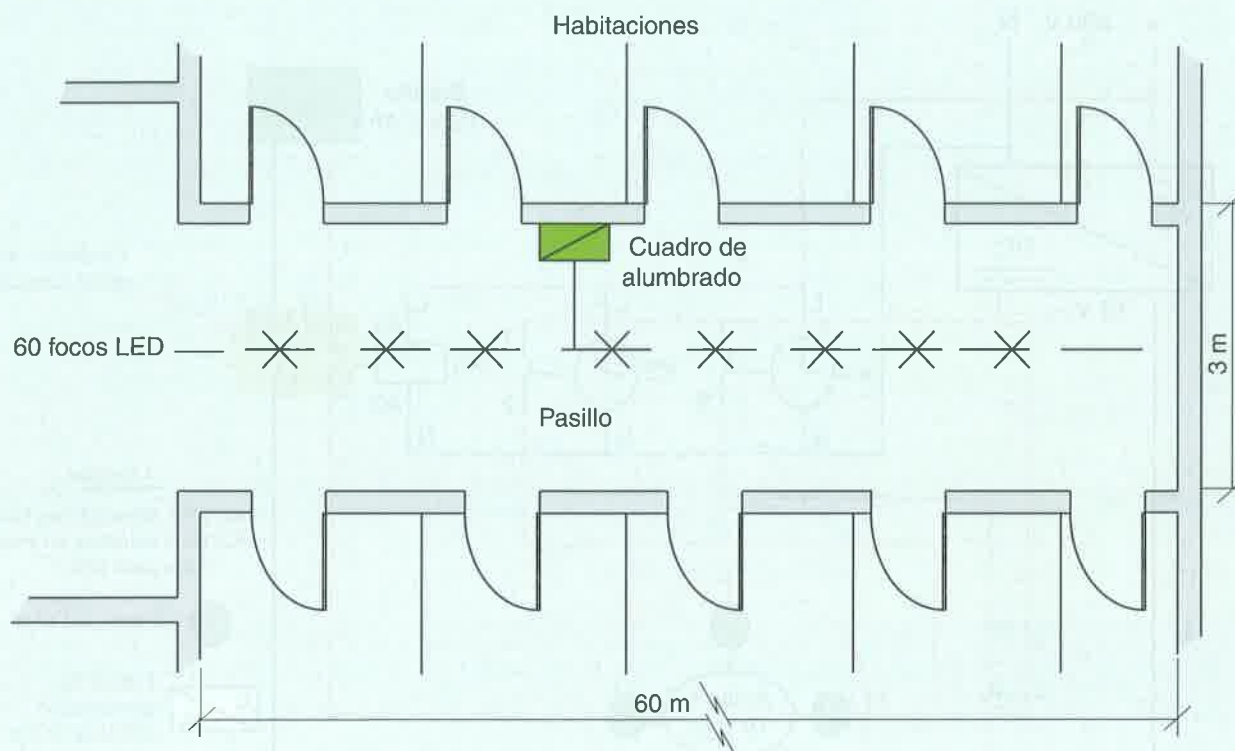


Figura 9.35. Esquema de distribución en planta de la instalación de iluminación led.

- c) Sección de la línea a 12 VCC para alimentar las 60 lámparas si los datos de la canalización son: conductores unipolares bajo tubo, de cobre y aislamiento XLPE. Al encontrarse el cuadro de alumbrado en la mitad del pasillo, se tenderán 2 líneas, que se cerraran en anillo.

$$I = \frac{240 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 20 \text{ A} \quad S = \frac{2 \cdot 30 \text{ m} \cdot 4 \text{ W} \cdot 30 \text{ lámparas}}{56 \cdot 0,36 \text{ V} \cdot 12 \text{ V}} = 29 \text{ mm}^2$$

Al cerrarse en anillo, se reduce la sección a la mitad; por tanto, tomaríamos una sección de **16 mm²** para el negativo y 1/3 de la sección para cada escalón de potencia; es decir, 3 conductores de **6 mm²** para los positivos.

- d) La batería necesaria para el suministro complementario, dado que suministra 1/3 de la potencia cuya intensidad es $20 \text{ A} / 3 = 6,33 \text{ A}$, sería de **12 V/7 Ah** (o superior). Esta batería suministraría una autonomía de una hora en caso de ser necesario.

- e) La fuente de alimentación sería de **230 VAC/12VCC de 20 A** (o superior).

- f) Ahorro energético en un año de funcionamiento.

La instalación halógena estaba funcionando de manera continua a toda potencia. Por tanto:

$$\text{Gasto} = 0,05 \text{ kW} \cdot 20 \text{ focos} \cdot 24 \text{ horas} \cdot 365 \text{ días} \cdot 0,12 \frac{\text{€}}{\text{kW/h}} = 1051,2 \text{ €}$$

La instalación led con funcionamiento parcial en 3 tramos de potencia sería:

$$\text{Gasto} = (0,004 \text{ kW} \cdot 60 \text{ focos} \cdot 14 \text{ h} + 0,004 \text{ kW} \cdot 40 \text{ focos} \cdot 6 \text{ h} + 0,004 \text{ kW} \cdot 20 \text{ focos} \cdot 4 \text{ h}) \cdot 365 \text{ días} \cdot 0,12 \text{ €/kW/h} = 203,3 \text{ €}$$

Teniendo en cuenta el número de pasillos similares del hotel, el ahorro anual sería significativo; además, habría que añadir el ahorro en mantenimiento, ya que la vida útil de ambas lámparas es de 50 000 horas frente a 2 500 horas (se desprecian los gastos energéticos de los transformadores y de la fuente de alimentación).

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

continuación

2. Realiza el esquema eléctrico de la instalación.

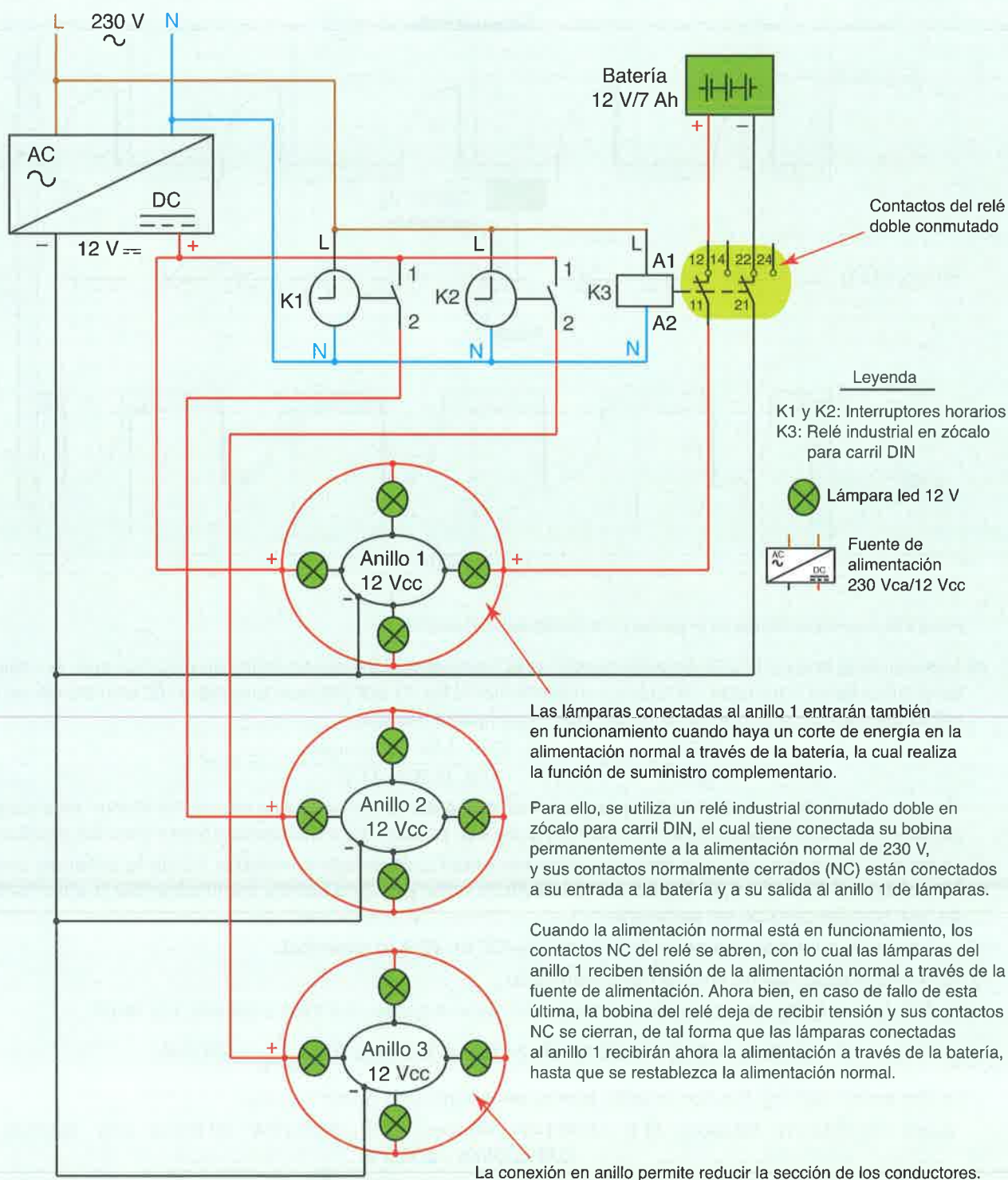


Figura 9.36. Esquema multifilar de la instalación de alumbrado led con tres escalones.

Nota: el funcionamiento del relé industrial doble conmutado que se utilizará está descrito en la figura 9.38 de la Práctica Profesional Resuelta 2 de esta unidad.

3. Realiza el montaje de la instalación y acciona los interruptores horarios para comprobar los 3 niveles de potencia. Interrumpe el suministro a través del interruptor general y comprueba el funcionamiento del suministro complementario.

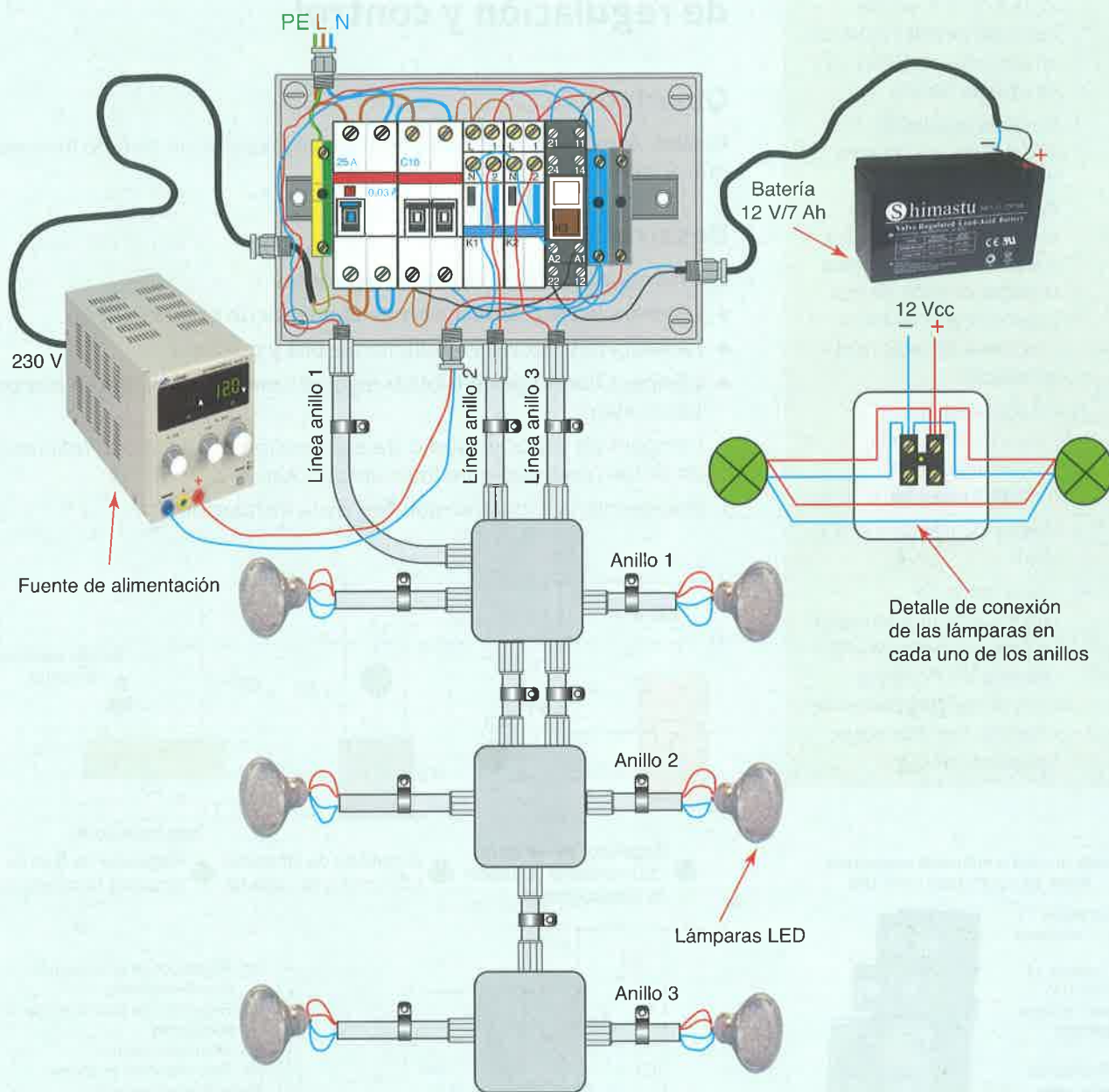


Figura 9.37. Esquema de montaje de la instalación de iluminación.

Para simular el montaje, utiliza los siguientes elementos:

- Una fuente de alimentación 230 VAC/12 VCC/1 A (o similar).
- Seis lámparas led 12 VCC/ 3 W (o similar).
- Una batería de plomo-ácido 12 V/7 Ah (o similar).
- Utilizar un interruptor horario digital de dos canales; en caso contrario, emplea dos interruptores horarios de esfera, tal como se muestra en la figura anterior.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 2

Material

- Un interruptor automático de 2×10A, un diferencial 2×25 A/30 mA, un relé industrial de 230 V/10 A, un zócalo para carril DIN y un interruptor horario
- Dos lámparas led de 230 V/10W, una lámpara fluorescente tubular de 18 W, una reactancia electrónica dimeable para tubo de 18 W, una lámpara de vapor de sodio de alta presión de 100 W/230 V, reactancia de doble nivel y arrancador
- Un regulador de potenciómetro y una pastilla reguladora mediante pulsador
- Dos condensadores de 8 y 13 μF
- Un pulsador, un conmutador, un interruptor, un potenciómetro de 4k7, canaleta 10×15, cables, cajas de registro, bornes de conexión, portalámparas, casquillos, etc.

Relé auxiliar o industrial conmutado doble en zócalo para carril DIN

Contactos 11 y 21 comunes

Contacto 14 y 24 (NA) Normalmente abiertos

Zócalo para alojar relés en carril DIN

Relé 230 V/10 A

Contactos A1, A2

Contactos 12 y 22 (NC) Normalmente cerrados



Figura 9.38. Relé industrial conmutado doble.

Fabricación de un expositor de lámparas con diferentes tipos de regulación y control

Objetivo

Realizar el montaje de los diversos tipos de regulación de flujo luminoso que admiten las diferentes lámparas.

Desarrollo

Los montajes a realizar serán los siguientes:

- Lámpara led regulada mediante regulador de potenciómetro.
- Lámpara led regulada mediante pastilla y pulsador.
- Lámpara fluorescente tubular regulada mediante regulador por potenciómetro.
- Lámpara de vapor de sodio de alta presión regulada con reactancia de doble nivel mediante interruptor horario.

1. Representa el esquema multifilar de la instalación.

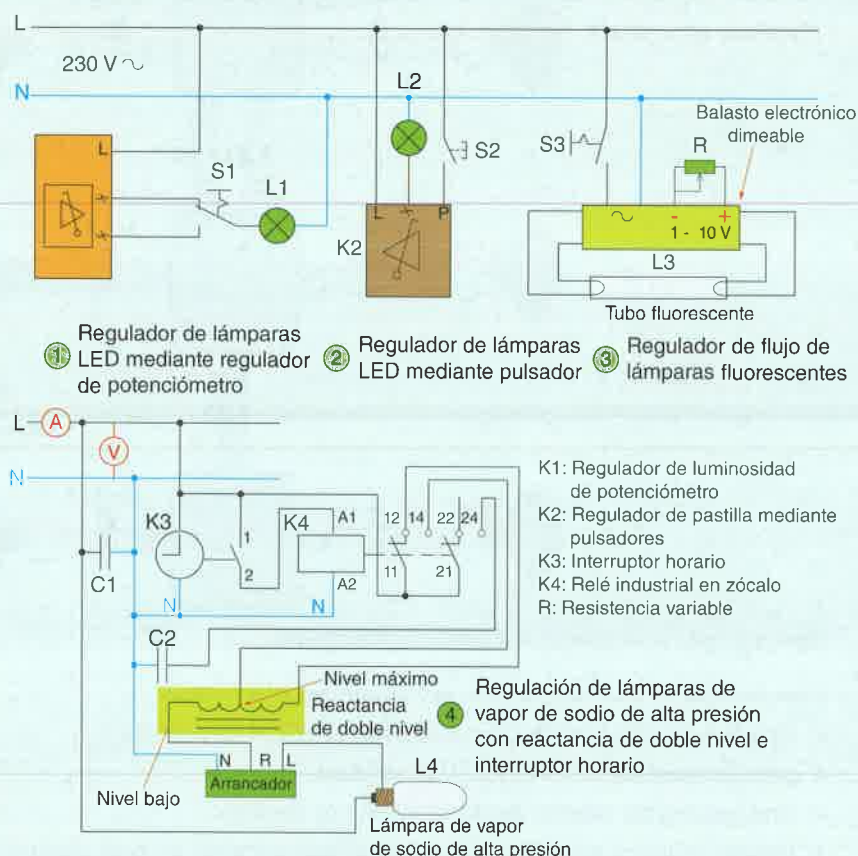


Figura 9.39. Esquema multifilar de la instalación.

- Realiza el montaje de la instalación según se muestra en la figura 9.40 y acciona los pulsadores, el interruptor, el potenciómetro y el interruptor horario, y comprueba su funcionamiento.
- Mide la tensión e intensidad de la lámpara VSAP cuando desarrolla el nivel alto de potencia y calcula la relación (coeficiente) entre la potencia aparente absorbida y la potencia nominal de la lámpara. Las lecturas obtenidas son: $V = 224 \text{ V}$; $I = 0,68 \text{ A}$.

Por tanto: $S = 224 \text{ V} \cdot 0,68 \text{ A} = 152,3 \text{ VA}$; $K(\text{coeficiente}) = \frac{152 \text{ VA}}{100 \text{ W}} = 1,52$

- Calcula la sección y protección de una línea de 100 m a 230 V para alimentar 14 lámparas VSAP idénticas a las del montaje, sabiendo que dichas luminarias van instaladas en la fachada de una urbanización. Representa el esquema multifilar de la instalación, sabiendo que se activará de forma centralizada al anochecer mediante interruptor crepuscular.

Nota: se emplearán 2 cables + tierra tipo H07VV-K (conductor de cobre clase 5 con aislamiento y cubierta de PVC) bajo tubo no propagador de llama.

La potencia total de la instalación (con $\cos \varphi$ mejorado a 0,95 según fabricante) será:

$$P = 14 \text{ lámparas} \cdot 152,3 \text{ VA/lámpara} \cdot 0,95 = 2025 \text{ W}$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{2025}{230 \cdot 0,95} = 9,26 \text{ A} \quad S = \frac{2025 \text{ W} \cdot 100 \text{ m}}{48 \cdot 6,9 \text{ V} \cdot 230 \text{ V}} = 2,65 \text{ mm}^2$$

Por tanto, la sección será de 4 mm² con protección de 20 A y tubo de diámetro 20 mm (según ITC-BT-21).

El esquema multifilar se representa en la figura 9.41.

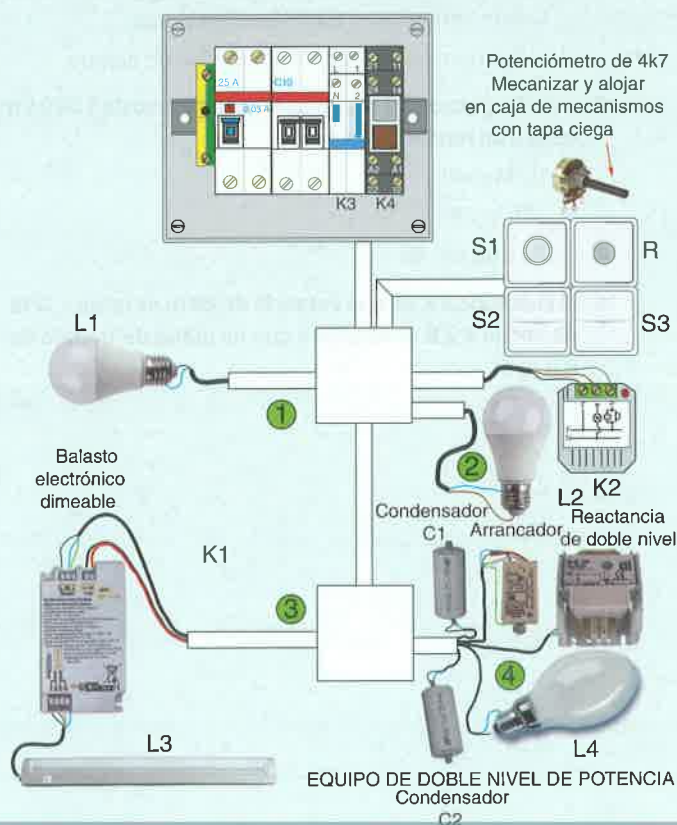


Figura 9.40. Esquema de montaje.

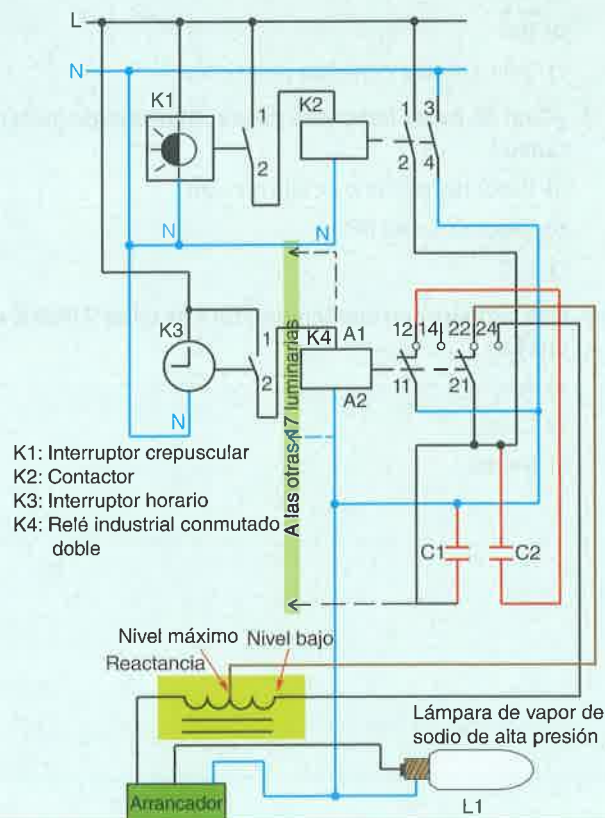


Figura 9.41.

TEST DE EVALUACIÓN

RESUELVE EN TU CUADERNO O BLOC DE NOTAS

1. Señala en cada casilla un número del 1 al 6, siendo «6» la lámpara que mejores características presenta respecto a las unidades indicadas.

Lámpara	lm/W	IRC	Horas
Fluorescente estándar			
Vapor de sodio de alta presión			
Fluorescente compacta			
Vapor de mercurio de alta presión			
Led			
Halógeno			

2. ¿Se debe regular el flujo de las lámparas de alta intensidad del 0 al 100 %?

- a) Sí.
- b) No.
- c) Solo a media y máxima potencia.

3. ¿Cuál de estas lámparas posee reencendido instantáneo?

- a) Vapor de mercurio de alta presión.
- b) Vapor de sodio BP.
- c) Led.

4. Una lámpara con una temperatura de color 2 800 K es una luz:

- a) Fría.
- b) Cálida.
- c) Neutra.

5. ¿Cuál es el equipo que acompaña a una lámpara de vapor de mercurio?

- a) Reactancia y arrancador.
- b) Reactancia.
- c) No existe, ya que se conecta directamente a la red.

6. ¿Cómo se denomina el sistema electrónico que controla el funcionamiento de la lámpara led?

- a) Matriz.
- b) Driver.
- c) Retrofit.

7. La vida útil de las lámparas led, en comparación con las lámparas de incandescencia estándar, puede llegar a ser:

- a) El doble.
- b) Hasta 50 veces mayor.
- c) Igual.

8. El nivel de iluminación mide:

- a) El flujo luminoso recibido por unidad de superficie.
- b) La cantidad total de luz emitida por segundo por una fuente luminosa en todas las direcciones.
- c) El flujo luminoso recibido por unidad de tiempo.

9. Una lámpara de 20 W con un flujo luminoso de 5 600 lm tendrá un rendimiento de:

- a) 112 lm/kW.
- b) 280 lm/W.
- c) 112 000 lm · W.

10. El índice local K de una estancia de 20 m de largo × 12 m de ancho y 2,8 m de altura con un plano de trabajo de 0,8 m es:

- a) 4,66.
- b) 1,68.
- c) 2,67.

ACTIVIDADES FINALES

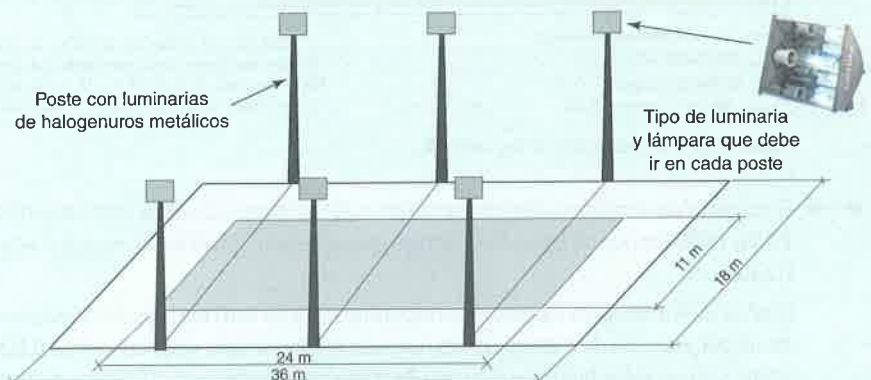
- 1. Realizar el montaje eléctrico de una pantalla fluorescente 36 W/230 V, de acuerdo con el esquema de la figura 9.14 (lámpara más reactancia electrónica), respondiendo a los siguientes apartados:
 - a) Mide la tensión de trabajo de la lámpara.
 - b) Mide la tensión e intensidad de alimentación.
 - c) Calcula el gasto energético en 100 horas de funcionamiento (1 kWh cuesta 0,12 €).
- 2. Realizar el montaje eléctrico de una lámpara de vapor de mercurio de 230 V/125 W, de acuerdo con el esquema de la figura 9.17 (lámpara y reactancia), respondiendo a los siguientes apartados:
 - a) Mide la tensión de trabajo de la lámpara transcurridos 5 minutos desde el encendido.
 - b) Mide la tensión e intensidad de alimentación.
 - c) Conecta un condensador de 10 μF y repite los apartados anteriores.
 - d) Deduce la relación (coeficiente) entre la potencia aparente absorbida y la potencia nominal de la lámpara en ambos casos (con condensador y sin condensador).
- 3. Realizar el montaje eléctrico de una lámpara de halogenuros metálicos de 230 V/100 W, su reactancia y su arrancador, de acuerdo con el esquema de la figura 9.21. Resuelve los siguientes apartados:
 - a) Mide la tensión de trabajo de la lámpara, transcurridos 5 minutos desde el encendido.
 - b) Mide la tensión e intensidad de alimentación.
 - c) Conecta un condensador de 6 μF y repite los apartados anteriores.
 - d) Conecta un condensador de 13 μF y repite los apartados anteriores.
 - e) Deduce la relación (coeficiente) entre la potencia aparente absorbida y la potencia nominal de lámpara en los 3 casos (sin condensador, con condensador de 6 μF y con condensador de 13 μF).
- 4. Se desea iluminar una cancha deportiva cuyas dimensiones son de 24 $\times$ 11 m y cuyo perímetro está rodeado por una superficie, siendo el total de 36 $\times$ 18 m. Sobre dicho perímetro, se colocarán proyectores de halogenuros metálicos sobre 6 postes.

Se pide:

 - a) Seleccionar el tipo de lámpara de la tabla ofrecida por el fabricante y, en función de eso, determinar el número total de lámparas y las que deben ir en cada uno de los 6 postes si el nivel de iluminación necesario para la pista de la cancha deportiva es de 350 lux, y se estima un $F_u = 0,65$ y un $F_c = 0,6$.
 - b) Calcular la potencia eléctrica total instalada.

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)
75	5 700
100	8 500
150	13 800
250	20 000
400	33 000
1000	80 000
2 000	210 000

Tabla 9.3. Características de las lámparas de halogenuros metálicos dadas por el fabricante GEWISS.



Nota: se utilizarán lámparas de halogenuros metálicos, debido a su alto índice de reproducción de colores (IRC), lo que las hace idóneas para iluminación de canchas deportivas, además de permitir una buena calidad de iluminación para la realización de fotografías o retransmisiones deportivas.

Figura 9.42. Plano de ubicación de luminarias en la cancha deportiva.

ACTIVIDADES FINALES

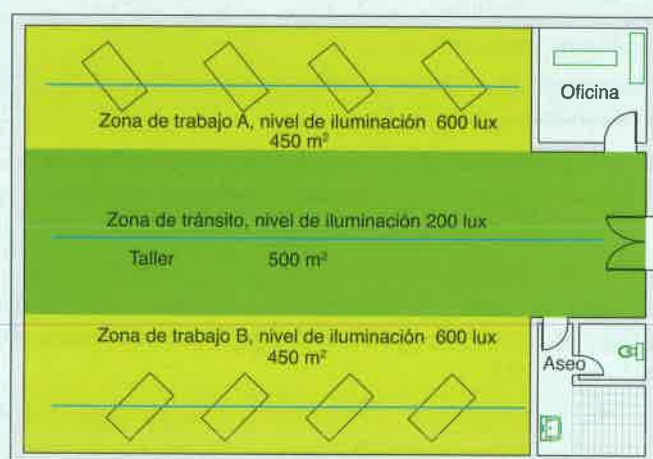
5. Se desea iluminar una nave de un taller de mecanizado de piezas, donde en la zona de máquinas (tornos, fresadoras, rectificadoras, etc.) se necesita un nivel de iluminación elevado, dadas las características de la actividad. Dicho nivel es de 600 lux. En la zona de tránsito, el nivel de iluminación es menor, siendo este de 200 lux. En el plano de la figura, se indican las dimensiones de cada una de las zonas a iluminar.

Se pide:

- Determinar el número de luminarias en cada una de las zonas, teniendo en cuenta que cada luminaria tendrá una lámpara de vapor de mercurio de alta presión de 250 W, cuyo flujo luminoso indicado por el fabricante es de 13 000 lm.
- Dibuja el esquema de distribución en planta del alumbrado, realizando una distribución de tres líneas de alumbrado repartidas de forma uniforme por todo el taller, indicando sobre dicho plano a qué fase se conectarán cada una de las luminarias.
- Calcula la potencia de cada una de las líneas, así como la sección de los conductores y las protecciones, teniendo en cuenta que la distancia de todas las líneas es de 58 m.

Nota: se tendrán en cuenta un **factor de utilización de 0,47**, calculado en función de los colores de las paredes, techo y suelo, altura, etc., y un **factor de conservación de 0,68**, calculado teniendo en cuenta la pérdida de luz por envejecimiento de las lámparas y ensuciamiento por el polvo de ambiente.

Teniendo en cuenta estos datos, dividir el resultado del número de lámparas por el producto de estos dos valores para obtener el número de lámparas totales en cada una de las zonas.



— Canalización de las líneas de alumbrado

Nota: factor de utilización 0,47.
Factor de conservación 0,68

Detalle de canalización y sujeción de las luminarias a instalar en el taller



(1) Debido a la actividad del taller, es imprescindible que las luminarias posean una lámpara auxiliar halógena. Esto permitirá que, en cortes de suministro, cuando se restablezca de nuevo la alimentación, la nave quede iluminada por esta lámpara hasta que la lámpara principal (lámpara de vapor de mercurio) haya arrancado de nuevo.

Figura 9.43. Plano del taller de mecanizado.

6. En unos laboratorios, se decide cambiar las 84 luminarias existentes compuestas cada una por 4 tubos fluorescentes de 20 W, 1500 lm por otras nuevas luminarias adosadas en el techo en cuyo interior se alojan 4 tubos led de 14 W, 1200 lm (tabla 9.2).

El nivel de iluminación exigido en el laboratorio es de 400 lux. Las dimensiones son: 35 m de largo, 14 m de ancho y 3,15 m de altura. El plano de trabajo de las mesas del laboratorio se encuentra a 0,82 m. Se tendrá en cuenta que el techo y paredes son de color blanco y el plano de trabajo, de color crema (mesas de trabajo). Se estima un factor de conservación por envejecimiento de las lámparas y mantenimiento de las mismas de $fc = 0,82$.

Se pide:

- Calcular el número de luminarias led necesarias.
- Calcular el ahorro anual que supone el cambio (precio energía eléctrica: 0,12 €/kWh).

Material

■ Cuaderno

Estudio comparativo entre lámparas led y lámparas de descarga para iluminación interior de una nave industrial

Planteamiento

Se va a diseñar la instalación de alumbrado de una nave industrial de 30 m de largo, 15 m de ancho y 7,5 m de altura. Para la iluminación directa de la nave, se va a elegir entre dos tipos de luminarias de uso industrial con flujos luminosos similares: luminarias de vapor de mercurio de alta presión (VMAP) y luminarias led.

Las paredes son de hormigón (0,3), el suelo es de hormigón fratasado (0,1) y el techo es de chapa galvanizada (0,7). Las luminarias se instalan a 6,5 m de altura. El nivel de iluminación requerido para el proceso industrial es de 700 lux, medidos a nivel del suelo (el plano de trabajo será este nivel).

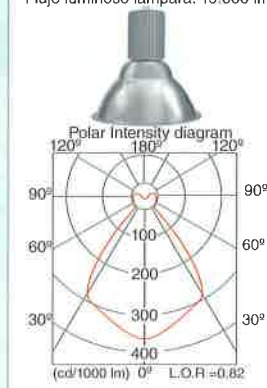
Se establece un factor de conservación $fc = 0,65$. Para obtener este factor, se ha tenido en cuenta que se instalan en un ambiente industrial con ciclos de mantenimiento cada 3 años.

Desarrollo

1. Las características dadas por el fabricante son las siguientes:

- a) Luminarias con lámparas de vapor de mercurio de alta presión (VMAP) de 250 W (19 000 lm).

Luminaria: 4ME450 P-MB 1xHPI-P250W
Flujo luminoso lámpara: 19.000 lm

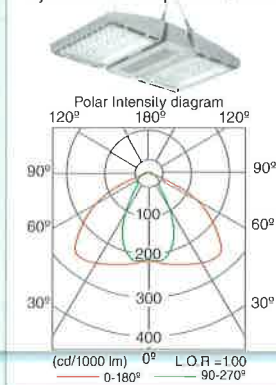


Reflectancias para techo, paredes y plano de trabajo o suelo (CIE)											
Techo	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,3	0,0
Pared	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1	0,3	0,1	0,0
Suelo	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Índice local K											
0,6	0,46	0,43	0,44	0,43	0,42	0,37	0,36	0,33	0,35	0,32	0,30
0,8	0,53	0,50	0,52	0,50	0,54	0,49	0,42	0,39	0,40	0,37	0,35
1,00	0,60	0,55	0,58	0,56	0,54	0,49	0,47	0,44	0,45	0,42	0,39
1,25	0,65	0,60	0,63	0,61	0,58	0,54	0,51	0,48	0,49	0,46	0,43
1,50	0,70	0,63	0,67	0,64	0,62	0,57	0,55	0,52	0,52	0,50	0,45
2,00	0,77	0,68	0,73	0,70	0,66	0,63	0,60	0,57	0,56	0,54	0,50
2,50	0,81	0,72	0,77	0,73	0,69	0,66	0,63	0,60	0,59	0,58	0,53
3,00	0,84	0,74	0,80	0,76	0,72	0,69	0,65	0,63	0,61	0,60	0,55
4,00	0,88	0,76	0,84	0,79	0,74	0,72	0,68	0,66	0,64	0,62	0,57
5,00	0,91	0,78	0,86	0,80	0,75	0,73	0,69	0,68	0,65	0,64	0,58

Tabla 9.4. Tabla de cálculo del factor de utilización luminaria VMAP 250 W.

- b) Luminarias con lámparas led de 200 W (20 000 lm).

Luminaria: BY461P 1xLED200S
Flujo luminoso lámpara: 20.000 lm



Reflectancias para techo, paredes y plano de trabajo o suelo (CIE)											
Techo	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,3	0,0
Pared	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1	0,3	0,1	0,0
Suelo	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Índice local K											
0,6	0,57	0,55	0,57	0,56	0,55	0,50	0,50	0,46	0,50	0,45	0,46
0,8	0,67	0,64	0,67	0,65	0,64	0,59	0,58	0,55	0,58	0,55	0,53
1,00	0,75	0,71	0,75	0,73	0,71	0,66	0,66	0,62	0,65	0,62	0,60
1,25	0,83	0,78	0,82	0,80	0,77	0,73	0,72	0,69	0,72	0,68	0,67
1,50	0,89	0,82	0,87	0,84	0,82	0,77	0,77	0,74	0,76	0,73	0,72
2,00	0,97	0,89	0,96	0,92	0,88	0,85	0,84	0,81	0,83	0,81	0,79
2,50	1,03	0,93	1,01	0,97	0,92	0,89	0,89	0,86	0,87	0,85	0,84
3,00	1,07	0,96	1,05	1,00	0,95	0,92	0,91	0,89	0,90	0,88	0,87
4,00	1,12	0,99	1,10	1,04	0,98	0,96	0,95	0,93	0,93	0,92	0,90
5,00	1,16	1,01	1,13	1,06	1,00	0,98	0,97	0,95	0,95	0,94	0,92

Tabla 9.5. Tabla de cálculo del factor de utilización luminaria led 200 W.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

continuación

2. Calcula el flujo luminoso necesario y el índice local K de la nave.

$$\Phi = E \cdot S = \dots\dots\dots (\text{lm})$$

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} = \dots\dots$$

3. Calcula el factor utilización para cada una de las luminarias utilizando las tablas dadas por el fabricante.

Luminaria	K	Techo	Pared	Suelo	Factor de utilización	Factor de conservación
Luminaria V.M.A.P.						0,65
Luminaria led						

4. Calcula el flujo luminoso total necesario para cada luminaria.

Flujo luminoso total Φ_{TOTAL} (lm)	Φ_{TOTAL} VMAP (lm)	Φ_{TOTAL} led (lm)
$\Phi_{\text{TOTAL}} = \frac{\text{Flujo luminoso necesario}}{\text{Factor de utilización} \cdot \text{Factor de conservación}}$		

5. Calcula el número mínimo de luminarias necesarias (n° par, de un tipo y de otro), teniendo en cuenta que cada luminaria posee una sola lámpara ($n = 1$). Calcula la potencia total instalada para cada caso.

Nº mín. de luminarias	VMAP	Led
$N = \frac{\Phi_{\text{TOTAL}}}{n \cdot \Phi_{\text{Lámp}}}$	Nº luminarias =	Nº luminarias =
	Pot. total = (kW)	Pot. total = (kW)

6. Con arreglo a las ecuaciones siguientes, calcula la distancia entre luminarias y representa sobre el plano de la figura los puntos donde se deben ubicar las luminarias led.

$$N_{\text{ANCHO}} = \sqrt{\frac{N_{\text{TOTAL}} \cdot \text{ancho}}{\text{largo}}} = \dots\dots$$

$$N_{\text{LARGO}} = N_{\text{ANCHO}} \cdot \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \right) = \dots\dots$$

N_{TOTAL} = Nº de luminarias totales a instalar; N_{ANCHO} = Nº de luminarias colocadas a lo ancho;

N_{LARGO} = Nº de luminarias colocadas a lo largo.

largo = 30 metros

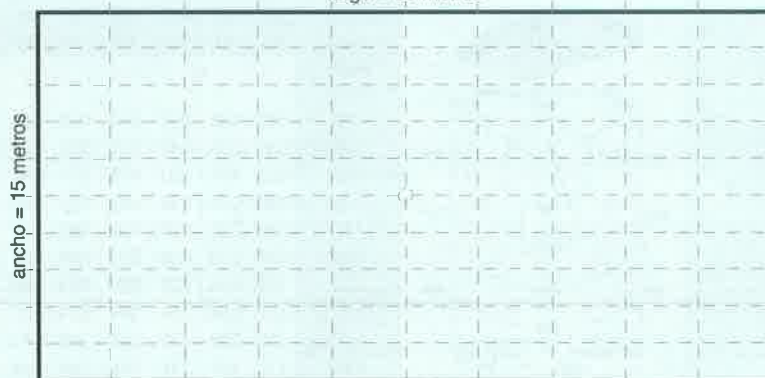
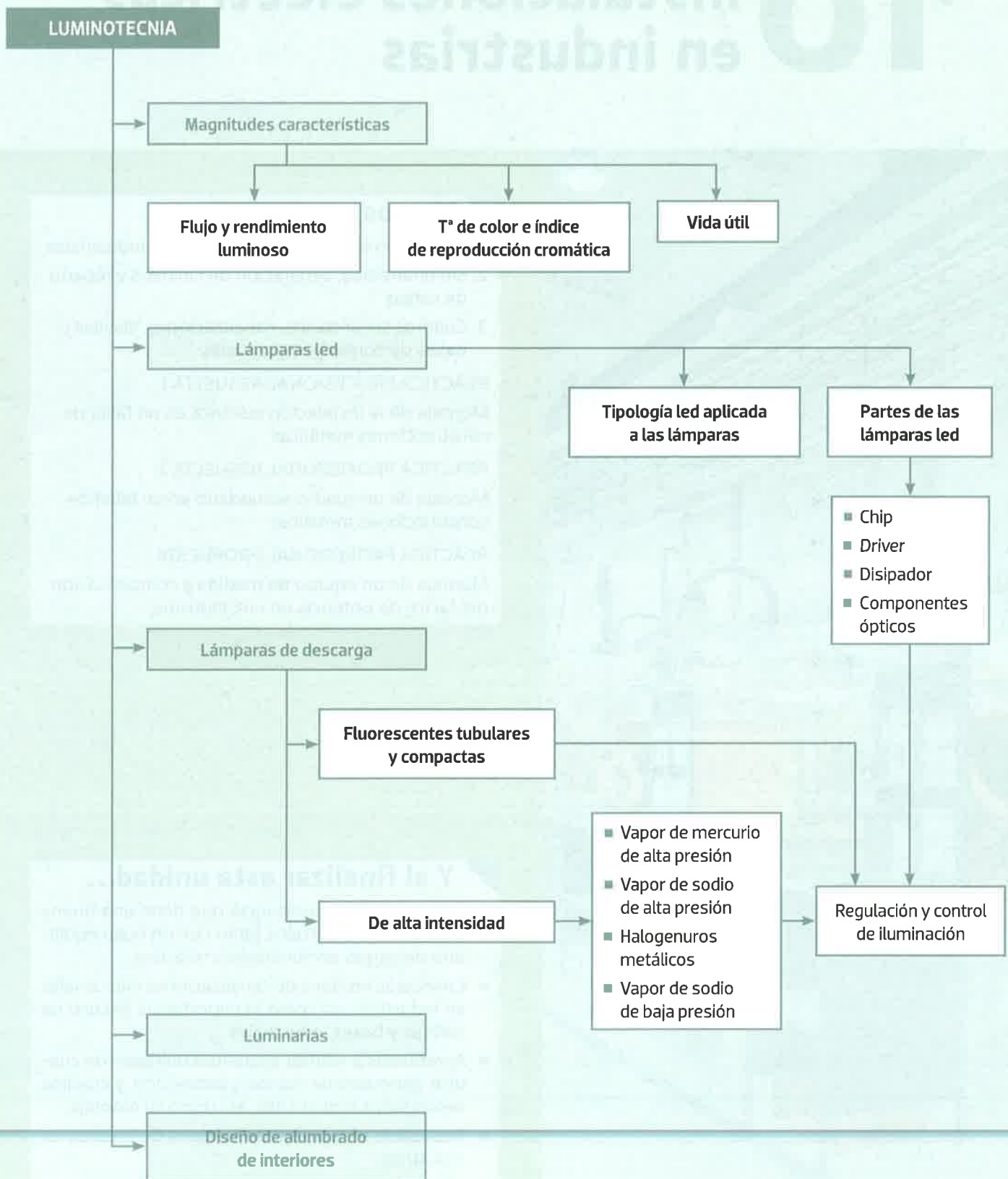


Figura 9.44.

EN RESUMEN



10 Instalaciones eléctricas en industrias



Vamos a conocer...

1. Suministro eléctrico en instalaciones industriales
2. Simultaneidad, separación de circuitos y reparto de cargas
3. Cuadros secundarios, canalizaciones, clavijas y bases de corriente industriales

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

Montaje de la instalación eléctrica en un taller de construcciones metálicas

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 2

Montaje de un cuadro secundario en un taller de construcciones metálicas

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Montaje de un equipo de medida y compensación del factor de potencia en una industria

Y al finalizar esta unidad...

- Aprenderás la importancia que tiene una buena separación de circuitos junto con un buen equilibrio de cargas en suministros trifásicos.
- Conocerás los tipos de canalizaciones más usuales en industrias, así como la importancia del uso de clavijas y bases industriales.
- Aprenderás a realizar esquemas unifilares de cuadros generales de mando y protección, y cuadros secundarios industriales, así como su montaje.
- Realizarás el montaje de equipos de medida en industrias.
- Montarás una instalación eléctrica industrial.

1. Suministro eléctrico en instalaciones industriales

En las industrias medianas y grandes, debido a la alta demanda de potencia, se utiliza por lo general un centro de transformación (CT) exclusivo para la industria, denominado **CT de abonado o cliente**, el cual convierte la alta tensión de la red eléctrica en baja tensión. La denominación que las compañías eléctricas adjudican al suministro en BT es B1, para 125/230 V y B2 para 230/400 V que, como sabemos, es el más utilizado.

Cuando la instalación demanda una **intensidad superior a 63 A**, lleve CT propio o no, la reglamentación exige que el suministro sea trifásico, que se facture la energía reactiva y que su potencia sea controlada mediante maxímetro; por tanto, su equipo de medida se compone de contador trifásico de activa y reactiva con maxímetro, aunque cabe destacar que hoy en día se está imponiendo el uso del **contador electrónico multifunción**, capaz de realizar estas medidas en un solo aparato.

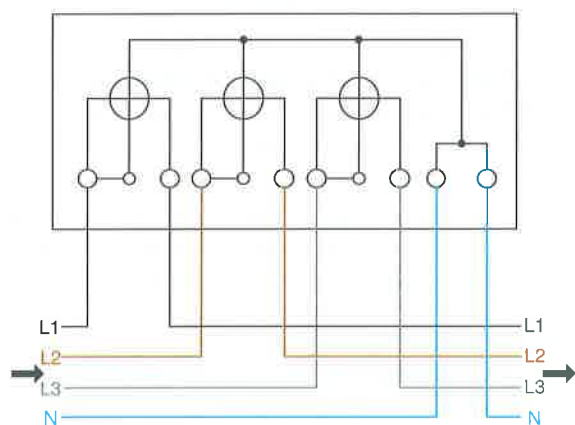


Figura 10.1. Medida directa de energía.

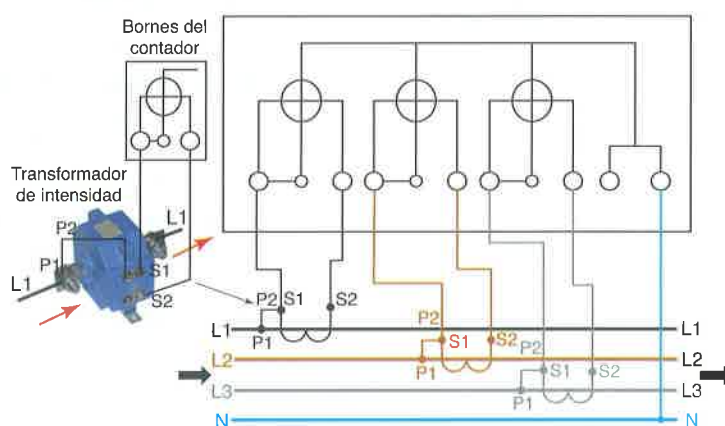


Figura 10.2. Medida indirecta de energía con transformador de intensidad.

Dado que los contadores no pueden medir intensidades superiores a 63 A, para realizar la medida se requiere el uso de unos dispositivos denominados **transformadores de intensidad (TI)**, que funcionan a modo de pinza amperimétrica, ofreciendo una intensidad baja al equipo de medida (máxima de 5 A) cuando por los cables de alimentación circulan corrientes altas. A la hora de facturar todas las medidas, se debe tener en cuenta la relación de transformación que se haya utilizado. Los transformadores de intensidad se fabrican en múltiples intensidades primarias (5 A, 10 A, 15 A,... 5000 A) y una sola intensidad secundaria de 5 A.



Figura 10.3. Transformador de intensidad con primario bobinado.



Figura 10.4. Transformador de intensidad de cable o barra pasante.

Bornero de un contador electrónico multifunción

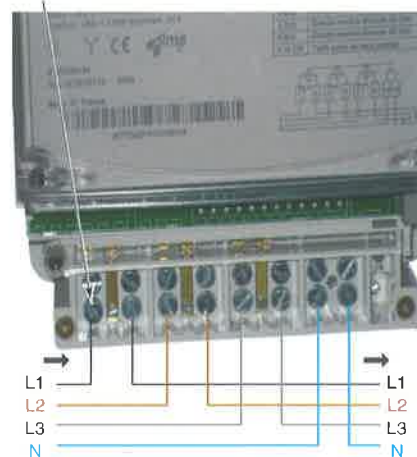


Figura 10.5. Detalle de conexión de medida directa en un contador trifásico electrónico multifunción.

Saber más

Las características más significativas de un contador son su intensidad base y su intensidad máxima. A través de la primera, se fijan las características de contador (máxima precisión), siendo sus valores nominales 1 A - 1,5 A - 2 A - 2,5 A - 5 A - 10 A - 15 A - 20 A - 30 A - 50 A. La segunda es la intensidad máxima que puede soportar, sin perder su clase de precisión, que aparece entre paréntesis, expresada como múltiplo de la intensidad base, por ejemplo, 15 A (60 A). Cuando no figura ningún valor entre paréntesis, debe entenderse que la intensidad máxima es el doble de la intensidad base.

1.1. Sistemas de distribución en BT

Como se vio en la unidad 7, en instalaciones alimentadas directamente por la red pública de baja tensión, se emplea el **sistema de distribución TT**, en el cual cada defecto de aislamiento provoca una interrupción del suministro eléctrico, limitándose el corte al circuito defectuoso mediante la instalación de diferenciales.

Cuando la red es privada, porque se alimenta de un centro de transformación de abonado o desde un generador propio (grupo electrógeno), se pueden escoger otros dos **sistemas de distribución denominados TN e IT**, que están regulados en el **REBT ITC-BT 08**.

Cualquiera de los sistemas empleados, en combinación con los dispositivos de protección adecuados, garantizan la seguridad de las personas frente a los contactos indirectos debidos a fallos de aislamiento. Su principal diferencia radica en la fiabilidad de continuidad del suministro ante un fallo en la instalación.

1.2. Compensación de la energía reactiva

En las instalaciones industriales, al existir numerosos receptores que consumen **energía reactiva** (transformadores, motores, lámparas de descarga, etc.), el $\cos \varphi$ o factor de potencia global es muy inferior a la unidad. Por tanto, las empresas suministradoras, a través del contador de reactiva, computan esta energía, suponiendo un coste adicional para las industrias.

Para solucionar este problema, se utilizan condensadores que, asociados a los receptores, mejoran el factor de potencia haciéndolo próximo a la unidad. Esto permite al consumidor reducir la intensidad reactiva que circula por la línea, a la vez que su factura eléctrica, manteniendo el consumo de reactiva por debajo del valor penalizable que, según el sistema tarifario en vigor, oscila entre un **recargo máximo del 47 %** ($\cos \varphi = 0,5$) y un **descuento del 4 %** ($\cos \varphi = 1$).

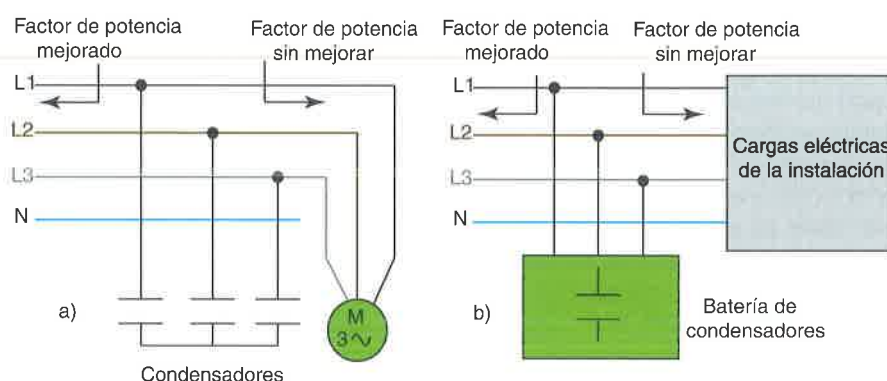


Figura 10.6. Compensación individual y central del factor de potencia.

En baja tensión, la compensación de energía reactiva se realiza con:

- Condensadores fijos en bornes del receptor inductivo (**compensación individual**).
- Baterías automáticas de condensadores conectadas en paralelo con la línea general (**compensación central**).

En la compensación individual de motores, se debe tomar la precaución de conectar los condensadores después del motor, para evitar **sobreintensidades excesivas** en el arranque y desconectar estos antes que la carga, para evitar la **autoexcitación del motor en vacío**.

2. Simultaneidad, separación de circuitos y reparto de cargas

2.1. Simultaneidad

Es el cociente entre la potencia eléctrica máxima que puede entregar una instalación y la suma de las potencias nominales de todos los receptores que pueden conectarse a ella.

En industrias, su valor para cada caso es una estimación fruto de la experiencia y el conocimiento del uso de los diferentes equipos instalados. Conocido este factor, cuando diferentes receptores se conectan a una línea, se podrá calcular la potencia eléctrica necesaria aplicando la siguiente ecuación:

$$P_{\text{Eléctrica}} = \sum \text{Factor de simultaneidad} \cdot P_{\text{Instalada}}$$

Un ejemplo lo podemos encontrar en dos líneas de fuerza en la que se pide calcular la potencia de las mismas, sabiendo que una está compuesta por 15 bases de corriente de 9 kW cada una. La otra línea está compuesta por: 1 motor de 3,5 kW, 2 motores de 2,5 kW y 1 motor de 1 kW.

Si no se tienen datos de simultaneidad propios de la instalación, podemos aplicar los coeficientes orientativos de la tabla 10.1. En tal caso, la potencia a considerar será:

$$\text{Línea 1} \rightarrow P_{\text{Eléctrica}} = 0,2 \cdot (15 \text{ bases} \cdot 9 \text{ kW/base}) = 27 \text{ kW}$$

$$\text{Línea 2} \rightarrow P_{\text{Eléctrica}} = (1 \cdot 3,5) + (0,75 \cdot 2,5) + 0,6 \cdot (2,5 + 1) = 7,475 \text{ kW}$$

2.2. Separación de circuitos

La separación de circuitos es importante para que un fallo por sobrecarga, cortocircuito o derivaciones a masa de uno de ellos no repercuta en el resto. En instalaciones industriales, esto es aún más importante, ya que en ellas es normal que existan receptores que no pueden verse afectados por el fallo de otros, porque puede dar lugar a grandes pérdidas económicas.

Los criterios de separación de circuitos dependen de diversos factores. Uno de ellos –en industrias– es la importancia de los receptores dentro del conjunto de la instalación. En cualquier caso, es necesario un estudio pormenorizado de cada uno de los circuitos para realizar dicha separación.

Saber más

A falta de datos para grupos de cargas del mismo tipo, la siguiente tabla orientativa muestra los factores de simultaneidad a aplicar en función del tipo de carga.

Tipo de carga		F_s
Iluminación		1
Climatización		1
Tomas de corriente		0,2
Motores de carga y elevación	Motor mayor	1
	2º motor	0,75
	3º y demás	0,6

Tabla 10.1.

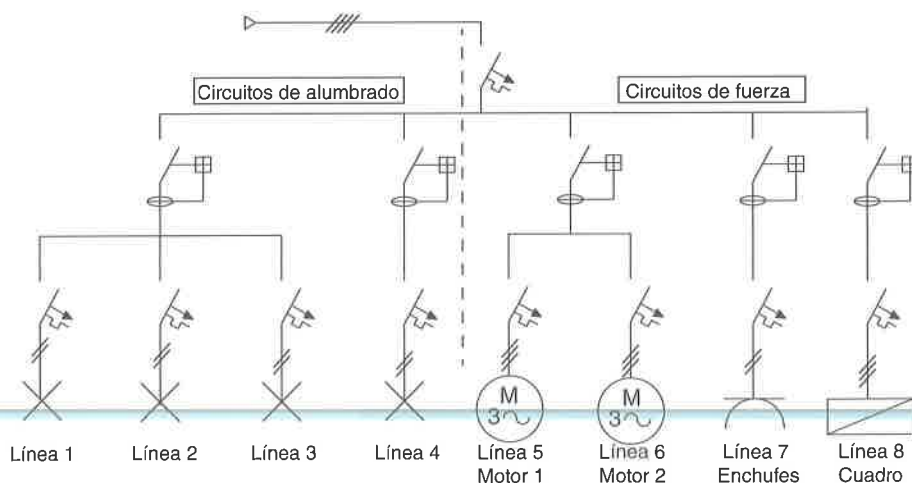


Figura 10.7.

Fundamentalmente, los criterios que se aconsejan para la separación de circuitos son los siguientes:

- Distinguir entre receptores de alumbrado y receptores de fuerza.
- Distinguir entre equipos de mando y receptores de fuerza.
- Evitar la concentración de receptores de alumbrado en un mismo circuito.
- Distinguir entre receptores trifásicos y receptores monofásicos.
- Analizar los receptores susceptibles de poder funcionar simultáneamente.
- Análisis de los receptores de seguridad o de alta consideración en el proceso productivo, es decir, aquellos que, por su importancia, no pueden verse afectados por sobreintensidades ni por defectos a tierra producidos en otras líneas o receptores.

En cualquier caso, queda a criterio del instalador o proyectista, pero es evidente que un mal diseño o un diseño inadecuado puede afectar en gran medida al proceso productivo de la industria.

Complementariamente a esta separación, es importante realizar un análisis de **selectividad** de los dispositivos de protección. Así, se garantiza que defectos en un circuito no afecten al resto, en caso en que estos sean recogidos por los dispositivos aguas arriba y realicen innecesariamente un corte general.

Ejemplo

La figura 10.8 representa la planta de un pequeño taller de reparación de neumáticos de reducidas dimensiones, previsto únicamente para el trabajo de dos operarios. Se pide:

- a) Teniendo en cuenta los receptores y el uso que se hace de ellos, enumerar los criterios fundamentales de separación de circuitos para el diseño del cuadro de distribución.
- b) Realizar el esquema unifilar del CGMP.

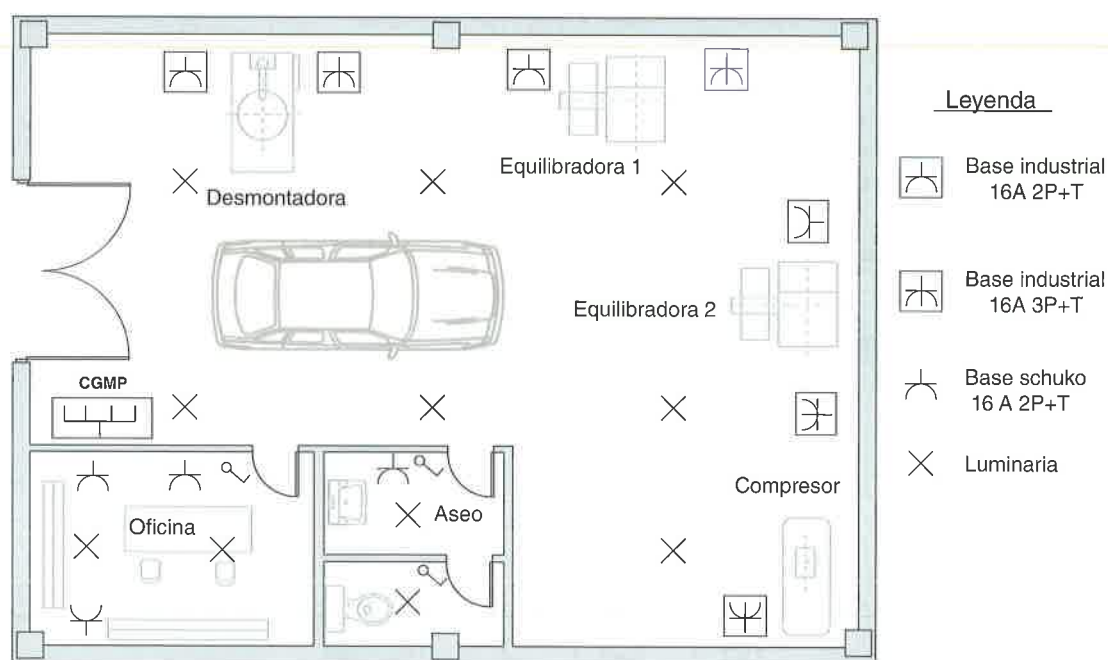


Figura 10.8. Esquema de distribución en planta de la instalación eléctrica.

continúa >

• continuación

Los receptores instalados son los siguientes:

Receptor	II/III	Tensión (V)	Potencia (W)
Equilibradora de ruedas 1	III	400	300
Equilibradora de ruedas 2	III	400	550
Desmontadora de ruedas	III	400	1110
Compresor	III	400	1500
Tomas para herramienta portátil	II	230	3500
Tomas de oficina y aseo	II	230	3500
Alumbrado de taller	II	230	500
Alumbrado de oficina y aseo	II	230	100

a) Enumeración de criterios a tener en cuenta en la instalación del local:

- Se distinguen los circuitos de alumbrado del resto, lo que evita concentrar todo el alumbrado en un solo circuito, creándose un circuito de alumbrado para el taller y otro para las estancias (oficina y aseo).
- Se distinguen los receptores de fuerza monofásicos de los trifásicos, aunque entre ellos no quedarán totalmente separados (ya que hay circuitos que parten del mismo diferencial). Se crearán 2 circuitos monofásicos de uso general diferentes: uno para oficina y aseo, y otro para herramienta portátil del taller, así como 4 circuitos trifásicos para las máquinas.
- Se tienen en cuenta los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente; en este caso, el compresor quedará totalmente separado del resto, ya que este se encuentra en uso durante toda la actividad laboral.

b) El esquema unifilar del cuadro es el siguiente:

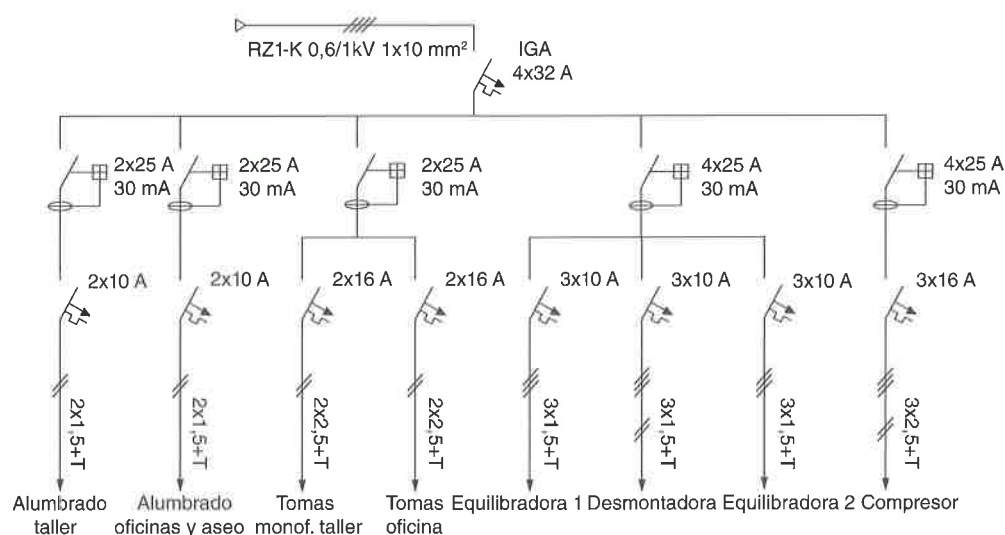


Figura 10.9. Esquema unifilar del CGMP.

Actividades

1. Estima el factor de simultaneidad que tendrán las siguientes líneas y determina la potencia instalada y la potencia eléctrica a considerar en cada una de ellas, conociendo el caso más desfavorable de simultaneidad entre receptores.

Receptores	Simultaneidad	F_s	$P_{\text{instalada}}$	$P_{\text{eléctrica}}$
12 máquinas de 2,5 kW cada una	Podrán coincidir hasta 8 máquinas a $\frac{3}{4}$ de carga	0,75	22,5 kW	16,875 kW
20 tomas de corriente de 3,6 kW cada una	Podrán coincidir hasta 6 tomas a plena carga	0,3	72 kW	21,6 kW

2.3. Reparto de cargas

Un reparto equilibrado de cargas entre las diferentes fases de un suministro trifásico es importante en cualquier instalación receptora, pero en industrias es esencial debido a que es en estas donde mayormente encontramos receptores, tanto monofásicos como trifásicos.

Un mal diseño, en el que una de las fases quede muy desequilibrada con respecto a las demás, puede producir un corte innecesario del interruptor automático general de un cuadro de distribución debido a la sobrecarga de dicha fase afectando, por tanto, al resto de los circuitos asociados a dicho interruptor general.

Vocabulary

- Sistema trifásico: three-phase system.
- Alternador: alternator.
- Fase: phase.
- BT: low voltage (LV).
- Red de distribución: distribution network.
- Transformador: transformer.
- Centro de transformación: transformer substation.
- Distribución a 3 o 4 hilos: three (or four)-wire distribution.
- Abonado: subscriber.
- Suministro monofásico: single phase supply.
- Suministro trifásico: three-phase supply.
- Desequilibrado: unbalanced.

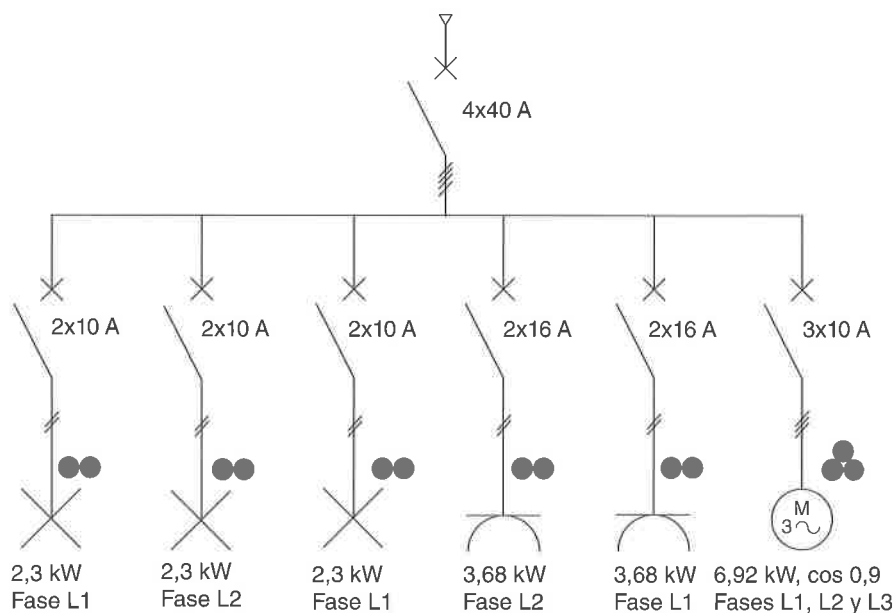


Figura 10.10. Ejemplo de desequilibrio de cargas.

Los desequilibrios en sistemas trifásicos son producidos por las cargas monofásicas, tal como podemos ver en la figura 10.10. Al conectar gran parte del alumbrado y parte de las tomas monofásicas a la fase L1, se corre el riesgo de una descompensación en el sistema de alimentación trifásico.

En este caso, el IGA se calculó para un sistema trifásico con una potencia total de 21,18 kW, aplicando un factor de potencia de 0,9. La intensidad será de:

$$I = \frac{21180}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 33,96 \text{ A, motivo por el cual el IGA será de 40 A.}$$

Como podemos observar, tenemos un mal reparto de cargas, pues la fase L3 únicamente suministra energía al motor. En el caso de que los circuitos de alumbrado de la fase L1, las tomas de corriente conectadas a la fase L1 y el motor entrasen en funcionamiento a plena carga, la corriente en dicha fase sería de:

$$I_{L1} = 10 + 10 + 10 + 16 + 10 = 46 \text{ A}$$

Por tanto, el IGA realizaría el corte general de la alimentación en toda la instalación por tan solo una sobrecarga en una de sus fases, la fase L1.

Teniendo en cuenta esto, al realizar el diseño de una instalación, es importante repartir las cargas monofásicas sobre las diferentes fases para evitar este posible desequilibrio.

Ejemplo

Un instalador debe realizar la instalación eléctrica de una imprenta dedicada a impresión de libros y carteles, encuadernación, plegado de planos, impresión gráfica, etc. Este consta de un taller, una oficina, un servicio y un almacén. El suministro es trifásico a 230/400 V y su equipo de medida está instalado en la centralización de contadores del edificio donde se ubica el taller. Los receptores son los siguientes:

Receptor	II/III	Tensión (V)	Potencia (W)
Plegadora	III	400	2,5
Plegadora de planos	II	230	0,5
Encuadernadora-coladora	III	400	1,5
Máquina de impresión de placas	II	230	2,2
Cortadora	III	400	2
Troqueladora	III	400	0,736
Prensadora	III	400	1,1
Cizalla	III	400	1,5
Tomas para equipos informáticos	II	230	2,5
Tomas de uso general	II	230	2,7

Alumbrado	Número de lámparas y potencias	Potencia
Alumbrado del taller	12 luminarias de tubos led de 2x20 W	480 W
Alumbrado de la oficina	3 luminarias de tubos led de 2x20 W	120 W
Alumbrado de los aseos	2 luminarias led de 10 W	20 W
Alumbrado del almacén	2 luminarias de tubos led de 2x20 W	80 W

Solución:

Inicialmente, calculamos la potencia total instalada en el taller, considerando un **factor de simultaneidad** $FS_1 = 0,8$ para los equipos de fuerza, dado que la actividad del taller es tal que la posibilidad de que haya máquinas que puedan funcionar simultáneamente a plena carga es elevada, y un factor de simultaneidad $FS_2 = 1$ para el alumbrado.

$$P_T = (FS_1 \cdot P_{\text{Fuerza}}) + (FS_2 \cdot P_{\text{Alumbrado}}) = (0,8 \cdot 17,23 \text{ kW}) + (1 \cdot 0,7 \text{ kW}) = 14,48 \text{ kW}$$

La actividad de esta industria no está sujeta a ninguna prescripción reglamentaria especial, de forma que, consultando la **ITC BT 03** para industrias con potencias menores de 20 kW **no es necesario proyecto**, motivo por el cual el propio instalador electricista realizará el diseño y la ejecución de la instalación del taller.

Estudio de los receptores. Toda la maquinaria del taller se alimenta a través de mangueras con clavijas conectadas a bases de enchufe. Según la ubicación inicial prevista para las máquinas, se opta por colocar 3 cuadros secundarios provistos de tomas de corriente, tanto monofásicas como trifásicas, los cuales alimentarán directamente a las máquinas de la imprenta.

Se instalará una línea monofásica de fuerza independiente para los equipos informáticos y otra línea de tomas monofásicas de uso general repartida por las diferentes estancias (oficina, aseo y almacén) y en algún punto del taller. Para la distribución de alumbrado, tendremos en cuenta la importancia de separar los circuitos en la zona del taller, de tal forma que se establezcan dos líneas con protección diferencial independiente y un circuito de alumbrado para el resto de las estancias.

Circuitos. En función del estudio anterior, los circuitos son los siguientes:

C1	Cuadro secundario 1	C5	Tomas de uso general
C2	Cuadro secundario 2	C6	Línea 1 de alumbrado del taller
C3	Cuadro secundario 3	C7	Línea 2 de alumbrado del taller
C4	Equipos informáticos	C8	Alumbrado de oficina, aseo y almacén

continúa >

+ continuación

Esquema de distribución en planta

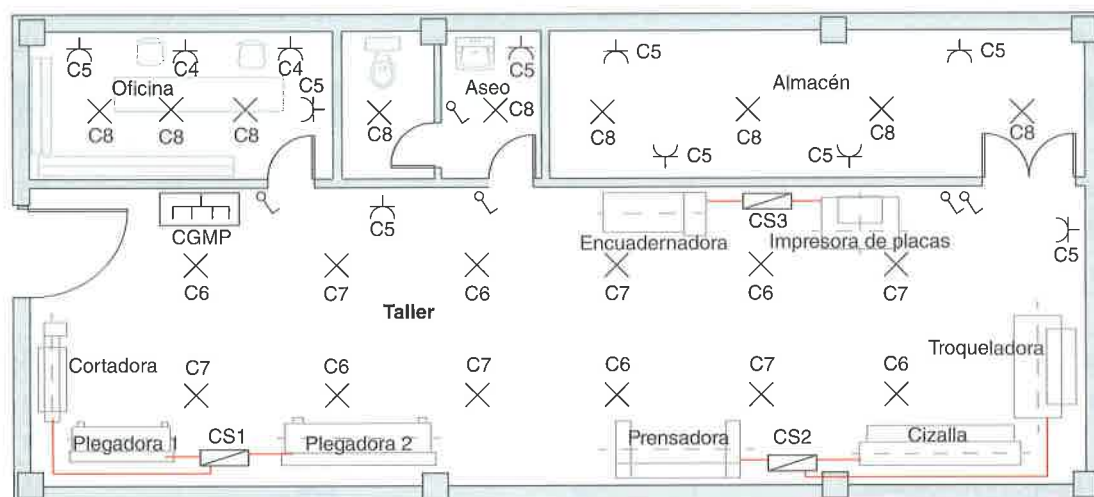


Figura 10.11. Ejemplo de distribución en planta de la instalación eléctrica.

Esquema unifilar del cuadro general de mando y protección. Las protecciones y secciones se han calculado teniendo en cuenta que los conductores utilizados son de tipo H07V-K canalizados bajo tubo empotrado sin agrupaciones de circuitos. Se ha establecido un $f.d.p = 0,85$ para los cuadros secundarios y un $f.d.p = 1$ para el resto de circuitos.

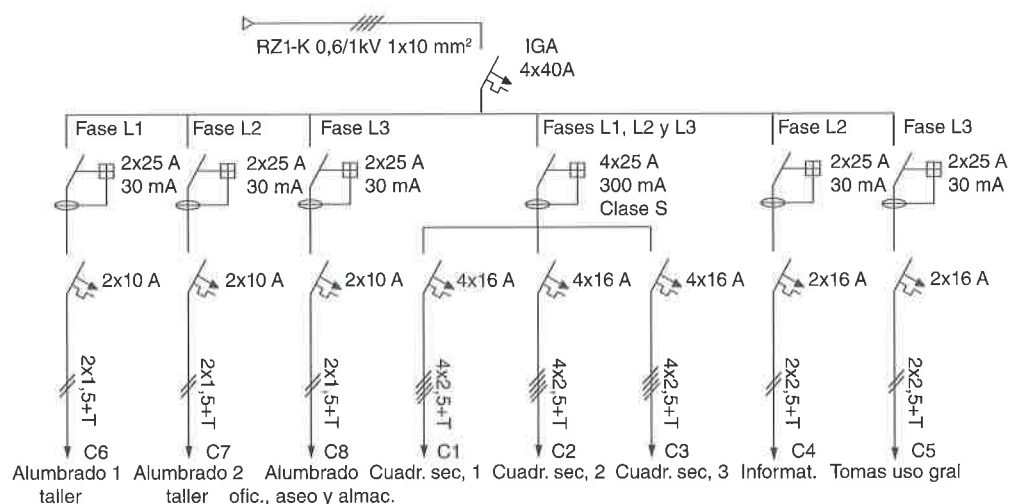


Figura 10.12. Esquema unifilar de CGMP.

Actividades

2. Realiza los cálculos necesarios y dibuja el esquema unifilar del CGMP de una panadería-pastelería, siendo sus receptores los de la tabla. Calcula igualmente la potencia total y la derivación individual, teniendo en cuenta que su longitud es de 12 m y se ubica en un local que no está dentro de ningún edificio de viviendas. Factor de simultaneidad = 1.

Receptores	II/III	Tensión (V)	Pot. (kW)	cosφ	L (m)
Dos amasadoras	III	400	3	0,88	18
Fermentadora	III	400	2,5	0,9	20
Horno	III	400	5	1	25
Bases de corriente	II	230	3,5	1	30
Aluminado led	II	230	0,32	1	35

3. Cuadros secundarios, canalizaciones, clavijas y bases de corriente industriales

3.1. Cuadros secundarios

En cualquier instalación de grandes dimensiones, sobre todo en industrias, es muy usual el uso de la descentralización de protecciones que alimentan a las diferentes máquinas. Esto se aplica principalmente para evitar que, en industrias con una gran cantidad de circuitos, no sea necesario instalar un cuadro de distribución de grandes dimensiones, y para que las protecciones de los diferentes receptores se encuentren lo más cerca posible de los receptores.

Los cuadros secundarios alojan los dispositivos de protección de uno o varios receptores, y pueden ir provistos de tomas trifásicas o monofásicas para alimentar a otros posibles receptores, como aparatos móviles, que pueden utilizarse desde cualquier punto.

Cuando los cuadros secundarios están provistos de bases de corriente, es conveniente proveer de una determinada potencia adicional para el cálculo de la línea que alimenta; si esto no fuese así, podría darse un sobreconsumo que hiciera saltar la protección general del cuadro, afectando esto al resto de los receptores.

El número de cuadros a instalar en una industria depende de muchos factores, tales como las dimensiones de las diferentes naves, la actividad que desempeñe, el tipo, número y consumo de receptores, etc.

Al instalar los diferentes cuadros de distribución, se tendrán en cuenta, entre otros factores, el ambiente en el que se encuentra, el grado de protección IP-IK requerido, el número de módulos que debe alojar en función de los dispositivos de mando y protección y si es previsible que se alojen bases de corriente en él.

3.2. Canalizaciones

En las instalaciones industriales, impera más el sentido práctico que el estético, motivo por el cual es común que en las zonas de trabajo las canalizaciones eléctricas se realicen principalmente bajo tubo en montaje superficial, en bandejas o incluso mediante conductores directamente fijados sobre paredes.

Estos tipos de canalizaciones ofrecen grandes ventajas en cuanto a mantenimiento, reparaciones, detección de averías, cambio de conductores, etc., y facilitan el trazado a todas aquellas canalizaciones destinadas a alojar los conductores que alimentarán a nuevas máquinas.

Para la elección de las canalizaciones en montaje superficial, se deberá tener en cuenta principalmente lo siguiente:

- Si los conductores necesitan un alto grado de protección mecánica, deberán canalizarse bajo tubos o canales metálicos, o mediante conductores armados fijados directamente sobre pared.
- En los locales clasificados como **de riesgo de incendio o explosión**, tales como gasolineras, talleres de automóviles, interiores de cabinas de pintura, talleres de confección, industrias de procesamiento de madera, etc., se tendrán en cuenta las prescripciones establecidas en la ITC BT 29.

Sin embargo, el punto 4.2 de dicha instrucción establece que los locales reflejados en cada tabla no tienen por qué quedar siempre clasificados como de riesgo de incendio o explosión, debido a que estos pueden ser desclasificados empleando medios adecuados para evitar dichos riesgos,

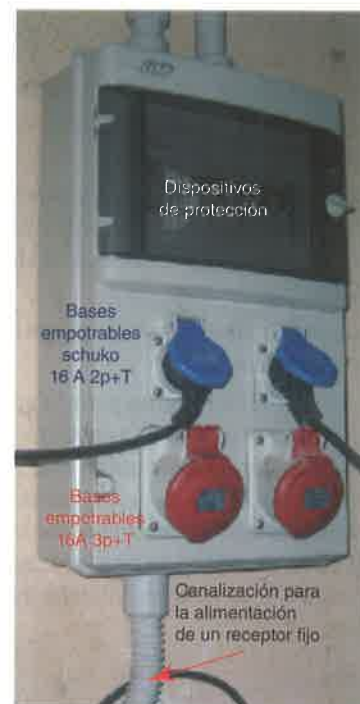


Figura 10.13. Cuadro secundario de una industria.

Saber más

Existen canalizaciones en cuyo interior se encuentran pletinas conductoras de cobre o aluminio que constituyen los conductores de alimentación. Este sistema ofrece grandes ventajas en diversas aplicaciones industriales como, por ejemplo, alimentar motores que se desplazan, como pueden ser puentes grúa.



Figura 10.14. Canalización con pletinas conductoras.

Saber más

Según el REBT

En su instrucción ITC-BT 29 (locales con riesgo de incendio o explosión), establece dos clases de zonas clasificadas como emplazamientos peligrosos:

Zonas de clase I: en las cuales puede haber gases, vapores o nieblas en cantidad suficiente para producir una atmósfera explosiva o inflamable.

Zonas de clase II: en las cuales puede haber polvo inflamable.

En los emplazamientos clasificados como de clase I o clase II, se deben tomar medidas excepcionales para evitar que la instalación eléctrica sea la causante de una explosión o un incendio; medidas tales como la utilización de canalizaciones estancas, luminarias antideflagrantes, etc.

como, por ejemplo, el empleo de sistemas de ventilación, sistemas de extracción de gases, polvo, etc.

- Cuando en una instalación sea obligatoria la estanqueidad de las canalizaciones, es decir, en todas aquellas en las que debido a la actividad de la industria se puedan producir ambientes polvorientos, húmedos, etc., los medios de canalización deberán evitar la entrada de polvo, agua, etc. mediante la utilización de racores y prensaestopas.

3.3. Clavijas y bases de corriente industriales

Para la conexión de aparatos móviles o incluso fijos, en industrias son muy empleadas las clavijas y bases industriales diseñadas para intensidades de 16 A hasta 200 A. Todo lo referente a estas clavijas y bases de corriente está normalizado en cuanto a sus materiales, forma constructiva, colores, posiciones horarias y grados de protección.

Colores normalizados

Las bases y clavijas se fabrican de distintos colores, según las diferentes tensiones de servicio. La clasificación es la siguiente:

Color	Tensión
Violeta	24 voltios (MBTS)
Blanco	De 42 a 50 voltios (MBTS)
Amarillo	110 V

Color	Tensión
Azul	230 V
Rojo	400 V
Negro	De 500 V a 750 V

Tabla 10.2. Código de colores de las clavijas y bases industriales.

Posiciones horarias

Las bases y clavijas con tensiones superiores a 50 V deben estar dotadas de un contacto de protección a tierra.

Así mismo, las bases están provistas de una **guía**, y las clavijas de un **pitón**, acoplables entre sí. Por otro lado, el contacto de protección de la clavija (**espiga**) y el contacto de protección de la base (**alveolo**) adoptan una posición, respecto a la guía en las bases y al pitón en las clavijas, según la tensión de las tomas de corriente. De esta forma, se eliminan los posibles errores en la conexión de tomas de corriente con diferentes tensiones; es decir, una clavija de 230 V 3p+T no podrá conectarse nunca en una base de 400 V 3p+T por no coincidir la posición del contacto de tierra.

La siguiente figura muestra la posición del contacto de tierra en algunas de las bases y clavijas industriales más usuales.

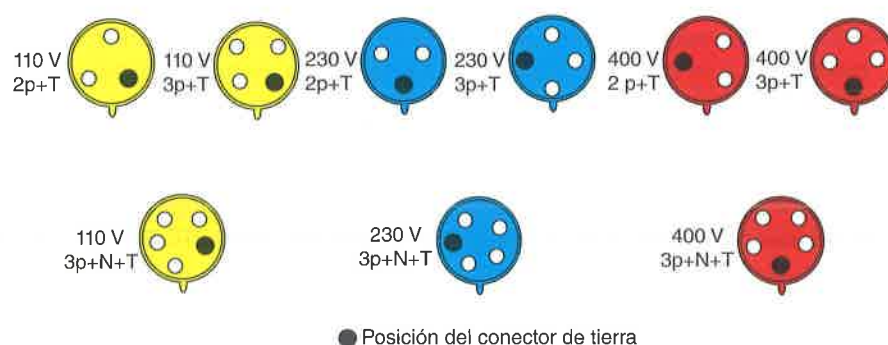


Figura 10.15. Disposición del contacto de protección de algunas clavijas y bases industriales.

Forma constructiva y tipos de clavijas y bases industriales

Las clavijas industriales están diseñadas de tal forma que sus contactos no son accesibles nunca en su conexión y desconexión. Por otro lado, las bases llevan una tapa de protección para los contactos que, incluso en caso de ruptura de esta, el grado de protección impediría que los dedos pudieran tocar partes activas bajo tensión.



Figura 10.16. Clavija industrial de 230 V 2p+T.



Figura 10.17. Clavija industrial de 400 V 3p+N+T.

Saber más

Las clavijas y bases industriales marcan, como características principales, su intensidad, su tensión nominal y su posición horaria «h». Por ejemplo, para una clavija industrial, **6h** indica que se trata de una clavija de 400 V de 3p+T o 3p+N+T, dado que la posición del borne de tierra está en la posición correspondiente a las 6 horas de un reloj. Para una clavija o base de 230 V 3p+T, la designación sería **9h**.

Las clavijas y bases industriales se comercializan de diferentes formas según su utilización, pudiendo ser fijas empotrables (para ser alojadas en cuadros o cajas), fijas de pared y móviles.



Figura 10.18. Base fija empotrable de 400 V 3p+T.

Figura 10.19. Base fija de pared de 400 V 3p+T.

Figura 10.20. Base móvil de 230 V 2p+T.

Actividades

3. En una carpintería en la cual hay una gran cantidad de polvo derivado de las características del proceso productivo se realiza una instalación con conductores tipo H07V-K bajo tubo. Se pide:
 - a) Consultar la ITC BT 29 del REBT e indicar la clasificación de dicho local.
 - b) En la zona de procesamiento de madera de la industria, es necesaria la **protección total** de los cuadros eléctricos contra la entrada de polvo. ¿Cuál sería el primer dígito de su grado de protección IP? (consulta el punto 4 de la unidad 6).
 - c) Dibuja el esquema unifilar de uno de los cuadros secundarios, el que alimenta una **regruessadora** de 3 CV, 400 V, $\cos \varphi = 0,85$, $\eta = 0,8$, una **tupí** de 1,5 kW, 400 V, $\cos \varphi = 0,86$, y una **sierra de cinta** de 1 kW, 400 V, $\cos \varphi = 0,88$. Despreciar la caída de tensión para el cálculo de las secciones y protecciones al encontrarse dichas máquinas cercanas al cuadro secundario.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

Material

- Interruptores y diferenciales de diferentes calibres
- Tubos de PVC rígido, helicoidal y corrugado
- Racores, prensaestopas y manguitos
- Cajas de registro y de mecanismos para superficie
- Bases schuko e industriales.
- Interruptores, lámparas y portalámparas

Montaje de la instalación eléctrica en un taller de construcciones metálicas

Objetivo

Realizar la instalación eléctrica de una pequeña industria de 22 m × 30 m y 8,5 m de altura dedicada a las construcciones metálicas.

Planteamiento

La nave se alimenta de una línea de distribución subterránea de 400/230 V.

- La CGP se ubica a 6 m del equipo de medida y CGMP.
- Para el alumbrado de la nave, se utilizarán campanas led de 100 W y 9 000 lm, adecuadas para grandes espacios y alturas. Su accionamiento se realiza a través de interruptores rotativos y contactores.
- El alumbrado de las estancias (oficina, almacén y aseo) se realizará con lámparas led de 20 W.
- En las estancias, se distribuirá una línea de fuerza en montaje empotrado para alimentar las tomas de corriente tipo schuko de 16 A 2P+T.
- Las tomas industriales trifásicas y monofásicas del taller se ubican en los cuadros secundarios. A cada cuadro se destinarán 3 275 W adicionales para el suministro de estas bases.

Líneas y receptores de alumbrado:

	Líneas de alumbrado	Long. (m)	Luminarias	Potencia (W)	cos φ
C1	3 líneas de alumbrado del taller	45	12 campanas led de 100 W	1200	1
C2	Línea de alumbrado de estancias	28	7 lámparas led de 20 W	140	1

Líneas y receptores de fuerza:

	Circuito	Long. (m)	Receptor/bases	Tensión (V)	Potencia (kW)	cos φ
C3	Cuadro CS1	38	Sierra de cinta (motor)	400	1,4	0,87
			Tronzadora (motor)	400	4	0,82
			Soldadura TIG	400	2,1	0,9
C4	Cuadro CS2	32	Grupo de soldadura eléctrica	400	6,6	0,9
			Curvadora (motor)	400	1,4	0,87
			Fresadora (motor)	400	0,736	0,88
C5	Cuadro CS3	54	Dos esmeriladoras (motor)	400	1 + 1	0,85
			Taladro de columna (motor)	400	1,5	0,8
			Polipasto de dos motores	400	3,5	0,87
Nota: a cada cuadro se le asignan 3 275 W adicionales y un cos φ arbitrario de 0,85						
C6	Tomas estancias	24	Bases schuko 16 A 2P+T	230	3,5	1

Desarrollo

1. Esquema de distribución en planta.

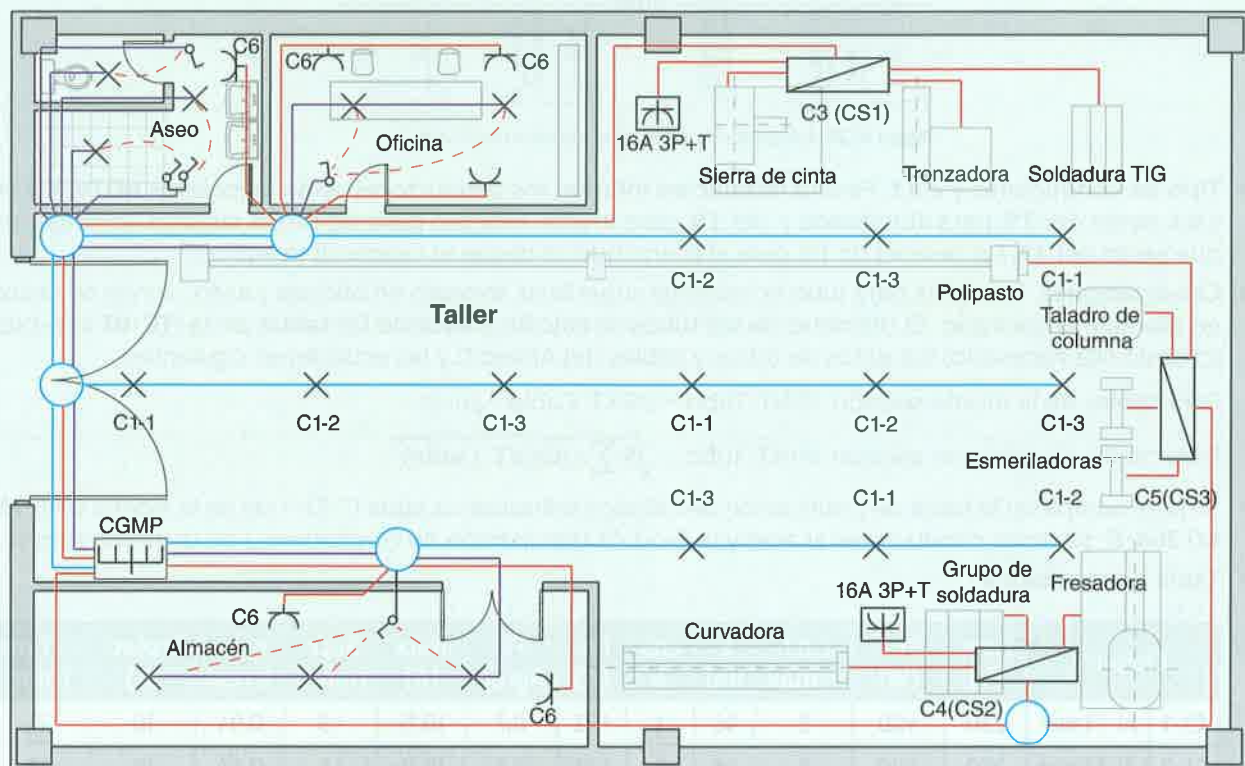


Figura 10.21. Esquema de distribución en planta de la instalación eléctrica.

2. Dibuja el esquema del CGMP y completa los datos que faltan después de realizar el apartado 3.

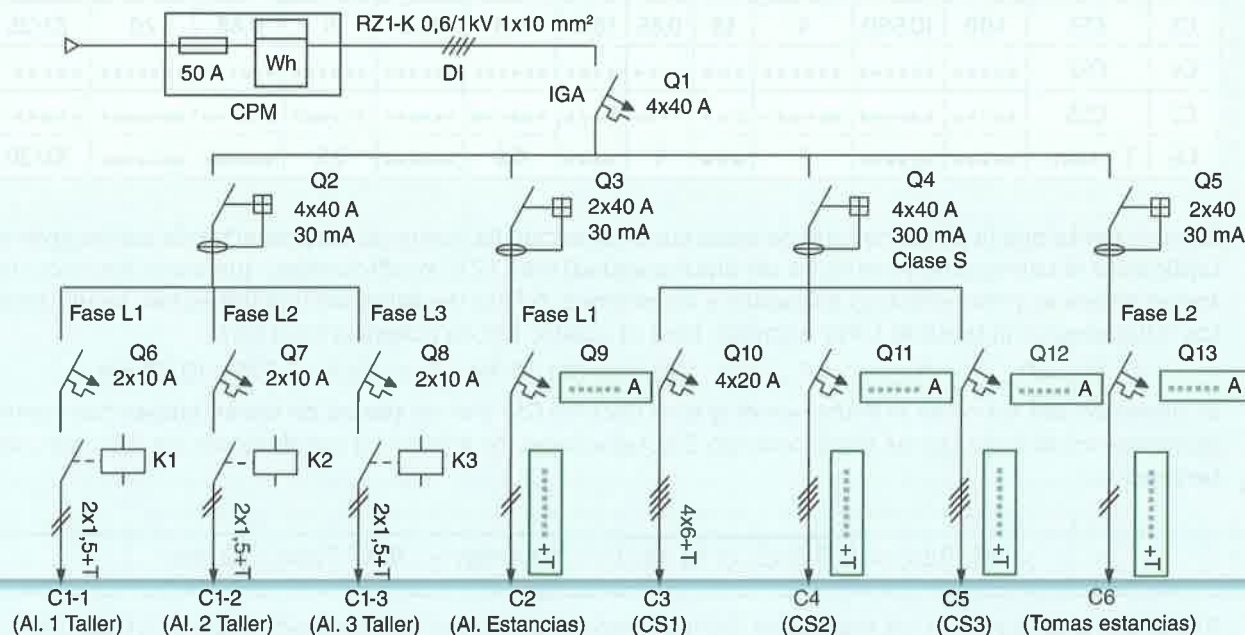


Figura 10.22. Esquema unifilar del cuadro general de mando y protección.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

continuación

3. Datos a tener en cuenta y tabla de resultados:

- **Agrupaciones.** La siguiente figura muestra qué circuitos salen agrupados del CGMP:

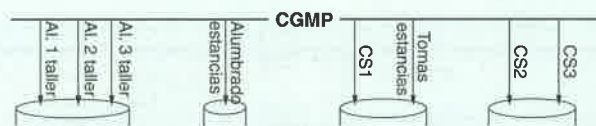


Figura 10.23. Agrupaciones de circuitos a la salida del CGMP.

- **Tipo de conductores y c.d.t.** Para la instalación interior, los conductores serán unipolares H07V-K y las c.d.t. serán del 3% para alumbrado y del 5% para fuerza, excepto para las de los cuadros secundarios, que serán del 4% (se reserva un 1% para el tramo que va desde el cuadro al receptor).
- **Canalizaciones.** Se realiza bajo tubo en montaje superficial, excepto en oficinas y aseo, donde se realiza en montaje empotrado. El diámetro de los tubos se calcula utilizando las tablas de la ITC-BT 21 o bien (cuando sea necesario) los datos de tubos y cables del Anexo C y las ecuaciones siguientes:

Para cables de la misma sección: $\varnothing \text{INT. Tubo} = \varnothing \text{EXT. Cable} \cdot \sqrt{n \cdot fc}$

Para cables de diferente sección: $\varnothing \text{INT. Tubo} = \sqrt{fc \sum n (\varnothing \text{EXT. Cable})^2}$

- Se pide completar la tabla de justificación de cálculos utilizando la tabla C-52-1 bis de la Norma UNE-HD 60.364-5-52 (Imáx conductores al aire) y la C-52-13 (agrupación de conductores) de la misma Norma.
- **Tabla de resultados:**

Circuito	Tens. (V)	Pot. (W)	c.d.t. % max	L (m)	cos ϕ	Int. (A)	FC Agrup	Imáx' (A)	Secc. (mm ²)	c.d.t. % real	Protec. (A)	$\varnothing$ Tubo (mm)
C1-1 Al. 1 Taller	230	400	3	45	1	1,73	0,7	10,15	1,5	0,94	10	25
C1-2 Al. 2 Taller	230	400	3	45	1	1,73	0,7	10,15	1,5	0,94	10	25
C1-3 Al. 3 Taller	230	400	3	45	1	1,73	0,7	10,15	1,5	0,94	10	25
C2 Al. estanc.		140					1					
C3 CS1	400	10 690	4	38	0,85	18,15	0,8	24,8	6	0,88	20	32/25
C4 CS2												
C5 CS3												
C6 T. estanc.			5		1		0,8		2,5			32/20

Ten en cuenta que la potencia total de estos cuadros se calcula sumando las potencias de sus receptores (aplicando el correspondiente factor de simultaneidad) más 3 275 W adicionales, que darán servicio a las tomas trifásicas y monofásicas adosadas a los mismos. A falta de datos de simultaneidad, se utilizarán los reflejados en la tabla 10.1. Por ejemplo, para el cuadro CS1, la potencia total será:

$$P_{\text{CS1}} = P_{\text{Motores}} + P_{\text{Adicional}} \rightarrow P_{\text{CS1}} = [(4 \cdot 1,25 \cdot 1) + (2,1 \cdot 0,75) + (1,4 \cdot 0,6)] + 3,275 = 10,69 \text{ kW}$$

El diámetro del tubo, en el tramo en el que el circuito CS1 y el de tomas de las estancias comparten alojamiento, lo calculamos considerando 5 conductores de 6 mm² + 3 conductores de 2,5 mm², obteniendo:

$$\varnothing \text{INT. Tubo} = \sqrt{2,5 [5 \cdot (5,3)^2 + 3 \cdot (4,1)^2]} = 21,84 \text{ mm} \rightarrow \varnothing \text{EXT. Tubo} = 32 \text{ mm}$$

El diámetro del tubo en los tramos en los que estos circuitos no van agrupados con otros circuitos lo calculamos directamente de las tablas de la ITC-BT 21.

4. Realiza el montaje del **cuadro general de mando y protección del taller**. Conecta los circuitos monofásicos a la fase indicada en el esquema unifilar con objeto de no sobrecargar ninguna de las fases.

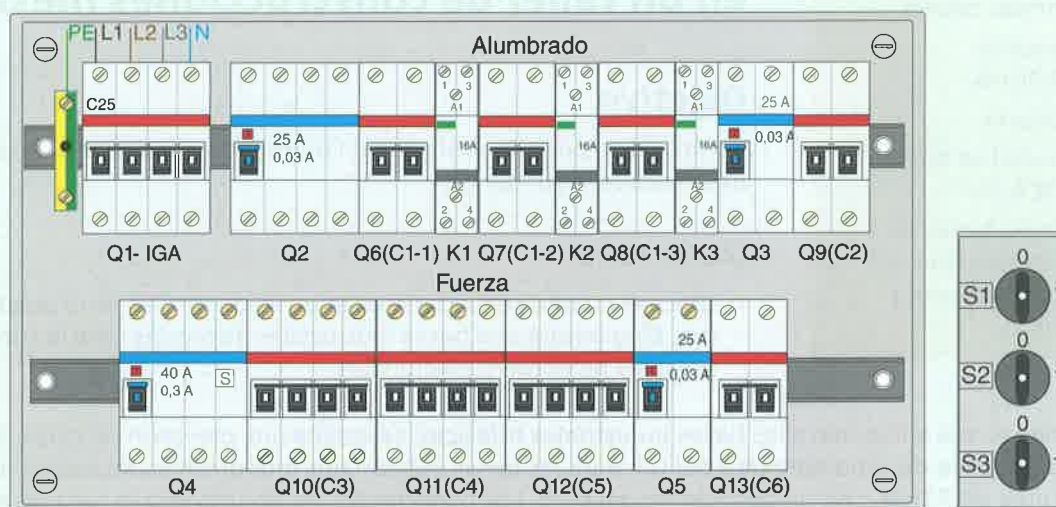


Figura 10.24. Esquema de montaje del cuadro general de mando y protección.

5. Realiza el montaje de la instalación interior.

Únicamente se realizará el montaje del CS3 (en la práctica profesional resuelta 2). CS1 y CS2 se sustituyen por dos bases industriales. Los tubos serán de PVC rígido excepto en la oficina y el aseo que serán corrugados.

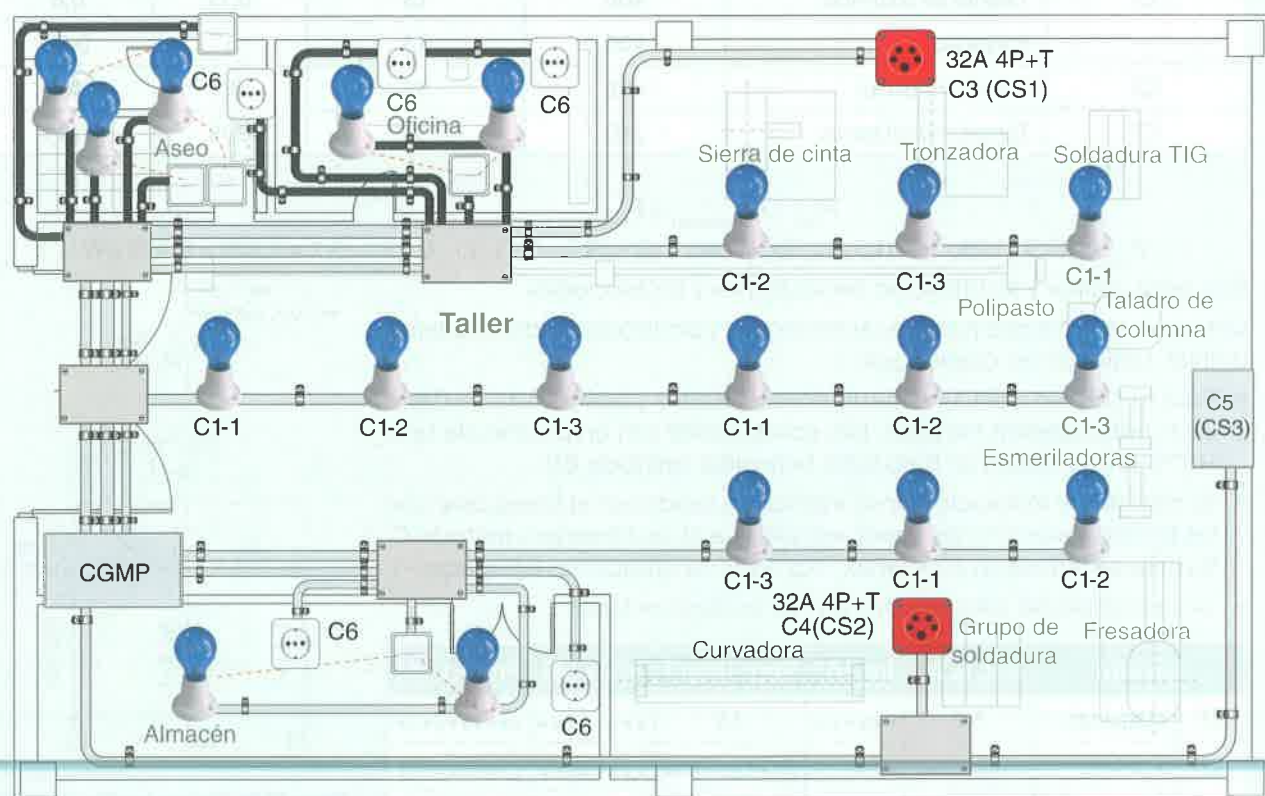


Figura 10.25. Esquema de montaje de la instalación interior del taller.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 2

Material

- Interruptores automáticos de diferentes calibres
- 1 diferencial de 4x25 A/30 mA
- 4 contactores
- 1 base industrial 16 A 3P+T y 1 base 16 A 2P+T
- Pulsadores, bornes de conexión, cables de diferentes secciones y carril DIN

Montaje de un cuadro secundario en un taller de construcciones metálicas

Objetivo

Completar la práctica profesional 1 montando sobre la misma uno de los tres cuadros secundarios.

Desarrollo

1. Ubica el cuadro secundario en la posición de CS3 de la práctica anterior. Este tendrá dos bases industriales adosadas para la conexión de posibles receptores adicionales.

Para las líneas que alimentan a las bases industriales trifásicas, se estima una previsión de carga de 9,5 kW, con un coeficiente de simultaneidad del 0,1. Para las bases industriales monofásicas, se estima una previsión de carga de 3,1 kW, con un coeficiente del 0,75. Los coeficientes de simultaneidad para las máquinas (esmeriladoras, taladro y polipasto) se obtienen de la tabla 10.1 de esta unidad.

La siguiente tabla muestra las cargas del cuadro secundario:

Circuito	Receptores	Tensión (V)	Potencia (kW)	F _s	cos φ
C1	2 esmeriladoras	400	1+1	0,6	0,85
	Taladro de columna	400	1,5	0,75	0,8
	Polipasto	400	3,5	1	0,87
C2	Tomas trifásicas	400	9,5	0,1	0,85
C3	Tomas monofásicas	230	3,1	0,75	0,85

$$P_{CS3} = P_{\text{(Máquinas)}} + P_{\text{(Adicional para bases industriales)}}$$

$$P_{CS3} = [(3,5 \cdot 1,25 \cdot 1) + (1,5 \cdot 0,75) + 0,6(1+1)] + [9,5 \cdot 0,1 + 3,1 \cdot 0,75] = 6,7 + 3,275 = 9,975 \text{ kW}$$

2. Esquema unifilar y justificación de secciones y protecciones.

Completa la tabla que justifica las secciones y protecciones del esquema unifilar, teniendo en cuenta que:

- Para el cálculo del C1 (esmeriladoras, taladro y polipasto), se tiene en cuenta que son motores. Los conductores son unipolares de tipo H07V-K y se canalizan bajo tubo helicoidal (método B1).
- El método de instalación en el interior de cuadro en el tramo que une las protecciones con las bases adosadas a él, se considera método C. Su $I_{m\acute{a}x}$ se reduce un 20% ($I_{m\acute{a}x} \cdot 0,8$ –dos canalizaciones agrupadas–).
- Se prescinde del cálculo por c.d.t., al ser despreciable.

Circuito	Pot. (kW)	Int. (A)	Secc. (mm ²)	$I_{m\acute{a}x}$ (A)	Protect. (A)
C1	Máquinas	6,7	2,5		
C2	T. trifás.				
C3	T. monof.	230	2,5	23 · 0,8	

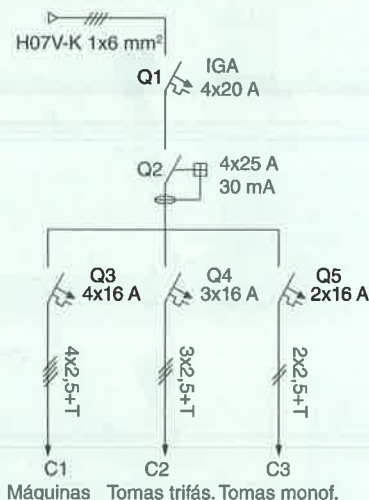


Figura 10.26. Esquema unifilar del cuadro secundario.

3. Esquemas de mando y fuerza del polipasto.

El mando se realiza con una botonera de cuatro pulsadores (S1, S2, S3 y S4), que permiten accionar los dos motores en la dirección que corresponda, y un botón de paro de emergencia (S0). El movimiento de translación sobre el carril tiene dos fines de carrera (S5 y S6), que definen los límites de este movimiento. El movimiento de subida tiene un fin de carrera (S7), que define el límite de subida de la carga.

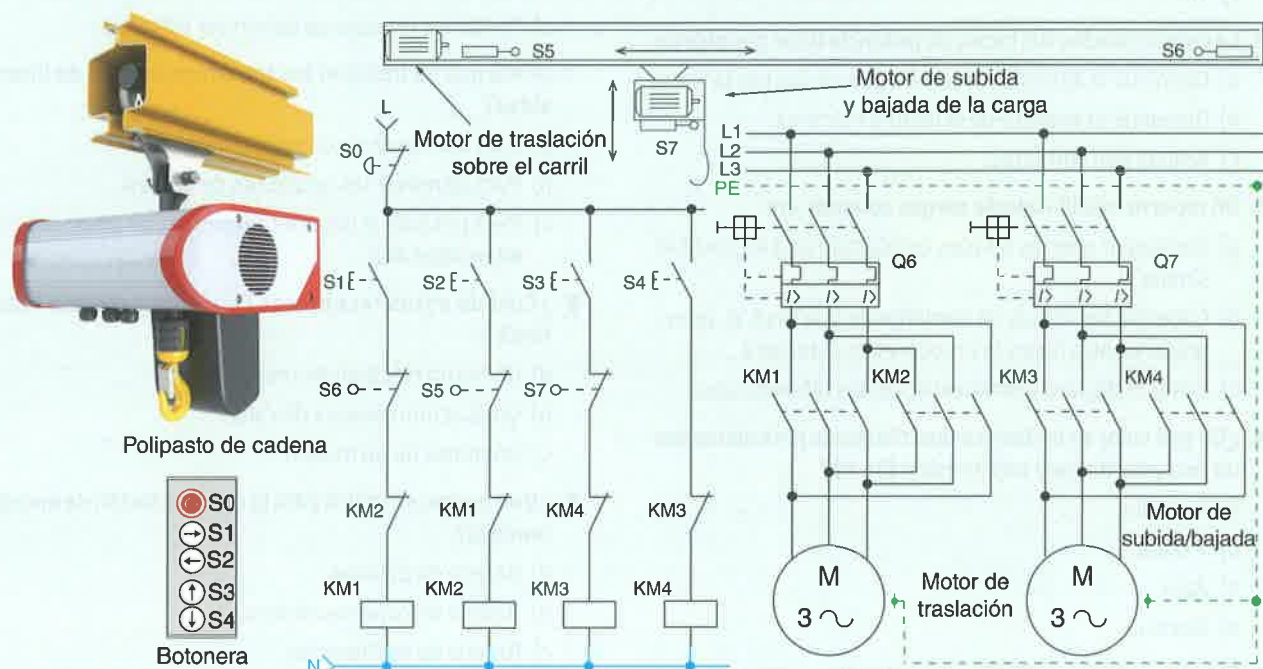


Figura 10.27. Esquema de control del polipasto.

4. Realiza el montaje del cuadro secundario, así como el montaje del cuadro de control de polipasto.

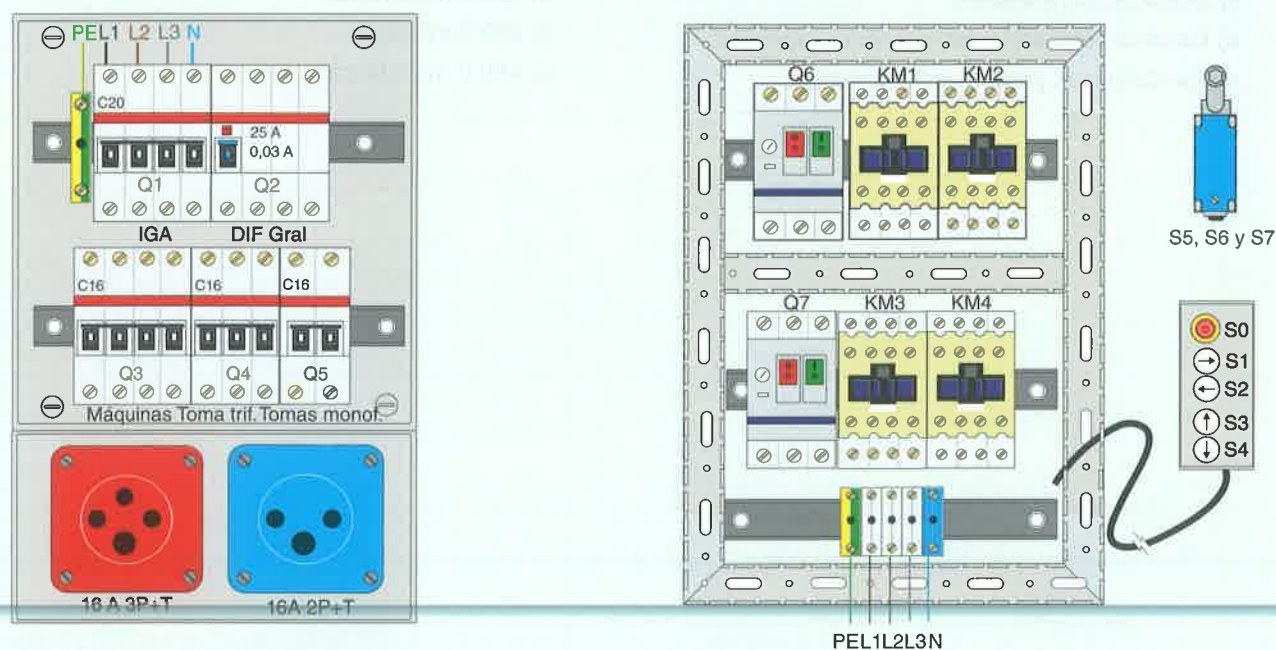


Figura 10.28. Esquema de montaje del cuadro secundario CS3 y del cuadro de control del polipasto.

TEST DE EVALUACIÓN

RESUELVE EN TU CUADERNO O BLOC DE NOTAS

1. ¿Qué sistema de distribución se emplea en las redes de distribución pública?

- a) IT.
- b) TT.
- c) TN.

2. La compensación del factor de potencia tiene por objeto:

- a) Disminuir la intensidad reactiva que circula por la línea.
- b) Disminuir el importe de la factura eléctrica.
- c) Ambas son correctas.

3. Un reparto equilibrado de cargas consiste en:

- a) Conseguir que las 3 fases consuman una intensidad similar.
- b) Conectar las tomas de corriente en una fase, el alumbrado en otra fase y los motores en la tercera.
- c) Evitar el disparo intempestivo de los diferenciales.

4. ¿De qué color es la clavija industrial usada para alimentar un receptor de muy baja tensión (24 V)?

- a) Amarillo.
- b) Violeta.
- c) Azul.
- d) Blanco.

5. Si hubiese que canalizar agrupadas 10 mangueras de 5 hilos en una industria, ¿qué sistema sería en un principio el más aconsejable?

- a) Grapadas sobre la pared.
- b) Canalizándolas bajo tubo en montaje superficial.
- c) Canalizándolas posadas sobre bandejas.

6. ¿Qué establece la normativa cuando una instalación demanda más de 63 A?

- a) Obligatorio instalar CT propio.
- b) Obligatorio instalar contador trifásico de activa y reactiva.
- c) Todos los receptores deben ser trifásicos.

7. ¿Para qué se instalan los transformadores de intensidad?

- a) Para disminuir el consumo energético.
- b) Para disminuir las secciones de la línea.
- c) Para permitir a los contadores medir en líneas con intensidad alta.

8. ¿Cuál de estos receptores consume potencia reactiva?

- a) Un horno eléctrico de una panadería.
- b) Unos acumuladores de calor.
- c) Un motor de un molino.

9. ¿Qué equipo se utiliza para la compensación de energía reactiva?

- a) Batería de bobinas.
- b) Batería de condensadores.
- c) Batería de resistencias.

10. Una base industrial de color rojo con posición horaria 9 h será:

- a) 230 V, monofásica.
- b) 230 V, trifásica.
- c) 400 V, monofásica.

ACTIVIDADES FINALES

- 1. Un taller de automoción, con suministro 230/400 V, posee una potencia total instalada de 20 kW, con un factor de potencia medio de 0,9. Calcula la intensidad de la instalación y realiza el esquema multifilar del equipo de medida necesario, indicando los calibres de los equipos (transformadores de intensidad, contador, etc.).
- 2. Un molino de grano, con suministro 230/400 V, posee una potencia total instalada de 65 kW, con un factor de potencia medio de 0,75. Calcula la intensidad de la instalación y realiza el esquema multifilar del equipo de medida necesario, indicando las intensidades nominales de los equipos a utilizar (transformadores de intensidad, contador, etc.). Igualmente, incluye en el esquema la situación de la batería de condensadores para mejorar su factor de potencia.
- 3. En un taller, la potencia total de los receptores existentes es de 12 000 W y su potencia contratada es de 6 600 W. ¿Cuál será el coeficiente de simultaneidad de uso de la misma?
- 4. En una industria que demanda 40 KW, con un suministro de 230/400 V, calcula las intensidades que demanda con factores de potencia de 0,98 (con batería de condensadores) y 0,8 (sin batería de condensadores) y deduce las consecuencias de dicha diferencia.
- 5. En una instalación, se instala un contador de intensidad nominal 2,5 A (10 A). Indica cuál es el transformador de intensidad adecuado si, por dicha instalación, pueden circular corrientes de hasta 180 A y calcula cuál será la intensidad que circulará por el contador si en la línea general hay 50 A.
- 6. A partir del esquema unifilar de la siguiente figura, responde a las siguientes cuestiones:
 - a) ¿Cómo afectarían a la instalación las siguientes averías?
 - 1) Cortocircuito en la línea 8.
 - 2) Derivación a masa de 1 A en la línea 2.
 - 3) Sobrecarga en la línea 6.
 - b) Si los motores 1 y 2 son importantes en el proceso productivo, ¿qué problema plantea la instalación?
 - c) ¿Cómo se denomina el concepto de selección de dispositivos que garantizan que únicamente corten los dispositivos que protegen a los receptores y no los ubicados aguas arriba?

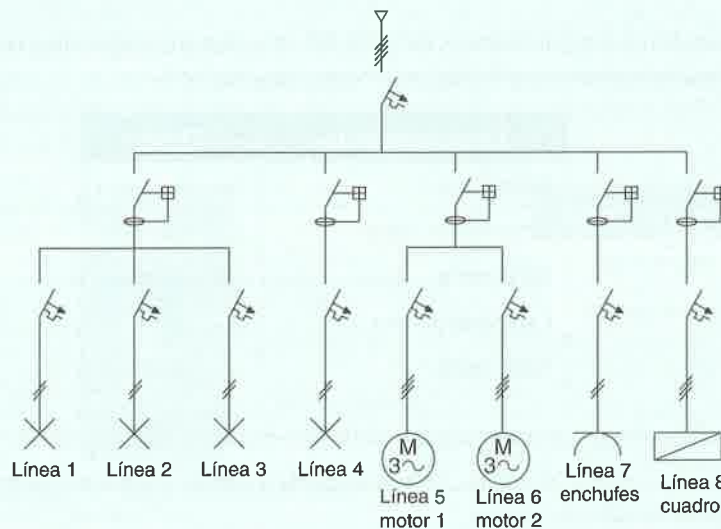


Figura 10.29.

- 7. Cuando se instalan los condensadores de mejora del factor de potencia en un motor, ¿por qué crees que es conveniente conectarlos después del receptor y desconectarlos antes de su parada?
 - a) Para evitar sobreintensidades en el arranque.
 - b) Para evitar la autoexcitación en vacío al parar el motor.
 - c) Ambas son correctas.

ACTIVIDADES FINALES

- 8. Para instalaciones que demandan más de 63 A, marca los requisitos que establece la reglamentación e indica cómo afectan al equipo de medida de las mismas.

Requisito	Tipo de afectación
El suministro debe ser trifásico.	
La instalación debe tener centro de transformación propio.	
Se facturará la energía reactiva.	
El exceso de energía se facturará con maxímetro y no con ICP.	
Será obligatorio la compensación del f.d.p.	

- 9. A la hora de diseñar un esquema de un cuadro del que parten las diferentes líneas que alimenten a los receptores de una industria, ¿qué factores **no tienes** en cuenta para la separación de circuitos?
- La importancia del receptor en el sistema productivo.
 - El uso del receptor respecto de otros receptores.
 - La intensidad de cortocircuito en el punto donde se ubica el receptor.
 - Si es de alumbrado o fuerza.

- 10. En un cuadro secundario, se instala un IGA de 4×50 A del que parten lo PIA de la tabla. Explica el problema que plantearía la instalación si los receptores son susceptibles de entrar de forma simultánea a plena carga.

PIA	10 A	10 A	16 A	16	16 A	10 A	16 A	10 A
Polos	2P	2P	2P	2P	3P	2P	2P	2P
Fase	L1	L1	L2	L3	L1, L2, L3	L1	L2	L1

- 11. Atendiendo a las prescripciones reglamentarias de la ITC-BT 29, indica si los siguientes emplazamientos (clasificados como locales con riesgo de incendio o explosión) pertenecen a la clase I o II.

Emplazamiento	Clase
Gasolinera	
Almacén de grano	
Carpintería	
Cabina de pintura	
Taller textil	

- 12. En una base industrial, aparece el siguiente epígrafe: 230V, 16A-6h/2p+T. Indica su significado.
- 13. La siguiente tabla muestra el código de colores correspondiente a clavijas y bases de corriente industriales. Complétala asignando a cada color su tensión de servicio.

Color	Tensión
Violeta	
Blanco	
Amarillo	

Color	Tensión
Azul	
Rojo	
Negro	

Figura 10.30.

Material

- Contador trifásico
- Tres transformadores de intensidad
- Tres condensadores
- Un temporizador con retardo a la conexión y otro con retardo a la desconexión
- Dos contactores

Montaje de un equipo de medida y compensación del factor de potencia en una industria

Objetivo

Conocer en qué consiste una medida indirecta y la compensación del factor de potencia.

Planteamiento

Las elevadas intensidades que se pueden dar en industrias no pueden ser medidas de forma directa. Además, estas intensidades se ven incrementadas por la componente reactiva generada por los motores instalados. Se plantea realizar un supuesto práctico de medida indirecta y compensación del factor de potencia.

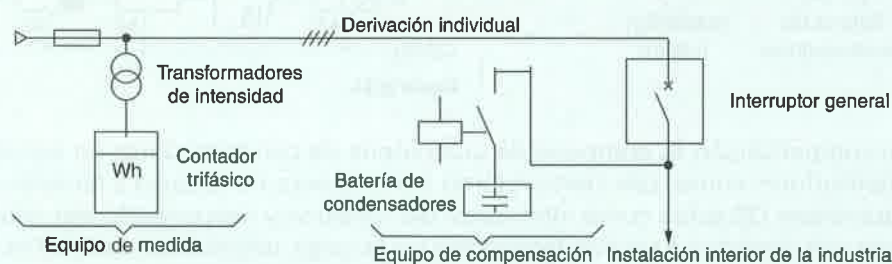
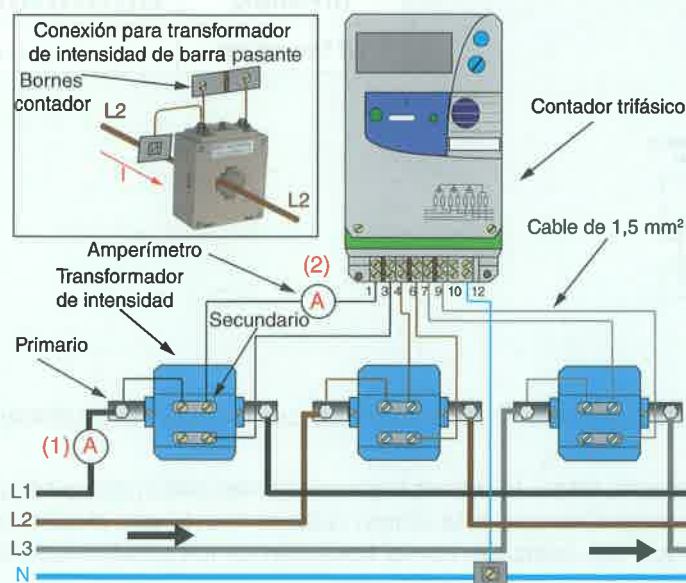


Figura 10.31. Esquema de la instalación de medida y compensación.

Desarrollo

1. Medida indirecta. Realiza el montaje de la instalación tal cual muestra la figura 10.32. En la misma, se muestra la alternativa si utilizas transformadores de intensidad de barra pasante. Conecta un motor a la salida y comprueba los valores de intensidad registrados por los amperímetros.



Punto de medida	Intensidad (A)
(1) Primario	
(2) Secundario	

Figura 10.32. Esquema de montaje del equipo de medida indirecta.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

continuación

2. Compensación del f.d.p.

- Las siguientes figuras muestran el esquema de compensación. La instalación interior se va a simular con un motor, el mismo que has utilizado para la medida en punto anterior.

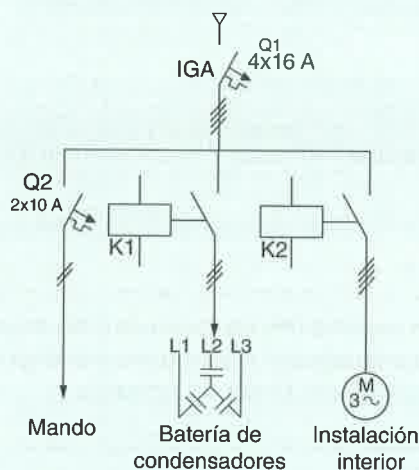


Figura 10.33.

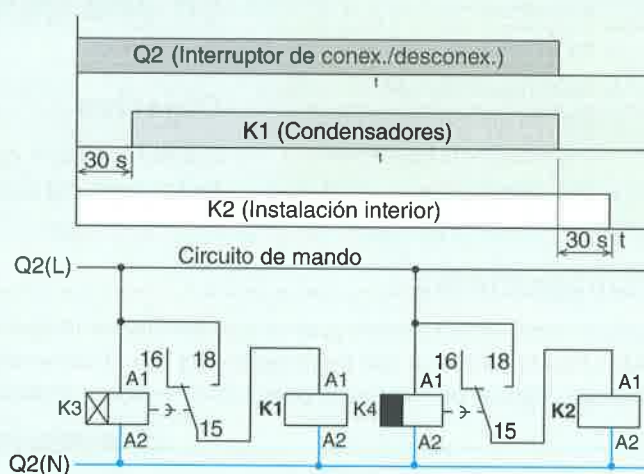


Figura 10.34.

El equipo de compensación se compone de una batería de condensadores en estrella. Es necesario que los condensadores entren con cierto retardo con respecto de la carga y también se desconecten unos segundos antes. Q2 actúa como interruptor de conexión y desconexión del sistema. K1 y K2 son los contactores que conectan a los condensadores y a la carga, respectivamente. K3 es el temporizador que conecta con retraso los condensadores y K4, el temporizador que desconecta con retraso a la carga.

- Realiza el montaje práctico de compensación de **factor de potencia**, conectando el mismo motor nuevamente a esta instalación, tal y como muestra la figura. Conexiona esta instalación a la de **medida indirecta** que has realizado antes y realiza nuevamente la medida de intensidad en los puntos indicados.

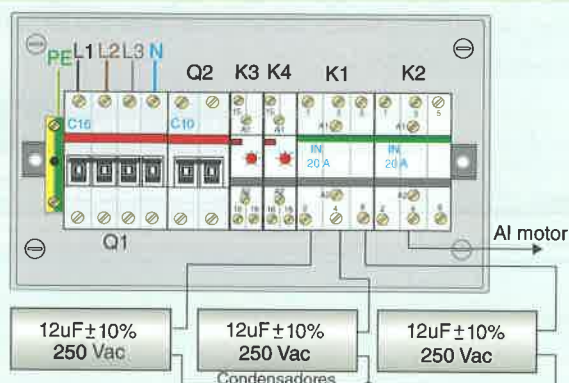


Figura 10.35.

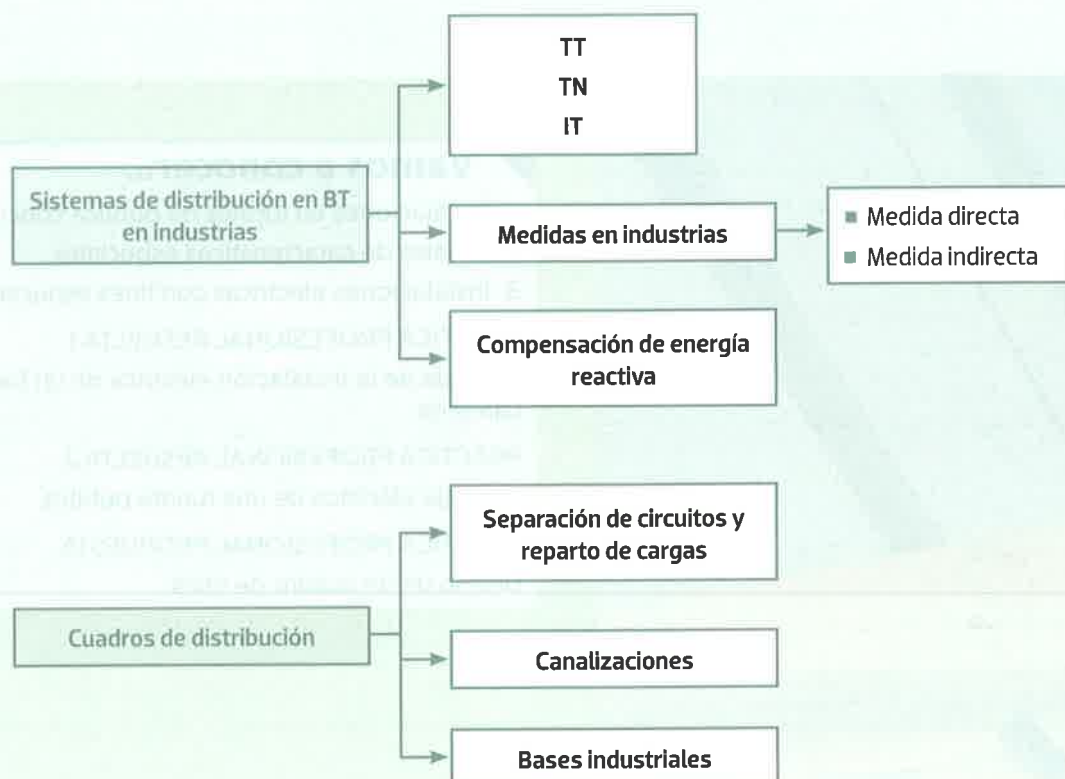
Punto de medida	Intensidad (A)
(1) Primario	
(2) Secundario	

Podrás comprobar que:

- En el montaje del **equipo de medida**, la intensidad que recorre el contador es muy inferior a la de alimentación.
- En el montaje de **corrección del factor de potencia**, mide en primer lugar en bornes del motor y seguidamente a la entrada de alimentación. Podrás comprobar que este último valor es menor que el anterior, debido a la corrección del factor de potencia que has realizado con la conexión de los condensadores. Esto reducirá, por tanto, el consumo energético.

EN RESUMEN

INSTALACIONES EN INDUSTRIAS



11 Instalaciones interiores especiales

Vamos a conocer...

1. Instalaciones en locales de pública concurrencia
2. Locales de características especiales
3. Instalaciones eléctricas con fines especiales

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

Montaje de la instalación eléctrica de un bar-cafetería

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 2

Montaje eléctrico de una fuente pública

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Diseño de un cuadro de obra

Y al finalizar esta unidad...

- Sabrás clasificar los diferentes locales de pública concurrencia.
- Conocerás los sistemas de suministro complementario y los sistemas de alumbrado de emergencia en locales de pública concurrencia.
- Conocerás los diferentes locales de características especiales, tales como locales húmedos y mojados, locales con riesgo de corrosión, locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión, etc.
- Conocerás las diferentes instalaciones clasificadas como de fines especiales, es decir, aquellas destinadas a piscinas y fuentes, a máquinas de elevación y transporte, instalaciones temporales de obra, y aquellas destinadas a ferias y stands.
- Realizarás un montaje de un local de pública concurrencia y un montaje de una fuente pública.



1. Instalaciones en locales de pública concurrencia

Los locales de pública concurrencia son todos aquellos que pueden albergar en su interior un gran número de personas, siendo obligatorio tomar medidas de seguridad que afecten a las instalaciones eléctricas. Estas medidas son el uso de cables no propagadores de llama, alumbrado de emergencia, etc.

1.1. Clasificación de los locales de pública concurrencia

Según el REBT en su ITC-BT 28 y su correspondiente Guía Técnica de Aplicación, estos locales se clasifican en cuatro grandes grupos:

Tabla 11.1. Resumen de tipos de locales de pública concurrencia.

Tipos de locales		Ejemplos	Local de pública concurrencia
1. Espectáculos y actividades recreativas		Cines, teatros, auditorios, estadios, pabellones de deportes, plazas de toros, hipódromos, parques de atracciones, ferias, salas de fiesta, discotecas, salas de juegos de azar.	Siempre
2. Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios	2.1. Locales de reunión	Templos, salas de conferencias y congresos, bares, cafeterías, restaurantes, museos, casinos, hoteles, hostales, zonas comunes de centros comerciales, aeropuertos, estaciones de viajeros, parking de uso público cerrado de más de 5 vehículos, asilos, guarderías.	Siempre
		Centros de enseñanza, bibliotecas, establecimientos comerciales, residencias de estudiantes, gimnasios, salas de exposiciones, centros culturales, clubs sociales y deportivos.	Ocupación > 50 personas ajenas al local
	2.2. Locales de trabajo	Oficinas con presencia de público.	Ocupación > 50 personas ajenas al local
	2.3. Locales de uso sanitario	Hospitales, ambulatorios, sanatorios.	Siempre
		Consultorios médicos, clínicas.	Ocupación > 50 personas ajenas al local
3. Según dificultad de evacuación en cualquier local	3.1. BD2 (baja densidad de ocupación, difícil evacuación)	Edificios de gran altura, sótanos.	Siempre
	3.2. BD3 (alta densidad de ocupación, fácil evacuación)	Locales abiertos al público: grandes almacenes.	
	3.3. BD4 (alta densidad de ocupación, difícil evacuación)	Edificios de gran altura abiertos al público. Locales en sótanos, abiertos al público.	
4. Otros locales		Cualquier local no incluido en los otros epígrafes con capacidad superior a 100 personas ajenas al local.	Siempre
Nota 1: cuando un local pueda estar considerado bajo dos epígrafes, uno de ellos «siempre obligatorio» y el otro «dependa de la ocupación», se tomará la consideración de «siempre obligatorio».			
Nota 2: cuando en un local sea difícil de evaluar el número de personas ajenas al mismo o la dificultad de evacuación en caso de emergencia, se considerará el local como de pública concurrencia.			

Como se aprecia en la tabla anterior, hay locales que se establecen de pública concurrencia dependiendo de la ocupación que puedan llegar a tener, considerando **1 persona por cada 0,8 m²** de superficie útil. Para el cómputo de la misma, quedan excluidos los pasillos, los repartidores, los vestíbulos y las zonas no accesibles al público (almacenes, oficinas privadas, etc.).

Por ejemplo, si se desea conocer la clasificación de una pequeña tienda de 36 m² de zona accesible al público, según el apartado 2.2 de la anterior tabla este tipo de locales de reunión serán clasificados como locales de pública concurrencia solo para ocupaciones mayores a 50 personas. Por tanto:

$$\text{Ocupación} = 36 / 0,8 = 45 \text{ personas.}$$

En este caso, **no** será clasificado como de pública concurrencia.

La clasificación de los locales es importante para el instalador electricista porque cuando un local es clasificado como de pública concurrencia, la instalación eléctrica necesitará obligatoriamente proyecto y deberá aplicar las medidas de seguridad estipuladas para este tipo de instalaciones.

1.2. Alimentación de los servicios de seguridad

En este tipo de locales, como es evidente, se deben tomar medidas excepcionales de seguridad en lo relativo a ascensores y alumbrado de emergencia, así como en otro tipo de servicios urgentes en materia de seguridad.

La alimentación de los servicios de seguridad es independiente de la alimentación normal; es decir, entra en funcionamiento aun cuando la línea de alimentación del local esté fuera de servicio.

Las fuentes de energía que se pueden utilizar como suministro para servicios de seguridad son las siguientes:

- Baterías de acumuladores.
- Generadores independientes; por ejemplo, grupos electrógenos.
- Otra línea de la red de distribución que sea independiente de la alimentación normal (esta línea debe venir de un centro de transformación diferente al del suministro normal).

Saber más

Según el REBT

Las baterías de **arranque de vehículos** no satisfacen las prescripciones de alimentación para los servicios de seguridad.



Figura 11.1. Grupo electrógeno diésel de 100 kVA para suministro complementario.



Figura 11.2. Sala de baterías de acumuladores para suministro complementario.



Estos equipos deben entrar en funcionamiento al producirse una falta de tensión en los circuitos de alimentación, o cuando la tensión de suministro descienda por debajo del 70 % de su valor nominal.

Hay que distinguir tres tipos de suministro complementarios o de seguridad:

- **Suministro de socorro.** Limitado al 15 % del suministro normal. Obligatorio en locales de espectáculos y de actividades recreativas en general, cualquiera que sea su ocupación, así como en locales de reunión, trabajo y usos sanitarios, siempre y cuando su ocupación prevista sea mayor de 300 personas.
- **Suministro de reserva.** Limitado a una potencia mínima del 25 % del suministro normal. Obligatorio en hospitales, clínicas, sanatorios, etc.; estaciones de viajeros y aeropuertos; parkings subterráneos para más de 100 vehículos; establecimientos comerciales o agrupaciones de estos en centros comerciales de más de 2 000 m², y en estadios o pabellones deportivos.
- **Suministro duplicado.** Capaz de mantener un servicio de suministro mayor del 50 % del suministro normal.

Ejemplo

En un hotel, con una ocupación prevista de 360 personas, la instalación eléctrica se realiza a 230/400 V y tiene una potencia de 150 kW con $\cos \varphi = 0,9$. Se pide:

- a) Clasificar dicho local.
- b) Establecer el tipo de suministro complementario necesario.
- c) Determinar el equipo de suministro complementario, así como su potencia.

Solución:

- a) El local está clasificado como **local de reunión**, según la tabla 11.1, punto 2.1.
- b) Al ser clasificado como local de reunión y tener una ocupación mayor de 300 personas, deberá disponer obligatoriamente de **suministro de socorro** (mínimo 15 % de la potencia de suministro normal).
- c) Como equipo de suministro **complementario o de seguridad**, se usará un grupo electrógeno diesel trifásico a 230/400 V, cuya potencia en kVA (sabiendo que $P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$ y $S = V \cdot I$), será la siguiente:

$$\text{Potencia} = \frac{150 \cdot 15}{100 \cdot 0,9} = 25 \text{ kVA}$$

El grupo electrógeno diésel entrará en funcionamiento cuando haya un corte del suministro (alimentación normal), o bien cuando el valor de la tensión del suministro normal descienda por debajo del 70 %.

El esquema de la figura muestra un ejemplo de los receptores que, por seguridad, se conectarán a dicho suministro cuando haya un fallo de alimentación. Estos receptores podrían ser: ascensor, garaje, una línea de alumbrado, etc.

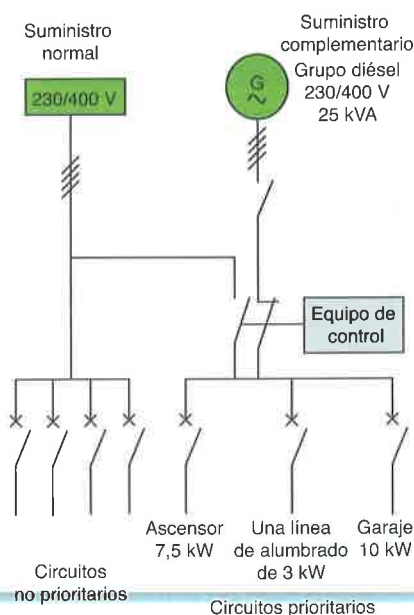


Figura 11.3.

1.3. Alumbrado de emergencia

Las instalaciones destinadas a alumbrado de emergencia tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de alimentación del alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas, para una eventual evacuación del público, o bien iluminar otros puntos que se señalen.

La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve (disponible en 0,5 segundos como máximo), incluyéndose dentro de este alumbrado al **alumbrado de seguridad** y al **alumbrado de reemplazamiento**.

Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que deben terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar una zona.

Este alumbrado debe entrar en funcionamiento de forma automática cuando se produce un fallo del alumbrado general, o bien cuando la tensión de este baje a un valor inferior al 70% de su valor nominal.

Se pueden distinguir tres tipos de alumbrado de seguridad según su función:

- **Alumbrado de evacuación.** Es el alumbrado de seguridad previsto para garantizar el **reconocimiento** y la **utilización** de los medios o las rutas de evacuación cuando los locales estén ocupados. Deberá funcionar, al menos, durante una hora una vez producido un fallo de la alimentación normal. Su iluminación mínima será de 5 lux.

La señalización de las vías de evacuación y otros puntos de señalización de urgencias se realiza mediante símbolos normalizados. Estos pueden estar iluminados de forma interna si se adhieren a la luminaria. En la figura 11.4, se muestran algunos símbolos normalizados para la señalización de rutas de evacuación y la utilización de medios de urgencias.



Figura 11.4. Ejemplo de símbolos de señalización.

Es evidente que, cuando en un local no hay alumbrado normal por encontrarse sin actividad, dicho local no podrá estar ocupado por razones de seguridad. Ahora bien, cuando el local esté ocupado, el alumbrado normal puede realizar la función de iluminación de las vías de evacuación. Sin embargo, podría haber zonas en las que el alumbrado fuera insuficiente o bien no estuviera permanentemente encendido; en tales casos, dichas zonas deben complementarse con otro tipo de alumbrado para garantizar la identificación de las rutas de evacuación (pasillos, escaleras, puertas, etc.).

Saber más

Los proyectos de instalaciones en locales de pública concurrencia deberán detallar los recorridos de evacuación, así como los valores de iluminación previstos.

Algunos ejemplos de este tipo los encontramos en hoteles u hospitales, en los que en periodo nocturno se reduce el nivel de iluminación a valores insuficientes; también en discotecas o similares, donde el alumbrado normal tampoco es suficiente, o en locales en los que existe iluminación temporizada y puede apagarse (alumbrado de garajes, etc.).

- **Alumbrado ambiente o antipánico.** Es la parte del alumbrado de seguridad prevista para evitar el riesgo de pánico y poder acceder desde cualquier zona a la ruta de evacuación, identificando los obstáculos para que no exista riesgo de tropiezos. Igualmente, deberá funcionar al menos una hora en caso de fallo de la alimentación normal, siendo su iluminación mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado hasta una altura de 2 m.
- **Alumbrado de zonas de alto riesgo.** Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso. Permite una interrupción segura de los trabajos para el operador y otros ocupantes. El tiempo de funcionamiento será, como mínimo, el necesario para abandonar la actividad o zona de alto riesgo, siendo su iluminación mínima de 15 lux o bien el 10 % de la iluminación normal.

Alumbrado de reemplazamiento

Es la parte del alumbrado de emergencia que permite la continuidad de las actividades normales.

Cuando el alumbrado de reemplazamiento proporcione una iluminación inferior al alumbrado normal, se usará únicamente para terminar los trabajos con seguridad.

Aparatos para el alumbrado de emergencia

Estos dispositivos son las luminarias que proporcionan el alumbrado de emergencia. Cuando la fuente de energía es exclusiva para un único aparato, se les denomina **luminarias autónomas**. Este tipo es el más utilizado en España. En cambio, si la fuente de energía alimenta a varios aparatos a la vez, a estos se les denomina **luminarias centralizadas**.

En función del tipo de luminaria utilizado para el alumbrado de emergencia, se pueden clasificar en tres categorías diferentes:



Figura 11.5. Aparato autónomo de alumbrado de emergencia.

	Con tensión de red	Con fallo de red		Con tensión de red	Con fallo de red
Permanente Las lámparas para alumbrado de emergencia están alimentadas permanentemente, ya se requiera alumbrado normal o de emergencia.			Combinado Contiene 2 o más lámparas, de las que al menos una está alimentada a partir de la alimentación de alumbrado de emergencia y las otras a partir de la alimentación de alumbrado normal.		
No permanente Las lámparas para alumbrado de emergencia están en funcionamiento únicamente cuando falla la alimentación del alumbrado normal.					

Tabla 11.2. Tipos de luminarias para alumbrado de emergencia.

Vocabulario

Puesta en reposo

Maniobra que permite apagar el alumbrado de emergencia después del corte de la alimentación. Su objetivo es evitar la descarga inútil de los bloques autónomos o de la fuente central durante los periodos de cierre del establecimiento. También pretende prolongar la vida útil de la batería de acumuladores. Puede ser local o remoto (telemando).

Telemando

Dispositivo de puesta en reposo del alumbrado de emergencia desde un punto central. Permite también encenderlo de nuevo sin esperar a que vuelva a conectarse la corriente.

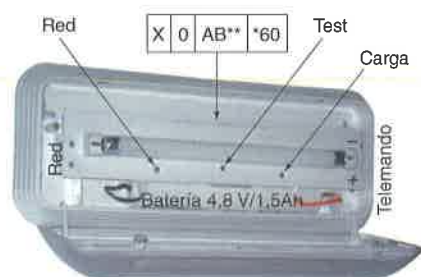


Figura 11.6. Aparato de emergencia autónomo (X), no permanente (0), con dispositivo de verificación (test), con puesta en reposo (AB**) y autonomía de una hora (*60).



Figura 11.7. Telemando para luminarias de emergencia. Permite la puesta en reposo de un determinado número de luminarias de emergencia.

Celda n°

1ª	2ª	3ª	4ª
*	**	***	***
La 1ª celda indica el tipo de luminaria : X : Aparato autónomo Z : Aparato alimentado por fuente central			
La 2ª celda indica el modo de funcionamiento : 0 : No permanente 4 : Compuesto no permanente 1 : Permanente 5 : Compuesto permanente 2 : Combinado no permanente 6 : Satélite 3 : Combinado permanente			
La 3ª celda indica los dispositivos añadidos : A : Dispositivo de verificación incorporado C : Con puesta en estado de neutralización B : Con puesta en estado de reposo a distancia D : Luminaria para zonas de alto riesgo			
La 4ª celda, solo en aparatos autónomos , indica la duración en minutos : 60 : 1 hora 120 : 2 horas 180 : 3 horas			

La luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente en la que todos los elementos, tales como la batería, la lámpara, el conjunto de mando y los dispositivos de verificación y control, si existen, estarán contenidos dentro de la luminaria o junto a ella a una distancia inferior a 1 m de ella.

Ejemplos

1. Según las especificaciones de una instalación, en los pasillos de un hospital, se van a instalar para el alumbrado de emergencia aparatos con las siguientes características:

- Aparatos autónomos permanentes; es decir, lámparas que funcionan siempre, con independencia de si hay fallo o no en la red de alimentación.
- Ahora bien, durante el día, se requiere neutralizar el estado permanente de la lámpara porque la luz es suficiente. El tratamiento sería distinto en el periodo nocturno, ya que se reduce la luminosidad.
- La autonomía (tiempo de iluminación de la lámpara) es de dos horas.

Se pide indicar la designación de marcado de dicha luminaria de emergencia.

Dicha luminaria se conectará, por un lado, a la alimentación de alumbrado normal y, por el otro, a los bornes del telemando, para realizar la neutralización del modo permanente durante el día.

Celda n°			
1ª	2ª	3ª	4ª
X	1	**C*	120

2. Una luminaria de emergencia marca la designación: X 0 *B** *60. Se pide indicar las características de dicho aparato de emergencia.

- X**: Aparato autónomo (con batería propia).
0: No permanente (se ilumina cuando hay fallo de alimentación).
B: Con puesta en estado de reposo a distancia.
60: Autonomía de la lámpara de una hora en caso de fallo de alimentación.

1.4. Cuadros de distribución, canalizaciones y conductores

En toda instalación eléctrica de locales de concurrencia pública, es necesario:

- El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o derivación individual. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará en dicho punto un interruptor general automático.
- Tanto los cuadros generales como los secundarios deben instalarse de forma inaccesible al público y todos los circuitos deben estar identificados mediante una placa indicadora situada cerca de su correspondiente dispositivo de protección.
- La instalación de alumbrado en las zonas o dependencias donde se reúna el público, el número de líneas de alumbrado, así como su disposición, deben ser tales que el corte de corriente en una de las líneas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas. Cada una de estas líneas estarán protegidas contra sobrintensidades y frente a contactos indirectos (si procede).
- Cuando el alumbrado de emergencia esté conectado en el mismo circuito que el alumbrado normal, deberá existir un interruptor manual que permita la desconexión del alumbrado normal sin desconectar el alumbrado de emergencia; es decir, los interruptores automáticos no pueden utilizarse como dispositivos de corte de alumbrado.

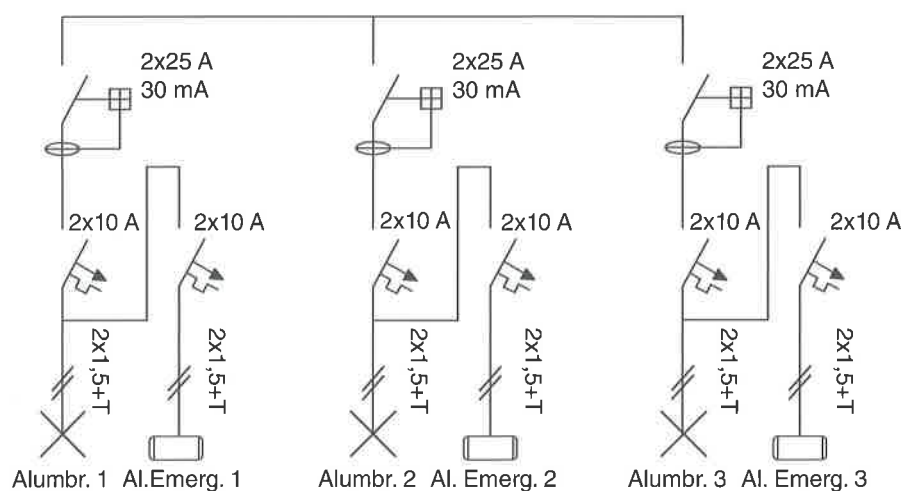


Figura 11.8. Circuitos de alumbrado de emergencia de un CGMP.

- Las canalizaciones podrán estar constituidas por:
 - Conductores aislados de 450/750 V como mínimo, colocados bajo tubo o canales protectores, preferentemente empotrados, en especial en zonas accesibles al público.
 - Conductores aislados de 450/750 V como mínimo, con cubierta de protección y colocados en los huecos de la construcción.
 - Conductores rígidos, aislados, con una tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, armados y colocados directamente sobre las paredes.

Los cables a utilizar en instalaciones de locales de concurrencia pública serán no propagadores de llama y con emisión de humos y opacidad reducida (libres de halógenos).

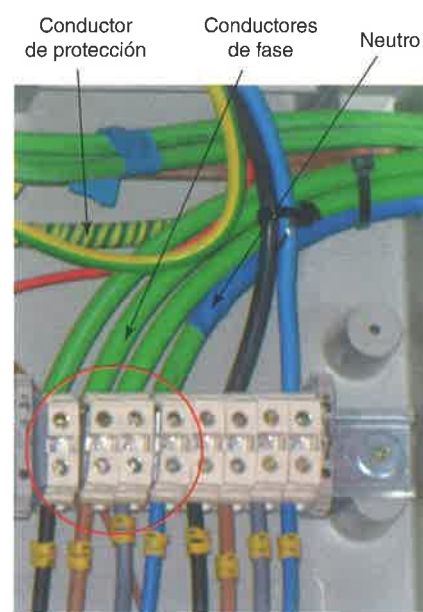


Figura 11.9. Detalle de conexión de una derivación individual para un local de pública concurrencia ubicado en la planta baja de un edificio de viviendas.

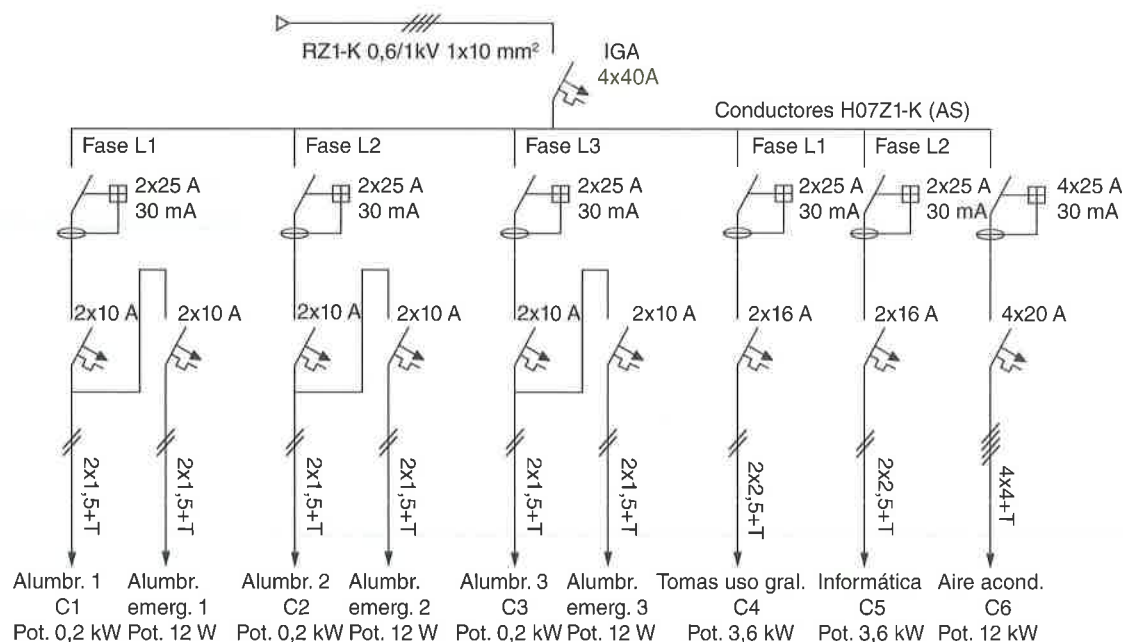
Ejemplo

Una biblioteca está compuesta por: un despacho de libros de 25 m², un archivo de 52 m², una sala de lectura de 110 m² y unos aseos de 15 m². Se pide:

- Clasificar el local.
- Realizar el esquema de distribución en planta y señalar la ubicación de los dispositivos de alumbrado de emergencia.
- Realizar el esquema unifilar del cuadro general de mando y protección.
 - Según establece la ITC-BT 28, para este tipo de local debe calcularse la ocupación (solo computa la zona ocupada por el público: despacho de libros, aseos y sala de lectura), siendo de: $N^{\circ} \text{ Personas} = 150 \text{ m}^2 / 0,8 \text{ (m}^2/\text{personas)} = 187 \text{ personas} > 50 \text{ personas}$. Según la tabla 11.1 (punto 2.1), al tener una ocupación mayor a 50 personas, se clasifica como local de pública concurrencia.
 - El alumbrado de emergencia se realizará con aparatos autónomos de tipo **X0 B** *60** conectados a las líneas de alumbrado de la zona y protegidos por PIA de 10 A. Se instalarán de tipo **evacuación** en las puertas y de tipo **ambiente** en el resto de puntos.



- Esquema unifilar del cuadro general de mando y protección.





2. Locales de características especiales

La instrucción ITC-BT 30 del REBT especifica las prescripciones reglamentarias a las que deben acogerse las diferentes instalaciones eléctricas que se realicen en los emplazamientos indicados a continuación:

2.1. Instalaciones en locales húmedos y mojados

Los locales húmedos son aquellos cuyas condiciones ambientales se manifiestan momentánea o permanentemente bajo la forma de condensación en el techo y las paredes, manchas salinas o moho aún cuando no aparezcan gotas ni el techo o las paredes estén impregnadas de agua.

Los locales mojados son aquellos en que los suelos, techos y paredes estén o puedan estar impregnados de humedad y donde se vean aparecer, aunque sea de forma temporal, lodo o gotas gruesas de agua o bien si dichos locales están cubiertos de vaho durante largos periodos.

En cuanto al material eléctrico, en estos locales, cuando no se utilicen muy bajas tensiones de seguridad (MBTS), hay que destacar las siguientes prescripciones:

Canalizaciones	Aparamenta	Receptores
Las canalizaciones deben ser estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones, sistemas o dispositivos con un grado de protección mínimo IPX1 para locales húmedos e IPX4 para locales mojados.	Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente, etc. deberán tener un grado de protección mínimo IPX1 para locales húmedos e IPX4 para locales mojados, y sus cubiertas y partes accesibles de órganos de accionamiento no serán metálicos.	Los receptores de alumbrado tendrán igualmente un grado de protección IPX1 para locales húmedos e IPX4 para locales mojados, y no serán de clase 0. Los receptores de alumbrado portátiles están prohibidos en locales mojados, excepto cuando se emplee la separación de circuitos o el empleo de muy bajas tensiones de seguridad (MBTS). En los locales húmedos, los receptores de alumbrado portátil serán de clase II.

Tabla 11.3.

2.2. Instalaciones en locales con riesgo de corrosión

Los locales o emplazamientos con riesgo de corrosión son aquellos en los que existen gases o vapores que pueden atacar a los materiales eléctricos utilizados en la instalación. Se consideran locales con riesgo de corrosión: fábricas de productos químicos, depósitos para productos derivados de la industria química, etc.

Las medidas a tomar, en cuanto a canalizaciones y aparamenta, **son las mismas que deben tomarse para los locales mojados**, debiéndose proteger además la parte exterior de los aparatos y las canalizaciones con algún tipo de revestimiento inalterable a la acción de dichos gases o vapores.

2.3. Instalaciones en locales polvorientos sin riesgo de explosión

Los locales o emplazamientos polvorientos son aquellos en que los equipos eléctricos están expuestos al contacto con el polvo en cantidad suficiente como para producir su deterioro o un defecto de aislamiento.

En estos locales o emplazamientos, tanto las canalizaciones eléctricas, prefabricadas o no, como los equipos y la aparamenta tendrán un grado de protección IP5X mínimo (considerando la envolvente como categoría 1), salvo que las características del local exijan uno más elevado.

Recuerda

No todas las envolventes son adecuadas para una determinada instalación. Por tanto, en función de las características de la instalación, hay que elegir la envolvente correspondiente con un grado de protección igual o mayor al exigido. Cada caja, por norma general, indica su IP.



Figura 11.12. Caja de derivación de PVC con grado de protección IP65.

Recuerda

Cuando se indica el grado de protección IPX1, IPX4, etc., se indica el grado de protección frente a la entrada de agua en canalizaciones, envolventes y receptores. Esto no implica que no deba tener un grado de protección contra la entrada de objetos sólidos. Este otro dígito debe ser valorado en función de la instalación.

2.4. Instalaciones en locales a temperaturas elevadas o a muy bajas temperaturas

Un local de temperaturas elevadas se considera aquel en que la temperatura ambiental del aire es susceptible de sobrepasar con cierta frecuencia los 40 °C, o bien la temperatura tiende a mantenerse por encima de los 35 °C.

Un local de muy bajas temperaturas se considera aquel en el que puedan presentarse y mantenerse temperaturas ambientales por debajo de los -20 °C. Uno de los locales considerados de muy baja temperatura es la cámara de congelación de una planta frigorífica.

En cuanto al material eléctrico, hay que destacar las siguientes medidas a tomar:

Local	Conductores	Aparatos eléctricos
De temperaturas elevadas	Si se utilizan cables con aislamientos plásticos o gomas, podrán utilizarse para una temperatura de hasta 50 °C, aplicando un coeficiente de reducción a su $I_{m\acute{a}x}$. Si la temperatura es superior a los 50 °C, se deben utilizar cables especiales con un aislamiento que presente una mayor estabilidad térmica como, por ejemplo, cables con aislamiento de silicona de altas temperaturas.	Estos deben ser elegidos por el instalador de forma que en las especificaciones técnicas ofrecidas por el fabricante esté reflejado que su diseño permite el trabajo a las temperaturas previstas en el local.
De muy bajas temperaturas	El aislamiento y demás elementos de protección de material eléctrico utilizado deberá ser tal que no sufra deterioro ni daños por la temperatura a la que están sometidos.	Los aparatos deberán poder soportar las bajas temperaturas a las que están sometidos debido a las condiciones ambientales.

Tabla 11.4.

2.5. Instalaciones con baterías de acumuladores

Las baterías de acumuladores con posibilidad de desprender gases corrosivos se consideran como locales o emplazamientos con riesgo de corrosión, debiendo cumplir todas las condiciones vistas anteriormente para locales clasificados como corrosivos. Además, cabe destacar las siguientes medidas:

- El equipo eléctrico debe estar protegido frente a los vapores y gases desprendidos por el electrolito de las baterías.
- El local deberá tener ventilación natural o forzada para una rápida y perfecta renovación del aire.
- Las luminarias serán de materiales tales que eviten, además, la posible corrosión por la entrada de gases en su interior.

Actividades

1. Indica el tipo de local y el grado de protección IP de la aparamenta. Por otro lado, teniendo en cuenta las tablas 5.13 y 5.14 de la unidad 5, elige el conductor más adecuado entre los siguientes: H07RN-F, RMV-K 0,6/1 kV, H07V2-K.

Local	Tipo de local	IP aparamenta	Conductor
Horno para vidrio			
Lavandería			
Almacén de azufre			
Cantera			

3. Instalaciones eléctricas con fines especiales

3.1. Instalaciones eléctricas en piscinas y fuentes

3.1.1. Instalaciones en piscinas

Volúmenes y grados de protección que deberán presentar los equipos eléctricos

Los volúmenes son la zona interior y la que circunda a la piscina, clasificando tres zonas diferentes reflejadas en la siguiente tabla, la cual refleja, además, los grados de protección (IP) de los equipos eléctricos (incluyendo las canalizaciones, empalmes, conexiones, etc.).

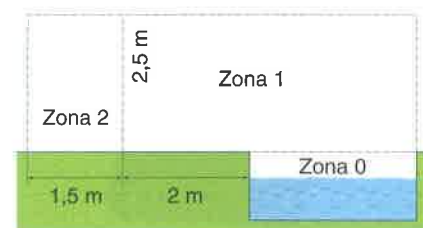


Figura 11.13. Volúmenes en piscinas.

Zona 0	Zona 1	Zona 2
Es la zona interior de la piscina Los equipos presentarán un grado de protección IPX8.	Es la zona que circunda la piscina a 2 m de esta y todo el espacio situado a una altura de 2,5 m. Los equipos presentarán un grado de protección IPX5 o IPX4: para edificios que normalmente no se limpian con chorros de agua en operaciones de limpieza.	Es la que circunda a la zona 1 a 1,5 m de esta e igualmente todo el espacio situado a una altura de 2,5 m. Los equipos presentarán un grado de protección: IPX2 en ubicaciones en el interior. IPX4 en ubicaciones en el exterior. IPX5 en localizaciones que pueden ser alcanzadas por chorros de agua durante las operaciones de limpieza.

Tabla 11.5.

En las zonas 0 y 1, solo se admiten alimentación de equipos por muy bajas tensiones de seguridad (MBTS) a 12 V en alterna o 30 V en continua. La fuente de alimentación de seguridad se instalará fuera de las zonas 0, 1 y 2.

En la zona 2, los equipos para uso en el interior de la piscina que solo estén destinados a funcionar cuando las personas estén fuera de la zona 0 (equipos de limpieza, etc.), se deben alimentar bien por MBTS igualmente con la fuente de alimentación fuera de todos los volúmenes, bien mediante desconexión automática de la alimentación, mediante interruptor diferencial de sensibilidad máxima de 30 mA o por separación eléctrica (transformador de separación) situado el equipo de separación fuera de todos los volúmenes.

Canalizaciones, conductores, cajas de conexión, luminarias y aparataje eléctrica para piscinas

Dentro de la piscina (volumen 0), no se puede instalar canalización alguna que esté al alcance de los bañistas, ni podrán instalarse líneas aéreas por encima de los volúmenes 0, 1 y 2.

En cuanto a los cables instalados en cualquiera de las zonas, deben cumplir los requisitos de locales mojados.

En los volúmenes 0 y 1, no se admite ningún tipo de caja de conexión, salvo en el volumen 1, en el que se admitirán cajas de conexión para muy baja tensión de seguridad (MBTS), que deberán poseer un grado de protección IPX5 y ser de material aislante. Para su apertura, será necesario el empleo de un útil o herramienta.

Las luminarias colocadas bajo el agua se colocarán en nichos detrás de una mirilla estanca y cuyo acceso solo sea posible por detrás, instaladas de forma que no pueda haber contacto intencionado ni entre partes conductoras accesibles de la mirilla ni entre partes metálicas de la luminaria.



Figura 11.14. Transformador encapsulado 230 V/12 V, para alimentación por MBTS de equipos eléctricos en piscinas.

Recuerda

Las bases y clavijas MBTS de 24 V se identifican por el color violeta.



Figura 11.15. Clavija de empotrar de 24 V 16 A.

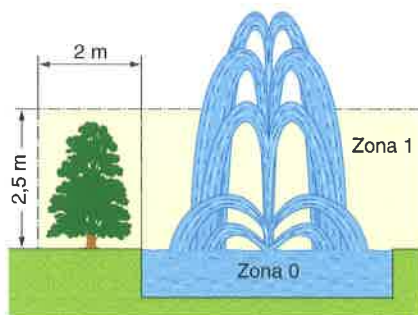


Figura 11.17. Volúmenes para fuentes.



Figura 11.16. Luminarias para piscinas: de incandescencia de 300 W/12 V y halógena de 100 W/12 V.

Está prohibido instalar mecanismos tales como interruptores, tomas de corrientes, etc., en los volúmenes 0 y 1 y, en el volumen 2, se podrán instalar bases de toma de corriente e interruptores, siempre y cuando estén protegidos bien por MBTS, bien mediante separación de circuitos, instalando la fuente de alimentación en ambos casos fuera de los volúmenes 0, 1 y 2, o bien por corte de alimentación automático por diferencial con sensibilidad máxima de 30 mA.

3.1.2. Instalaciones en fuentes

A diferencia de las piscinas, en las fuentes **solo existen** los volúmenes 0 y 1; es decir, el volumen 0 es el interior de la fuente y el volumen 1 el que circunda a la fuente a 2 m y una altura de 2,5 m para ambas zonas.

En lo que respecta a los requisitos de la instalación, canalizaciones, cables, y equipos:

Se deben emplear alguna de las siguientes medidas de seguridad: el uso de MBTS de 12 Vca o 30 Vcc; de protección con diferencial de 30 mA; o bien de un sistema de separación de circuitos, situando el transformador de separación fuera de la zona 0.

Las bases de corrientes no están permitidas en ninguna zona.

Se debe instalar una red equipotencial suplementaria total en ambas zonas, de tal forma que todas las partes conductoras (metálicas) accesibles, tales como surtidores, tuberías metálicas o cualquier otro accesorio, como báculos metálicos para iluminación, etc., estén interconectados por un conductor de red equipotencial.

Los equipos eléctricos deberán tener un grado de protección IPX08 en la zona 0 y un grado de protección IPX5 en la zona 1.

Los cables a instalar cumplirán las mismas normas que las piscinas y locales mojados; ahora bien, si se instalan bajo tubo, estos deben tener un grado de protección mecánica IK5.

Tabla 11.6.



Figura 11.18. Foco sumergible de 100W/12 V para fuentes, con grado de protección IP58 (SAFE-RAIN).



Figura 11.19. Cajas de conexión subacuáticas de latón y metacrilato, para fuentes con grado de protección IPX8 (SAFE-RAIN).



3.2. Instalaciones eléctricas para máquinas de elevación y transporte

Son las que se destinan a alimentar grúas, montacargas, ascensores, escaleras mecánicas, cintas transportadoras, puentes grúa, cabrestantes, etc. En este tipo de instalaciones, principalmente hay que destacar lo siguiente:

Será necesario un interruptor de corte general omnipolar de accionamiento manual colocado en el circuito principal de alimentación del equipo.

El accionamiento móvil (por botoneras suspendidas bajo cable, por radiofrecuencias, etc.) únicamente se permite en el caso de que las máquinas de transporte no dispongan de jaulas para el mismo; es decir, si se permite, por ejemplo, en el caso de grúas, cintas de transporte, etc. pero no en ascensores.

En la instalación exterior de servicios móviles, se utilizarán cables flexibles con cubierta de goma, tales como policloropreno o similares.

Los interruptores deben ser de corte omnipolar y deberán tener los medios necesarios para impedir toda puesta en tensión de las instalaciones de forma imprevista.

Las instalaciones de grúas y aparatos de elevación y transporte deben estar equipadas con un interruptor que permita la desconexión de la instalación eléctrica en labores de mantenimiento y reparación. La desconexión debe dejar fuera de servicio no solo a los circuitos de potencia sino también a los de mando.

Todo aparato de elevación y transporte deber tener uno o más mecanismos de parada de emergencia, en todos los puestos de mando de movimiento. Cuando existan varios circuitos, los mecanismos de parada de emergencia deben ser tales que, con una sola acción, provoquen el corte de toda la alimentación.

Después de un corte de emergencia, debe evitarse la reconexión de la alimentación mediante **enclavamientos** mecánicos o eléctricos. La reconexión solo será posible desde el dispositivo desde el cual se realizó el corte de emergencia.

Tabla 11.7.

3.3. Instalaciones eléctricas provisionales o temporales de obra

Este tipo de instalaciones son aquellas destinadas a la construcción de nuevos edificios, a trabajos de reparación, modificación o demolición de edificios, a trabajos de obra públicos, y a obras de excavación o similares. Principalmente, hay que destacar en este tipo de instalaciones lo siguiente:

- La máxima tensión de contacto en corriente alterna será de 24 V y cada base o grupo de bases de corriente deben estar protegidas: por interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad máxima, por MBTS o por transformador de separación de circuitos individual para cada base o grupo de bases.
- Para equipos a la intemperie, su grado de protección será **IP45** mínimo.
- Los conductores para la acometida en instalaciones de obra exteriores serán de tensión mínima de 450/750 V, con cubierta de policloropreno o similar, y aptos para servicios móviles. Los conductores para instalaciones interiores serán de tensión mínima asignada de 300/500 V y aptos para servicios móviles.



Figura 11.20. Interruptor seccionador de seguridad y seta de emergencia con enclavamiento mecánico.

Vocabulary

- Enclavamiento mecánico: mechanical interlock.
- Enclavamiento eléctrico: electrical interlock.

- Los dispositivos de seccionamiento y de protección pueden estar en el cuadro principal o en los cuadros secundarios, y los dispositivos de seccionamiento de cada sector (agrupación de circuitos que alimentan una serie de receptores) deben poder ser bloqueados en posición abierta; por ejemplo, por enclavamiento o por llave.
- Todo circuito de alimentación de receptores debe partir de un cuadro de distribución (principal o secundario) y debe estar dotado de protecciones contra sobrecorrientes (con automáticos o fusibles) e interruptores diferenciales u otros medios para la protección contra contactos indirectos.

La figura siguiente muestra un ejemplo de un cuadro general de obra.

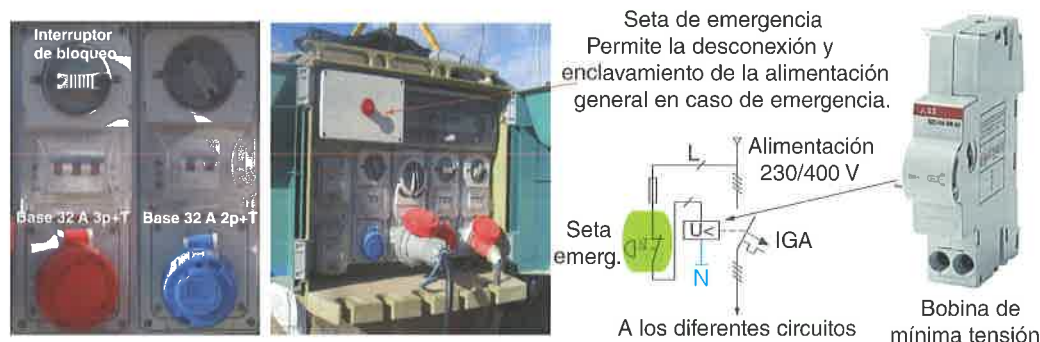


Figura 11.21..

Los cuadros de obra se pueden instalar:

- Con o sin bobina de mínima que acciona el interruptor general, como medida de seguridad.
- Con protector contra sobretensiones permanentes y/o transitorias.
- Con interruptores diferenciales con rearme automático.
- Con bornes para grúas.
- Con o sin paro de emergencia.
- Con bases de corriente con y sin enclavamiento.
- Con bases de corriente monofásicas y trifásicas. Calibres de 16, 32 y 63 A.

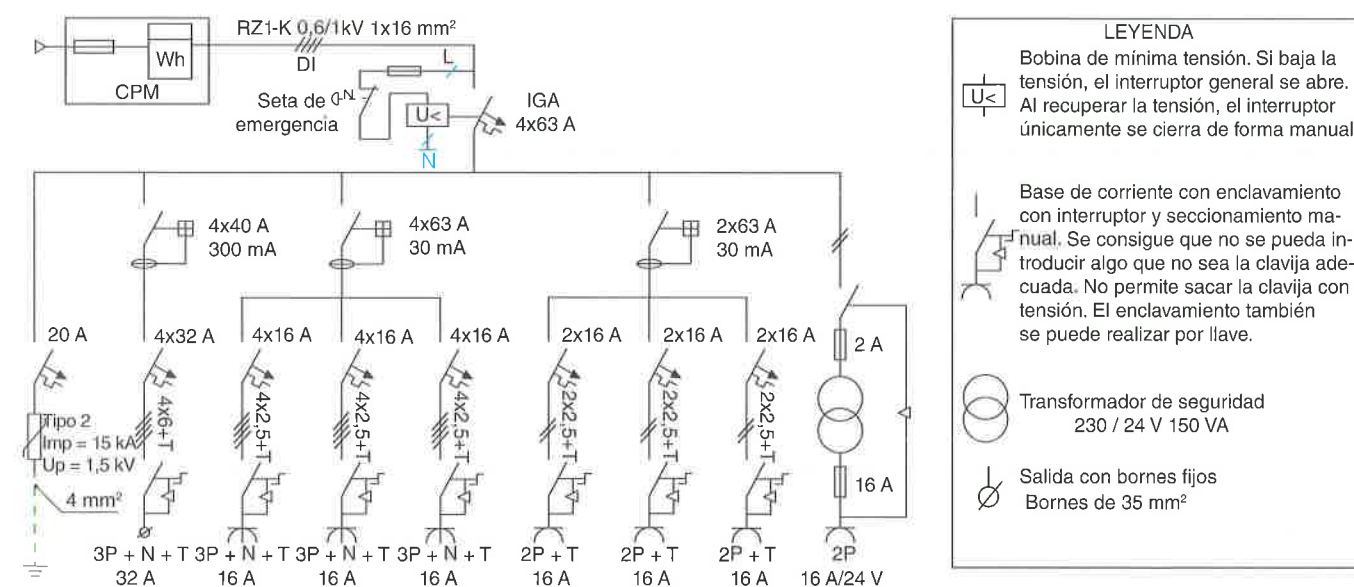


Figura 11.22. Ejemplo de un cuadro general de obra.



En grandes obras (construcciones de vía pública, carreteras, autopistas y centros comerciales, entre otros), se deben recorrer largas distancias para distribuir la electricidad, y las caídas de tensión pueden ser elevadas. Una solución es utilizar varios cuadros para distribuir la energía eléctrica.

3.4. Instalaciones eléctricas para ferias y stands

Este tipo de estructuras están destinadas a instalaciones eléctricas temporales de feria, exposiciones, muestras, stands, alumbrados festivos de calles, verbenas y manifestaciones análogas.

Aunque por cualquier circunstancia haya una gran demanda de potencia, estas instalaciones se alimentarán siempre en baja tensión a 230V/400 V.

Todas las instalaciones se realizarán de acuerdo con las condiciones ambientales correspondientes; es decir, teniendo en cuenta los agentes atmosféricos que puedan afectar al funcionamiento de la instalación.

Cualquiera que sea el esquema de distribución, la protección contra contactos directos e indirectos de las instalaciones de los equipos expuestos al público debe realizarse con interruptores diferenciales de sensibilidad máxima de 30 mA. Así mismo, es recomendable como medida de protección, la instalación de interruptores diferenciales generales **selectivos** de sensibilidad máxima 500 mA.

La aparamenta de mando y protección deberá estar situada en envolventes cerradas que no puedan abrirse más que por la ayuda de un útil o una llave, a excepción de sus accionamientos manuales.

Los grados de protección para las canalizaciones y envolventes serán de IP4X, para las instalaciones de interior, y de IP45, para las instalaciones de exterior.

En instalaciones exteriores, los cables serán de tensión asignada mínima de 450/750 V, con cubierta de policloropreno o similar, y aptos para servicios móviles.

Se instalará alumbrado de seguridad siguiendo lo estipulado en la ITC-BT 28 en aquellas instalaciones temporales interiores que puedan albergar más de 100 personas.

Saber más

Exposición

Cualquier acontecimiento dedicado a la exposición o venta de productos que pueda tener lugar en un emplazamiento adecuado, ya sea edificio, estructura temporal o bien al aire libre.

Muestra

Presentación o espectáculo realizado en cualquier emplazamiento apropiado, ya sea estancia, edificio, estructura temporal o al aire libre.

Estand

Estructura temporal utilizada para la presentación, marketing, ventas, ocio, etc.

Parque de atracciones

Área donde se incluyen casetas de feria, atracciones, tióvivos, etc., con el fin de diversión pública.

Estructura temporal

Unidad o parte de ella situada en el interior o exterior diseñada o concebida para su fácil instalación, retiro y transporte.

Actividades

2. Diseña la instalación eléctrica de una caseta de feria de $14 \times 10 \text{ m}^2$ situada sobre una carpa. Sus equipos serán:

- Un cuadro general de mando y protección.
- 3 líneas de alumbrado interior de la caseta con 12 lámparas de led de 20 W/230 V por cada una de las líneas, siendo la longitud de cada una de ellas de 16 m.
- Un circuito monofásico para instalar botelleros con potencia de 1,2 kW, $\cos \varphi = 0,85$, con una longitud de 10 m.
- Un circuito monofásico para tomas de uso general de 3,68 kW, $\cos \varphi = 1$, con una longitud de 12 m.

La instalación se ubica en el campo, donde no se dispone de línea eléctrica; por eso, se opta por alimentarla a través de un **grupo electrógeno** trifásico de 230/400 V. Todas las canalizaciones se realizarán con manguera bipolar, con conductores de cobre y aislamiento de PVC en montaje superficial.

Responde a las siguientes cuestiones:

- a) ¿Podría dicha caseta de feria estar clasificada también como local de pública concurrencia?
- b) Diseña su esquema unifilar, incluyendo las luminarias de emergencia en caso de que sean necesarias.
- c) Calcula la potencia en kVA de dicho grupo, estableciendo un $\cos \varphi$ para toda la instalación de 0,9.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

Material

- Interruptores y diferenciales
- Reguladores y temporizadores de luz
- Mecanismos, cajas de registro, tubos, cables, etc.

Montaje de la instalación eléctrica de un bar-cafetería

Objetivo

Instalación de un local de pública concurrencia.

Planteamiento

Bar-cafetería de 180 m². La siguiente tabla refleja los circuitos del local:

Circuito	Receptores	Tens. (V)	Pot. (kW)	cos ϕ	L (m)
C1	Alumbrado 1	230	0,2	1	27
C2	Alumbrado 2	230	0,2	1	22
C3	Alumbrado 3	230	0,2	1	25
C4	Botelleros y neveras	230	3,2	0,9	20
C5	Cafetera	230	3	1	10

Circuito	Receptores	Tens. (V)	Pot. (kW)	cos ϕ	L (m)
C6	Tomas de salón	230	0,2	1	25
C7	Tomas de uso general	230	0,2	1	32
C8	Cocina y horno	230	0,2	1	28
C9	Freidora	230	4,5	1	26
C10	Aire acondicionado	400	6,5	0,9	18

Desarrollo

1. Esquema de distribución en planta.

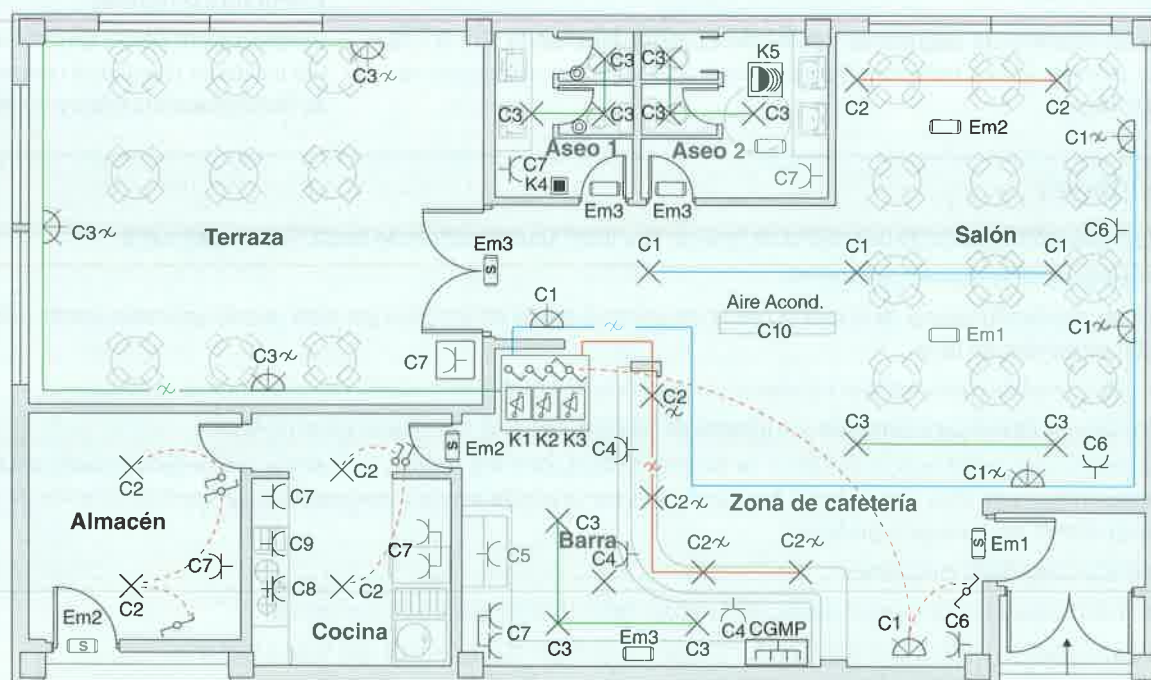


Figura 11.23. Esquema topográfico de la instalación.

2. Especificaciones de las instalaciones.

a) **Instalación de alumbrado.** Constituida por 3 circuitos repartidos entre las distintas estancias y compuesto por lámparas led de 18 y 20 W. Los accionamientos se realizarán del siguiente modo:

- **Alumbrado intensivo de salón y barra.** Para el salón, se instalarán tres interruptores para el accionamiento de las tres líneas de alumbrado intensivo conectadas a C1, C2 y C3. Un interruptor para el encendido/apagado de la iluminación de la barra.
- **Alumbrado regulable.** Se instalarán tres reguladores de potenciómetro o pastilla, que servirán para el accionamiento y la regulación del alumbrado ornamental del salón (conectado a C1), el alumbrado de ambiente de la barra (conectado a C2) y el alumbrado de la terraza (conectado a C3).
- **Alumbrado temporizado y accionamiento por proximidad.** En el aseo 1, las lámparas estarán temporizadas mediante automático de escalera de pastilla y pulsadores externos o bien mediante su versión en caja de mecanismos. En el aseo 2, el encendido se realiza mediante detector de presencia ubicado en el techo, con radio de acción de 360°. Se conectarán al circuito C3.
- **Alumbrado de cocina y almacén.** El accionamiento se realizará con interruptores o conmutadores conectados al circuito C2.
- **Alumbrado de emergencia.** Se realizará con aparatos autónomos, con o sin señalización de salida (según corresponda), conectados a los diferentes circuitos de alumbrado y protegidos por un PIA independiente.

b) **Instalación de fuerza.** Se instalarán bases tipo schuko de 16 A 2P+T para tomas de salón y de uso general y las bases para cocina eléctrica y horno serán de 25 A 2P+T. Para las máquinas de aire acondicionado, el conexionado se realizará con bornes.

3. **Esquema unifilar del CGMP.** Los circuitos se han calculado teniendo en cuenta:

- Una caída de tensión del 3% para alumbrado y del 5% para fuerza.
- Se utilizarán conductores unipolares libres de halógenos tipo H07Z1-K (AS) bajo tubo empotrado.
- Los circuitos de alumbrado se canalizan **agrupados** bajo el mismo tubo en algunos tramos. Los circuitos de fuerza se canalizan siempre en tubos independientes.
- Se considera receptor tipo motor al circuito de aire acondicionado.

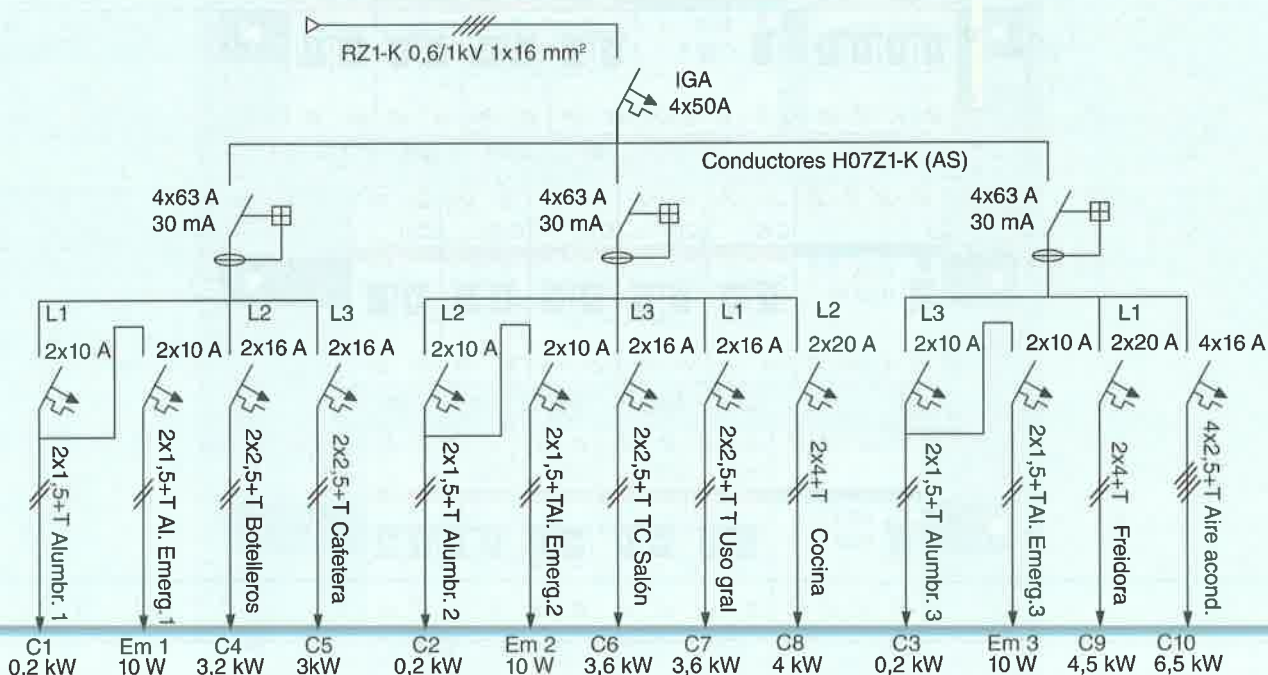


Figura 11.24. Esquema topográfico de la instalación.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 1

continuación

4. Esquemas de control de alumbrado. La figura muestra la conexión de:

- Regulación de luminosidad por potenciómetro utilizado para el control de alumbrado de la barra, terraza y alumbrado ornamental del salón. Puede ser sustituido por otro tipo de regulador; por ejemplo, tipo pastilla reguladora.
- Alumbrado temporizado del aseo 1 mediante pastilla temporizadora y pulsadores. Puede ser sustituido por otro tipo, por ejemplo, interruptor temporizado.

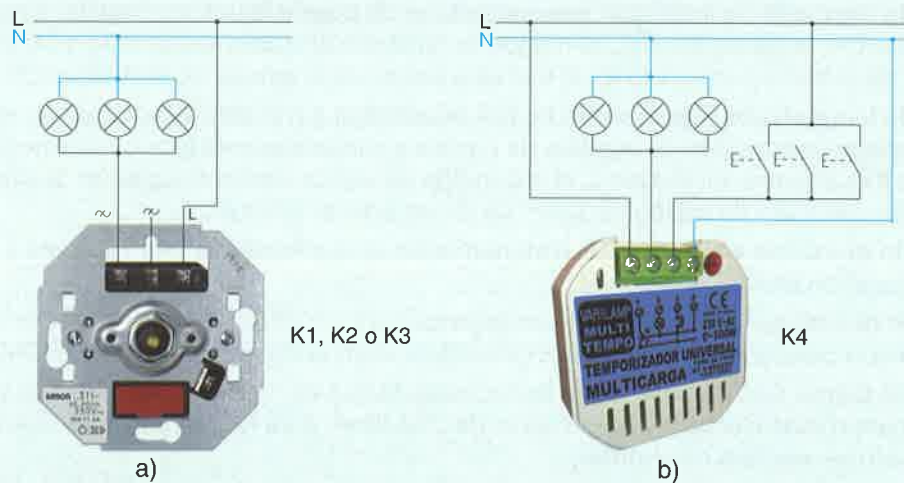


Figura 11.25.

5. Montaje del cuadro general.

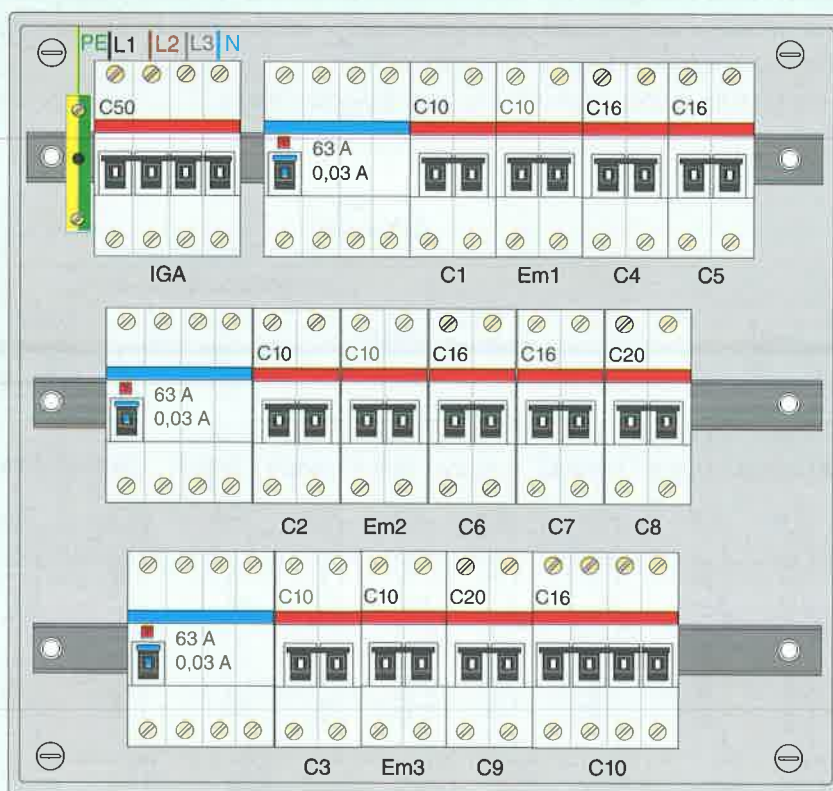


Figura 11.26. CGMP del local.

6. Montaje de la instalación interior del local. Realiza el montaje de la instalación simplificada, según muestra la siguiente figura. Instala, al menos, una lámpara de emergencia.

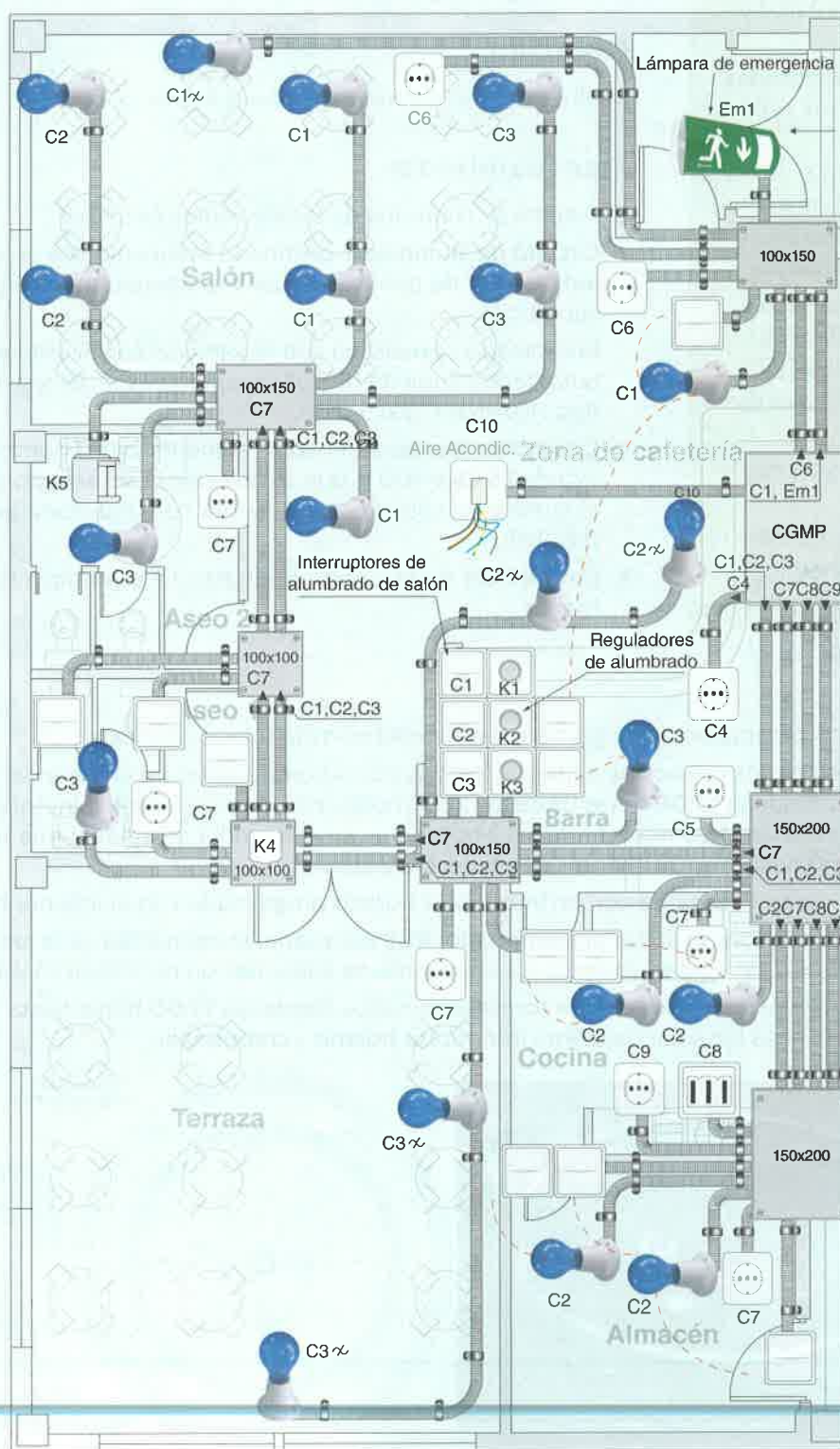


Figura 11.27.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA 2

Material

- Interruptores automáticos:
1 de 4×16 A, 2 de 2×10 A y
1 de 3×10 A
- Interruptores diferenciales:
1 de 2×25 A/30 mA y 1 de
4×25 A/30 mA
- 1 contactor 2×20 A,
1 contactor de 3×10 A,
2 interruptores horarios y
1 interruptor crepuscular
- 1 fuente de alimentación
576 W, 230 V/24 VDC y
1 controlador luz led RGB
- 6 focos led de 35 W de tipo
RGB de 24 V
- 1 manguera de 5G1,5 mm² y
1 de 4G1,5 mm²
- Caja de registro 100×100,
prensaestopas, racores,
canaleta, carril DIN, etc.

Montaje eléctrico de una fuente pública

Objetivo

Realizar el diseño y montaje de una fuente pública.

Planteamiento

El sistema se compone de los siguientes circuitos:

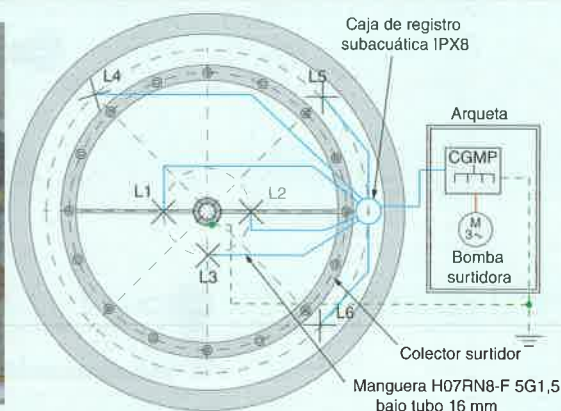
- **Circuito de alumbrado:** destinado a alimentar a 6 proyectores o focos led de 35 W de tipo RGB de 24 V, pudiendo trabajar sumergidos o en superficie.
El cableado se realizará con mangueras con aislamiento de estireno-butadieno y cubierta de policloropreno especial resistente al agua, de tipo H07RN8-F 5G1,5 mm².
- **Circuito de fuerza:** destinado a alimentar a una bomba surtidora trifásica de 1,5 CV y 400 V, que se ubica en la arqueta donde se encuentra el cuadro de control y se alimenta con una manguera de tipo RV-K 0,6/ 1kV.
- **Circuito de mando:** alimenta a todo el equipo de control de la fuente.

Desarrollo

1. Funcionamiento y programación de los sistemas de control de la fuente pública:
 - a) **Sistema hidráulico:** los chorros de agua impulsados por la bomba surtidora entrarán en funcionamiento todos los días desde la 10:00 horas hasta las 21:00 horas, con impulsos de 15 minutos y paros de otros 15 minutos. Desde las 21:00 horas hasta las 24:00 horas, se mantendrá activa de forma constante. Desde las 00:00 horas hasta las 10:00 horas permanecerá inactiva.
El sistema de control se realiza con un **interruptor horario** programado con el anterior horario.
 - b) **Sistema de iluminación:** se utiliza un controlador RGB para variar la intensidad de la luz y el color de los focos led RGB de 24 V. Este se conectará a una fuente de alimentación de 576 W/24 VDC.
El encendido de los focos se hará de forma automática desde las 19:00 horas hasta las 24:00 horas siempre que no haya luz solar mediante **interruptor horario** y **crepuscular**.



Figura 11.28.



2. Esquemas eléctricos.

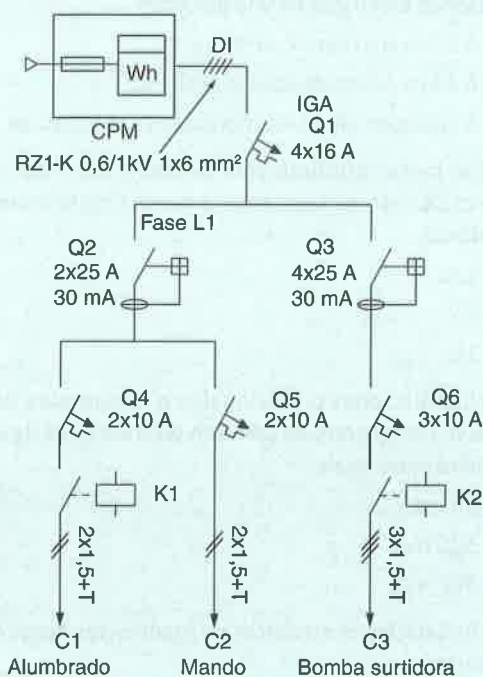


Figura 11.29. Esquema unifilar del CGMP.

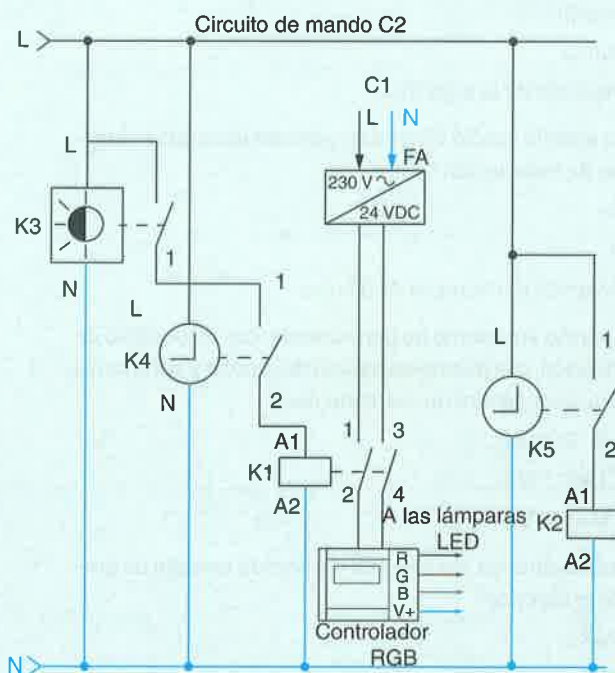


Figura 11.30. Esquema de mando.

Los 6 focos se conectarán en paralelo en una caja de registro a través de una manguera de 5 hilos de 1,5 mm² al terminal correspondiente: R, G, B, V+, TT (hilos negro, marrón, gris, azul y amarillo-verde de la manguera).

3. Esquema de montaje.

Realiza el montaje sobre el panel de pruebas, tal y como muestra la figura. Antes de probar su funcionamiento, lee atentamente el manual de controlador RGB y programa una secuencia de colores.

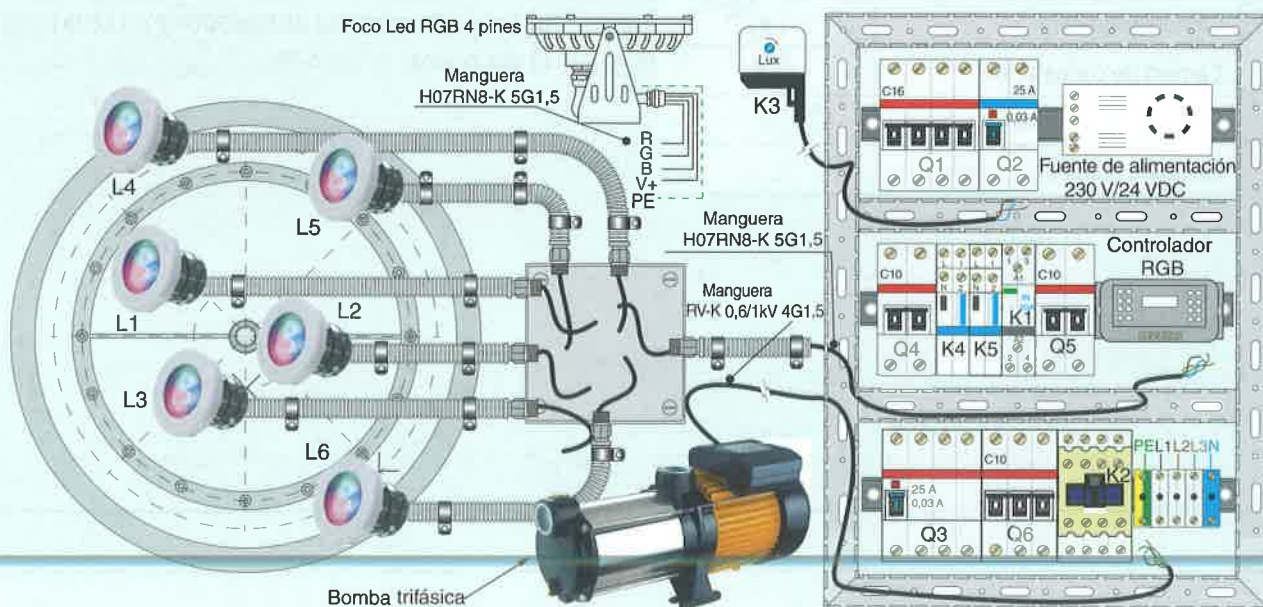


Figura 11.31.

TEST DE EVALUACIÓN

RESUELVE EN TU CUADERNO O BLOC DE NOTAS

1. Un consultorio médico es un local de pública concurrencia:

- a) Siempre.
- b) Nunca.
- c) Depende de la superficie.

2. En un edificio con 34 viviendas, ¿deberá instalarse alumbrado de evacuación?

- a) No.
- b) Sí.
- c) Depende del número de plantas.

3. Un aparato autónomo no permanente, con dispositivo de verificación, con puesta en estado de reposo y autonomía de una hora, tendrá un marcado de:

- a) X 0 *B** *60.
- b) X 1 AB** 120.
- c) X 0 AB** 60.

4. En una lavandería, las cajas de derivación tendrán un grado de protección:

- a) IP4X.
- b) IPX5.
- c) IK08.
- d) IPX1.

5. Clasifica los siguientes locales de características especiales:

Almacén de productos químicos	
Tintorería	
Cámara frigorífica	
Cámara de congelación	
Secadero de jamones	
Lavadero público	

6. ¿A qué altura, como mínimo, se pueden instalar canalizaciones eléctricas en una piscina?:

- a) A 2,5 m solo dentro de la zona 0.
- b) A 2,5 m dentro de las zonas 0, 1 y 2.
- c) A cualquier altura, siempre que sean estancas.

7. ¿Qué factor multiplicador se debe tener en cuenta en el cálculo de la potencia de una cinta transportadora?

- a) 1,25.
- b) 1,3.
- c) 1,8.

8. En instalaciones provisionales o temporales de obra (salvo excepción), se admiten diferenciales de sensibilidad máxima de:

- a) 30 mA.
- b) 300 mA.
- c) 500 mA.

9. En instalaciones eléctricas de fuentes, las bases de corriente:

- a) Se permiten solo si son estancas con tapas.
- b) Se permiten si están protegidas con MBTS 12 V.
- c) No se permiten.

10. En máquinas de elevación, ¿se permite el accionamiento por botoneras suspendidas por RF (radiofrecuencia)?

- a) Sí, siempre.
- b) Solo si la máquina de transporte no lleva jaula.
- c) No, nunca.

ACTIVIDADES FINALES

1. En la siguiente tabla, señala **Sí** o **No** en la casilla correspondiente a las instalaciones que se consideran locales de pública concurrencia.

Local	Pública concurrencia	Local	Pública concurrencia
Restaurante de 60 m ²		Salón recreativo	
Academia de 40 m ²		Garaje de 5 plazas	

2. Indica cómo se califican los siguientes locales de características especiales atendiendo al REBT:

Instalación	Calificación
Caseta de feria	
Almacén de áridos	
Planta frigorífica	Locales a muy baja temperatura
Sala de acumuladores de una instalación solar	
Fábrica de productos químicos	
Horno de panadería	
Puente grúa	

3. En una plaza pública, hay que realizar un cuadro para **eventos festivos**, con la intención de alimentar el alumbrado festivo de la plaza y un escenario.

La alimentación del cuadro se realiza mediante una derivación individual trifásica a 230/400 V, con conductores unipolares de tipo H07V-K bajo tubo metálico rígido, los cuales parten de una caja de protección y medida (CPM) ubicada a 6 m de este.

Los receptores que se estiman son los siguientes:

- **Escenario:** 4,5 kW para sonido y 5 kW para focos.
- **Alumbrado de la plaza:** 60 lámparas led de 20 W distribuidas en tres líneas.
- **Tomas de uso general monofásicas:** 3,6 kW.
- La c.d.t. para el escenario es del 5 % para sonido y el 3 % para focos. Longitud: 18 m.
- Para el alumbrado de la plaza, la c.d.t. es del 3% y las longitudes de las tres líneas son de 50 m.
- Las tomas monofásicas se adosan en el mismo cuadro.
- El factor de potencia es la unidad para todos los circuitos y el coeficiente de simultaneidad también es la unidad.

Se pide rellenar la tabla adjunta para el cálculo de las secciones y protecciones de esta instalación de tipo especial de carácter ferial. La alimentación desde el cuadro general hacia el escenario se realiza con dos mangueras de tipo DN-F 0,6/1 kV (una para sonido y otra para focos). Para el alumbrado de la plaza, se utilizarán mangueras RV-K 0,6/1 kV.

Circuito	II/III	Tensión (V)	Potencia (kW)	Intens. (A)	Long. (m)	Secc. mm ²	Protec. (A)
Derivación individual	III						
Sonido (escenario)	II						
Focos (escenario)	II						
Alumbrado 1 (plaza)	II						
Alumbrado 2 (plaza)	II						
Alumbrado 3 (plaza)	II						
Tomas monofásicas	II						

ACTIVIDADES FINALES

- 4. Dibuja el esquema unifilar de la instalación anterior, teniendo en cuenta que:
 - a) El alumbrado de la plaza debe encenderse mediante un interruptor horario desde las 21:00 hasta las 7:30 h. Para ello, se utilizará un interruptor horario que active un contactor tripolar cuyas entradas estén conectadas a la salida de fase de cada uno de los PIA de alumbrado.
 - b) Se realizará una distribución homogénea de las cargas sobre las diferentes fases, con el objetivo de no sobrecargar ninguna de ellas.
 - c) Se utilizará un diferencial general selectivo de 300 mA de sensibilidad, y se instalará un diferencial para el circuito de focos y otro para el de sonido, así como un diferencial tetrapolar para el alumbrado de la plaza, de forma que cada línea de alumbrado se conecte a una fase diferente.

Test de REBT

- 5. Realiza los siguientes test del REBT relativos a las instrucciones ITC-BT 28, 30, 31, 32, 33 y 34.
 1. En locales de **pública concurrencia**, el **alumbrado de evacuación** deberá poder funcionar cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo:
 - a) Una hora.
 - b) Dos horas.
 - c) El tiempo necesario para abandonar las actividades normales.
 - d) El tiempo necesario para continuar las actividades normales.
 - e) El tiempo necesario para garantizar la seguridad de las personas.
 2. En las instalaciones de locales de **pública concurrencia**, se cumplirá la siguiente prescripción:
 - a) Todos los circuitos se canalizarán bajo tubo independiente.
 - b) En los locales donde se reúna el público, el número de líneas de alumbrado deberá ser tal que el corte de una de ellas no afecte a más de la tercera parte del total del alumbrado.
 - c) Será obligatorio el suministro complementario en estacionamientos subterráneos de más de **500 plazas** y establecimientos comerciales de más de **1500 m²**.
 3. En las instalaciones eléctricas de una **fuelle**, y dentro de los volúmenes 0 y 1, se deberán emplear una de las siguientes medidas de protección:
 - a) Protección por desconexión con corriente residual de sensibilidad de 300 mA.
 - b) Protección mediante MBTS de 50 V.
 - c) Protección mediante MBTS de 12 V.
 4. En la **instalación eléctrica de una grúa**, se debe cumplir para el corte por mantenimiento mecánico lo siguiente:
 - a) El interruptor de desconexión deberá interrumpir todos los polos.
 - b) El interruptor de desconexión deberá interrumpir las fases, nunca el neutro.
 - c) Cada grúa deberá tener al menos dos mecanismos de parada de emergencia.
 5. En las instalaciones **eléctricas provisionales y temporales de obra**, los cables para instalaciones interiores serán de tensión nominal:
 - a) Mínimo de 450/750 V, con cubierta de policloropreno o similar y actos para servicios móviles.
 - b) Mínimo de 300/450 V y actos para servicios móviles.
 - c) Mínimo de 300/500 V y actos para servicios móviles.
 - d) Mínimo de 230/400 V y actos para servicios móviles.
 6. En instalaciones eléctricas para ferias y stands, la tensión nominal de alimentación no será superior a:
 - a) 24 V si el local es húmedo y 50 V si es seco.
 - b) MBTS de 24 V.
 - c) 230/400 V.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

Material

- Reglamento electrotécnico para baja tensión
- Modelo de memoria técnica de diseño de tu comunidad autónoma

Diseño de un cuadro de obra

Objetivo

Realizar el diseño de un cuadro para instalaciones temporales de obra y parte de la MTD correspondiente.

Desarrollo

1. Se va a realizar la construcción de un edificio y la constructora pide al instalador que realice el montaje del cuadro general. Los receptores van a ser los siguientes:

Circuito	II/III	Tens. (V)	Pot. (kW)	cos ϕ	L (m)	c.d.t. (%)	I (A)	Mét. inst.	Conductor	Secc. (mm ²)	Prot. (A)
Alumbrado	II	230	1	1	30	.....	...	C	DN-F 0,6/1kV	.....	.....
Grúa	III	400	11,5	0,85	40	.....	...	C	DN-F 0,6/1kV	.....	.....
Hormigonera	III	400	2,5	0,85	45	.....	...	C	DN-F 0,6/1kV	.....	.....
Cortadora hormigón	III	400	6,87	0,82	30	.....	...	C	DN-F 0,6/1kV	.....	.....
Tomas trifásicas	III	400	9	0,85	—	—	...	C	H07V-K	.....	.....
Tomas monofásicas	II	230	3,65	0,90	—	—	...	C	H07V-K	.....	.....

Las tomas trifásicas y monofásicas se encuentran adosadas en el mismo cuadro de obra.

2. Se pide completar la tabla anterior con objeto de calcular las secciones y protecciones de los diferentes circuitos. Se utilizarán mangueras con cubiertas de policloropreno fijadas directamente sobre paredes (FDP-método instalación C-). Para alimentar a las bases adosadas al cuadro, se utilizarán conductores unipolares instalados dentro del propio cuadro, motivo por el cual se desprecia el cálculo por c.d.t.
3. Realiza el esquema unifilar del cuadro general de mando y protección. El corte general de emergencia debe disponer de una seta y bobina de mínima tensión. Las bases de corriente dispondrán de enclavamiento.

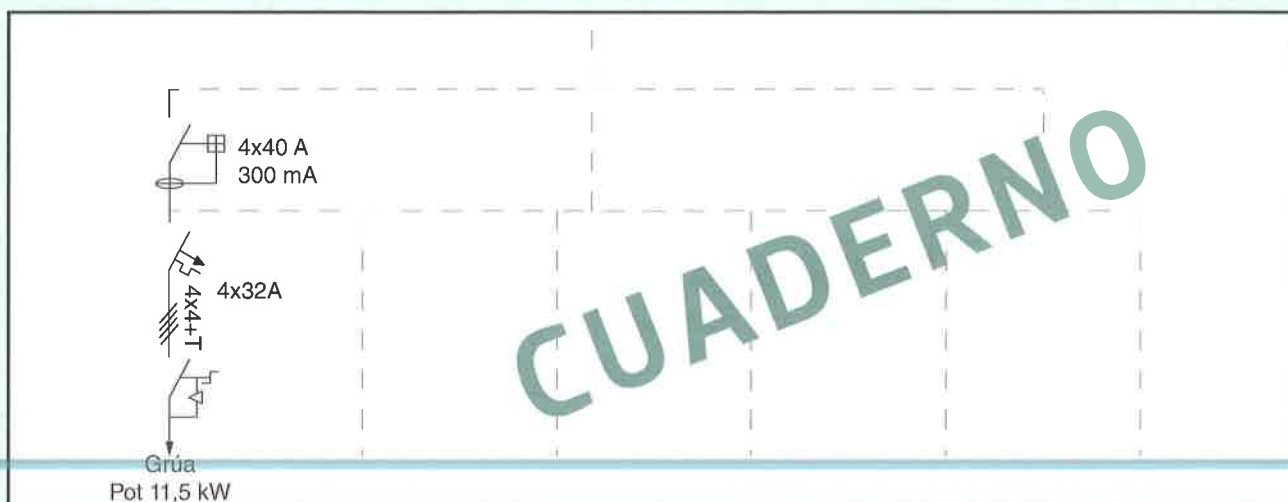


Figura 11.32.

PRÁCTICA PROFESIONAL PROPUESTA

continuación

4. Calcula la derivación individual de la instalación si se utilizan conductores unipolares DZ1-K 0,6/1 kV bajo tubo en instalación al aire. Se aplica un factor de simultaneidad $FS = 0,8$ y se establece un $\cos \varphi = 0,85$. El cuadro de protección y medida (CPM) se instala en un armario sobre fachada y se ubica a 15 m del cuadro de obra.

Circuito	Tens. (V)	Pot. cálculo (kW)	$\cos \varphi$	L (m)	c.d.t. (%)	I (A)	Mét. inst.	Conductor	Secc. (mm ²)	Prot. ⁽¹⁾ (A)
D.I										

Nota (1): fusibles de seguridad de la caja de protección y medida.

5. Completa la memoria técnica de diseño. Para ello, debes buscar el modelo correspondiente de tu comunidad autónoma y rellenar donde corresponda. Puedes descargar el modelo en formato PDF y complementarlo de forma digital. Como ejemplo, se muestran los datos del circuito destinado a alimentar la grúa.

DATOS TÉCNICOS PUNTO DE MEDIDA Y PROTECCIÓN

Nº Suministros	Monofásicos	Trif. <15 kW	Trif. 15 < Pot < 43,6 kW	☒	Trif. > 43,6 kW
EMPLAZAMIENTO			Nº Plantas:	Nº Contadores/Centralización:	
Planta Baja	Entresuelo	1º sótano:	Cada 6 plantas	En cada planta	
Marca/Modelo:			UBICACIÓN		
Interrupción general de maniobra o	Int. Nominal	Poder corte	Centralización modular	Centralización panel	
Fusible de seguridad	x A	kA	Módulo interior	CPM-Armario fachada	Otros

DATOS TÉCNICOS DERIVACIONES INDIVIDUALES

Derivaciones	Tipo	Nº	Pot. máxima prevista	Pot. máxima admisible	Fases/Sección	Material (Cu o Al)	Tipo aislamiento	Caída tensión máxima	Fusible de seguridad
			kW	kW	x mm ²			V	A
Tipo 1	1				x mm ²			V	A
					x mm ²			V	A
					x mm ²			V	A
					x mm ²			V	A

DATOS TÉCNICOS DISPOSITIVOS GENERALES DE MANDO Y PROTECCIÓN

Derivación Tipo	Fase/Sección D.I. del suministro	Tipo caja ICP		Interrupción general automático		Interrupción diferencial	
		29	36	Intensidad nominal	Poder de corte	Intensidad nominal	Sensibilidad
Tipo 1	x mm ²			x A	kA	x A	mA
	x mm ²			x A	kA	x A	mA
	x mm ²			x A	kA	x A	mA
	x mm ²			x A	kA	x A	mA

RESUMEN DEL CÁLCULO DE CIRCUITOS INTERNOS SUMINISTRO

INSTALACIÓN		Potencia cálculo (kW)	Tensión cálculo (V)	Intensidad cálculo (A)	Nº conductores sección (mm ²)	Material (Cu o Al)	Tensión nominal Aislamiento (kV)	Tipo instalación	Longitud máxima (m)	Caída de tensión máxima (V)	Potencia máxima admisible (kW)	Potencia total instalada (kW)	Intensidad fusible o PIA (A)
Instalaciones Industriales	Alumbrado												
	Grúa	14,95	400	25,38	5x4	Cu	1	F.D.P.	40	20	22,17	11,5	32
	Hormigonera												
	Cortadora hormigón												
	Tomas Trifásicas												
Tomas Monofásicas													

Potencia cálculo: es la potencia utilizada para el cálculo de las secciones y protecciones. Incluye los factores de cálculo (motores, simultaneidad, etc.).

Potencia instalada: es la suma de todas las potencias nominales de los diferentes receptores conectados a la línea.

Potencia máxima admisible: es la potencia real que podrá transportar la línea en las condiciones finales de montaje.

Figura 11.33.

EN RESUMEN

INSTALACIONES INTERIORES ESPECIALES

Instalaciones en locales de pública concurrencia

- Tipos de locales
- Alimentación de los servicios de seguridad
- Alumbrado de emergencia
- Cuadros de distribución, conductores y canalizaciones

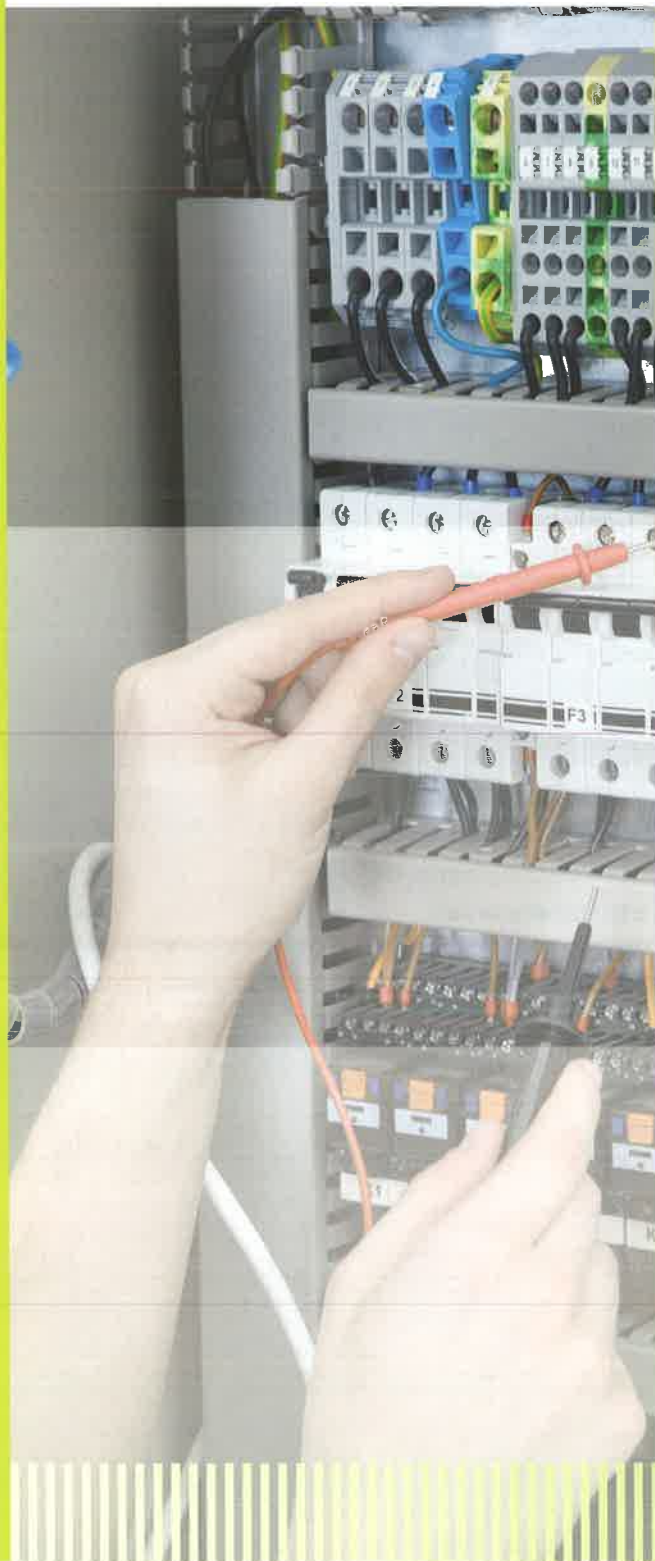
Instalaciones en locales de características especiales

- Locales húmedos y mojados
- Locales con riesgo de corrosión
- Locales polvorientos
- Locales a Tª elevada o a muy baja Tª
- Locales con baterías de acumuladores

Instalaciones con fines especiales

- Instalaciones en piscinas y fuentes
- Instalaciones para máquinas de elevación y transporte
- Instalaciones provisionales o temporales de obra
- Instalaciones para ferias o stands

12 Mantenimiento eléctrico



Vamos a conocer...

1. Tipos de mantenimiento
2. Verificaciones e inspecciones iniciales previas a la puesta en servicio de una instalación
3. Mantenimiento preventivo
4. Mantenimiento correctivo. Averías tipo
5. Mantenimiento mediante termografía

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Montaje de un entrenador de averías y ensayos

Y al finalizar esta unidad...

- Conocerás las verificaciones a realizar en una instalación eléctrica antes de su puesta en servicio.
- Realizarás las pruebas necesarias para verificar el estado de una instalación.
- Conocerás las instalaciones que requieren inspecciones periódicas.
- Aprenderás los procedimientos y medidas necesarias para la detección de averías.

1. Tipos de mantenimiento

Hasta este momento, hemos estudiado las distintas posibilidades, necesidades y modalidades de llevar a cabo una instalación eléctrica en diferentes tipos de edificios. Un adecuado trabajo de mantenimiento, en cualquiera de las modalidades que se describen a continuación, no solo va a ahorrar dinero y complicaciones al cliente, sino también al operario. Tras una correcta instalación, ocuparnos de su mantenimiento a lo largo del tiempo es fundamental. En el ámbito del sector industrial, existen tres tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, en función del momento en que se realizan:

- **Mantenimiento predictivo:** basado en la detección de un fallo antes de que se produzca. Un ejemplo sería la comprobación de resistencia de aislamiento en motores antes de una campaña, sustitución de una lámpara al final de su vida útil, etc. Aquí se encuadran las **verificaciones e inspecciones iniciales previas a la puesta en servicio** de una instalación, según recoge el REBT en su ITC-BT-05.
- **Mantenimiento preventivo:** basado en prever los fallos y desgastes de los equipos de forma periódica. Un par de ejemplos serían la localización periódica de puntos calientes en cuadros eléctricos o la comprobación periódica de puestas a tierra. Aquí se incluyen las **inspecciones periódicas** recogidas igualmente en la ITC-BT 05.
- **Mantenimiento correctivo:** este mantenimiento tiene lugar cuando ocurre un fallo o avería. Un ejemplo puede ser el cambio de un motor o de un automático cuando se ha quemado. Trae consigo paradas no previstas en el proceso productivo; por tanto, acarrea costos no presupuestados.

2. Verificaciones e inspecciones iniciales previas a la puesta en servicio de una instalación

Al ejecutar una instalación, el instalador es a todos los efectos el máximo responsable de la ejecución y verificación inicial de la misma. Además, y según la ITC-BT 05, las instalaciones recogidas en la siguiente tabla deberán ser objeto de inspección inicial por un **Organismo de Control Autorizado (OCA)** previamente a ser tramitadas ante el órgano competente de la comunidad autónoma.

Recuerda

Los medios técnicos requeridos por el REBT al instalador electricista autorizado se hallan recogidos en la unidad 3.

Instalaciones eléctricas que necesitan una inspección inicial antes de su puesta en marcha

Instalaciones que precisan proyecto con una potencia instalada superior a 100 kW
Locales de pública concurrencia
Locales con riesgo de incendio y explosión de clase I, excepto garajes de menos de 25 plazas
Locales mojados con potencia instalada superior a 25 kW
Piscinas con potencia superior a 10 kW
Quirófanos con potencia instalada superior a 10 kW
Instalaciones de alumbrado exterior con potencia instalada superior a 5 kW

Tabla 12.1.

En el caso de que la OCA emita un informe desfavorable, el instalador deberá llevar a cabo los trabajos pertinentes para regularizar el estado de la instalación. Por todo esto, es importante para el instalador autorizado conocer y dominar las pruebas que reglamentariamente deben llevarse a cabo para comprobar la conformidad de la instalación eléctrica, según el REBT 2002.

Las verificaciones iniciales son realizadas por el instalador, mientras que las inspecciones iniciales las efectúan las OCA. Sin embargo, tanto las verificaciones como las inspecciones constan de las mismas pruebas y ensayos. Ambas comprenden dos fases diferentes, que explicamos a continuación.

2.1. Verificación por examen

Su finalidad es comprobar visualmente que el material eléctrico instalado cumple las prescripciones de seguridad, y se ha seleccionado e instalado correctamente. Debe comprender, entre otras, la verificación de las medidas de protección contra los choques eléctricos por contacto directo o indirecto, la presencia de barreras cortafuegos, la utilización de envolventes apropiadas, el empleo de secciones y protecciones calibradas, la identificación de conductores y circuitos, la existencia y disponibilidad de esquemas, la correcta ejecución de las conexiones de los conductores, etc.



Figura 12.1. Anomalías que deben ser detectadas en la verificación por examen.

2.2. Verificaciones mediante medidas o ensayos

Una vez efectuada la verificación por examen, se procede a los ensayos, empleando para ello los instrumentos de medida exigidos al instalador autorizado, según la ITC-BT 03 del REBT de 2002.

2.2.1. Medida de la continuidad de los conductores de protección

El objetivo es garantizar que no se han producido desperfectos, cortes u omisiones en el cableado durante la instalación. Con esta medida, comprobamos igualmente la continuidad de neutro y fase.

La medida se realiza *sin tensión*, abriendo en el cuadro el interruptor automático correspondiente al circuito a medir; posteriormente, se cortocircuitan fase, neutro y tierra, y se procede a medir la resistencia (de dos en dos) de dichos conductores desde las diferentes tomas de corriente del circuito. Se utiliza un multímetro (en la función **ohmímetro**). Pequeños valores de resistencia ($0,5 \Omega - 2 \Omega$) indican que existe continuidad, mientras que valores de resistencia elevados (superiores a $1 M\Omega$) indican que existe un fallo en la instalación. Esta medida puede realizarse igualmente desde el cuadro

eléctrico, cortocircuitando en las tomas de corriente, si bien es más rápido el primer procedimiento mostrado en la figura 12.2.

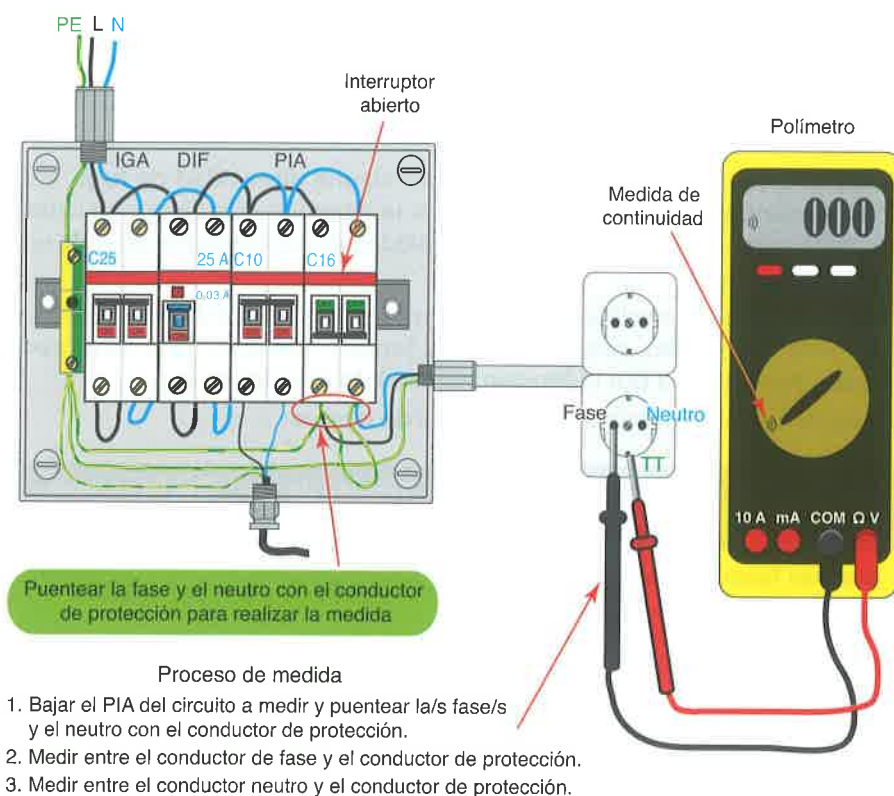


Figura 12.2. Medida de continuidad de los conductores de protección.

2.2.2. Medida de la resistencia de puesta a tierra (p.a.t.)

La resistencia de p.a.t. tiene tres componentes principales:

- Resistencia del electrodo, que es despreciable.
- Resistencia de contacto entre el electrodo y el suelo. Se puede despreciar si el electrodo está exento de cualquier cubierta aislante (pinturas, grasa, etc.) y si la tierra está bien compactada en la zona de contacto de sus paredes.
- Resistencia de la tierra circundante. Es realmente el componente que influye en el valor de la resistencia de una p.a.t. y depende básicamente de la resistividad del terreno.

Como ya se vio en la unidad 7, la medida se efectúa con un aparato denominado **telurómetro** (que incluye 2 picas auxiliares). Para realizar la medida, debe desconectarse la toma de tierra de la instalación en el borne principal de tierra y clavar en el terreno las picas auxiliares, de forma que los tres electrodos queden alineados y separados entre sí unos 10 metros, según muestran las figuras 7.44 y 7.45.

Es conveniente realizar 3 medidas con las picas auxiliares en distintos puntos, debiendo obtener valores similares; en caso contrario, se procederá a aumentar la distancia entre las picas auxiliares y repetir las medidas.

La resistencia de tierra vendrá dada por la expresión:

$$R_{\text{tierra}} = \frac{V_{\text{contacto}}}{I_{\text{sensibilidad del diferencial}}}$$

Recuerda

El cometido de la **p.a.t.** es limitar la tensión que, en caso de defecto, pueda aparecer en aquellas masas conductoras accesibles de la instalación, así como asegurar la actuación de las protecciones ante contactos indirectos por corte automático en la alimentación.

Recuerda

Las tensiones de contacto máximas permitidas son **24 V** para emplazamientos conductores y **50 V** para emplazamientos secos.

Para una tensión de contacto de 50 V y una sensibilidad de 30 mA, obtendríamos una resistencia de tierra de 1666 ohmios; sin embargo, es conveniente dejarla muy por debajo de este valor para facilitar mayor celeridad en la desconexión del diferencial.

2.2.3. Medida de la resistencia de aislamiento de los conductores

Dado que todos los aislantes presentan alguna intensidad de fuga, esta medida tiene como finalidad comprobar la integridad de dichos aislantes. Su verificación ayuda a eliminar la posibilidad de un cortocircuito o de una derivación a tierra.

Para realizar esta medida, se emplea un **medidor de aislamiento** que, a través de dos puntas, proporciona una tensión continua. Esta tensión de ensayo vendrá dada por la tensión nominal de la instalación.

La siguiente tabla muestra las tensiones de ensayo:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo CC (V)	Resistencia de aislamiento ($M\Omega$)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de Protección (MBTP)	250	$\geq 0,25$
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	$\geq 0,5$
Superior a 500 V	1000	$\geq 1,0$

Tabla 12.2. Resistencia mínima de aislamiento de una instalación, en función de su tensión nominal y su tensión de ensayo.

Se realizan **sin tensión de alimentación**, y preferentemente en los cuadros de distribución.

Las medidas de resistencia de aislamiento a realizar son las siguientes:

Entre los conductores activos respecto al conductor de protección

- Se unirán los conductores activos entre sí y al polo + del medidor.
- Se unirá el conductor de protección al polo – del medidor. Se dejarán los receptores conectados y sus mandos en posición de paro.
- Los dispositivos de interrupción aguas abajo (interruptores, fusibles y diferenciales) se situarán en posición normal de funcionamiento.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la **tabla 12.2**. Si el valor obtenido no es admisible, habrá que ir probando cada conductor activo por separado respecto al conductor de protección.

Entre conductores activos

La medida entre conductores activos se realizará siguiendo un procedimiento similar, tomando los conductores activos dos a dos.

Esta medida es válida para instalaciones que no excedan los 100 metros. Cuando la longitud de la instalación exceda de este valor y pueda fraccionarse (por seccionamiento o desconexión) en partes de aproximadamente 100 metros, cada una de las partes en las que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la resistencia de aislamiento correspondiente, según la **tabla 12.2**.

Recuerda

Cuando el emplazamiento no permite clavar las picas auxiliares, se recurre a envolver las picas auxiliares en bayetas mojadas con agua salada.

Cuando esta longitud sea superior a los 100 m y no pueda separarse en tramos, el valor mínimo admisible de la resistencia de aislamiento será el indicado en la tabla dividido por la longitud total expresada en hectómetros.

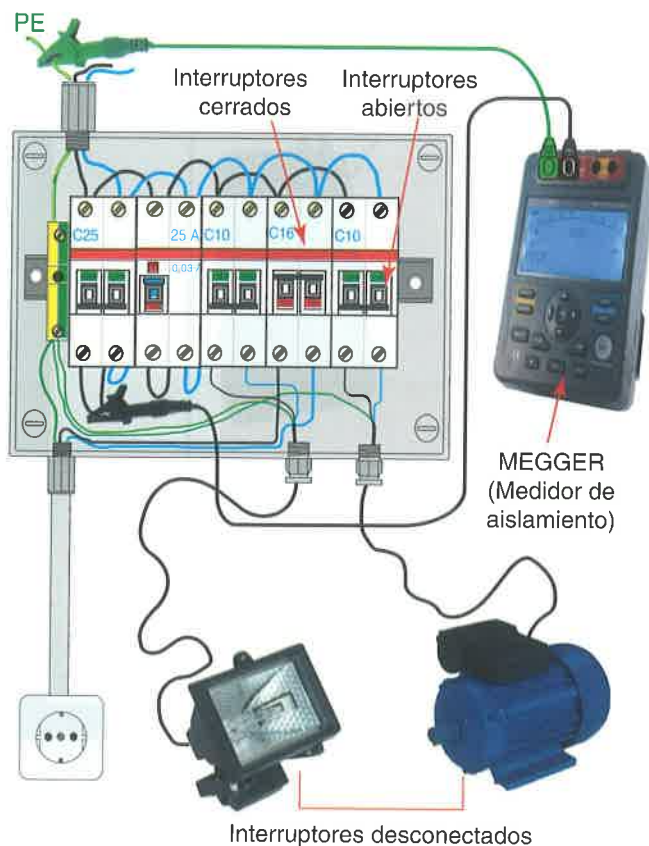


Figura 12.3. Medida de resistencia de aislamiento entre conductores activos y conductor de protección.

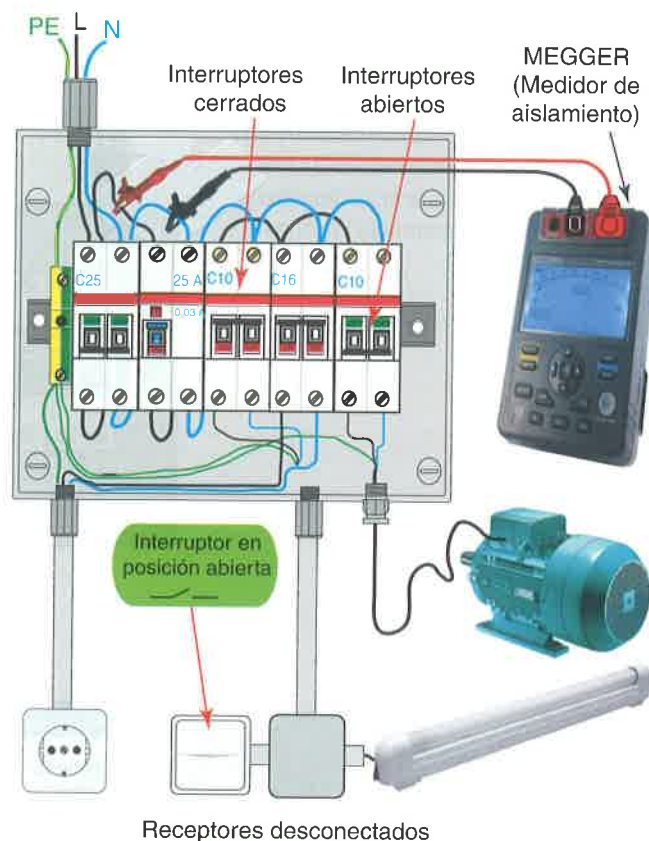


Figura 12.4. Medida de resistencia de aislamiento entre conductores.

Cuando la resistencia de aislamiento obtenida sea inferior al valor mínimo que le corresponde según la tabla 12.2, se admitirá que la instalación es correcta; si, desconectados los receptores, la instalación presenta la resistencia de aislamiento que le corresponda y cada receptor presenta una resistencia de aislamiento por lo menos igual al valor señalado por la Norma UNE que le concierna o en su defecto menor de 0,5 MΩ, también será correcta. El procedimiento de medida, en este caso, es el indicado en la figura 12.5.

2.2.4. Medida de la resistencia de aislamiento de suelo y paredes

Esta medida tiene su ámbito de aplicación en locales o emplazamientos no conductores; por ejemplo, quirófanos o salas de intervención. Se considera suelo o pared no conductor aquel suelo no susceptible de propagar potenciales, presentando una resistencia igual o superior a:

- 50 kΩ si la tensión nominal de la instalación es inferior a 500 V.
- 100 kΩ si es superior a 500 V e inferior a 1000 V.

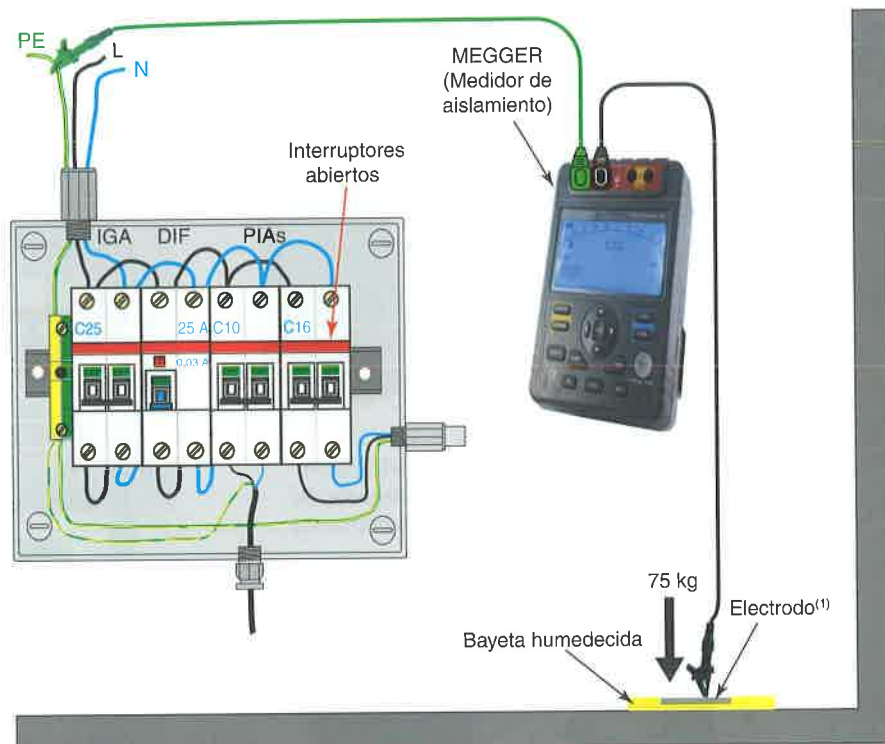
Se utilizará para esta medida un medidor de aislamiento similar al descrito anteriormente, con una de las puntas de medida unida a un electrodo con las características indicadas en la figura 12.6 y la otra punta unida al conductor de protección de la instalación. Antes de efectuar las medi-



Figura 12.5. Medida de aislamiento de un receptor.

Saber más

Para medir la resistencia de suelo y paredes, la ITC-BT 01 contempla un método alternativo que se realiza con tensión y en el que se utiliza un electrodo de las mismas características que el ya descrito y un voltímetro de resistencia interna no inferior a $3\text{ K}\Omega$.



(1) El electrodo utilizado es una placa metálica cuadrada de 250 mm de lado y un papel de tela hidrófila, mojada y escurrida, que se coloca entre la placa y la superficie a ensayar. También puede utilizarse un triángulo metálico equilátero de 5 mm de grosor.

Figura 12.6. Medida de resistencia de paredes y suelos.

Esta prueba debe verificarse al menos en 3 puntos del mismo local: uno situado aproximadamente a 1 m de un elemento conductor accesible, y las otras dos medidas se efectuarán a distancias superiores.

2.2.5. Medida de la rigidez dieléctrica

Esta prueba mide la corriente de fuga a través del aislamiento de la instalación cuando esta se somete a una tensión de aproximadamente 1500 V. Sus características se establecen en la ITC-BT 19. Sin embargo, de momento, esta medida no merece la atención del instalador, ya que su procedimiento no está definido totalmente en la Norma EN60439. Además, para llevar a cabo esta prueba, es necesario un medidor de rigidez dieléctrica, instrumento que no figura en el equipamiento exigido al instalador por el REBT.

2.2.6. Medida de las corrientes de fuga

La ITC-BT 19 establece que el valor de las corrientes de fuga no debe ser superior a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados.

Las corrientes de fuga son habituales en muchos receptores, sobre todo electrónicos, que en condiciones normales derivan una cierta intensidad hacia el conductor de protección, pudiendo ocurrir que, sin la existencia de defecto en la instalación, se produjera el disparo de su interruptor diferencial.



Figura 12.7. Medidor de fuga (FLUKE).

Para la medida de corriente de fuga se necesita una pinza amperimétrica que sea capaz de medir con precisión corrientes muy pequeñas, del orden de mA. La medida se efectúa en los cuadros de distribución abrazando **todos** los conductores activos (fase y neutro), de tal forma que si la diferencia entre la corriente entrante y saliente **no** es nula, el medidor indicará dicha diferencia que será, precisamente, la corriente de fuga.

Esta medida se puede realizar también abrazando **únicamente** el conductor de protección. El medidor indicará igualmente la corriente de fuga.

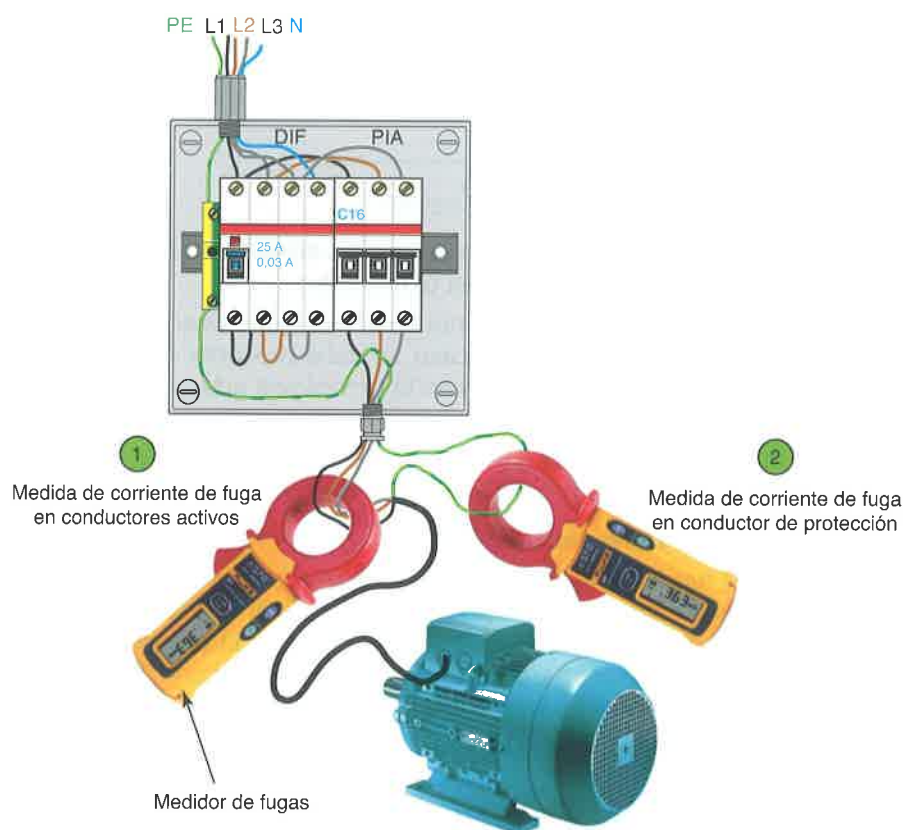


Figura 12.8. Medida de la corriente de fugas.

2.2.7. Comprobación de la intensidad de disparo de los diferenciales (ID)

El ID debe tener una respuesta lo suficientemente rápida como para evitar que la corriente de contacto pueda provocar un choque eléctrico lesivo. Por tanto, no es suficiente verificar mecánicamente el interruptor diferencial, sino que es necesario realizar el ensayo contemplando el tiempo de disparo. Para realizar esta prueba, se requiere según el REBT un instrumento con la capacidad de verificar la **característica «Intensidad-Tiempo»** del ID.

Para hacer la prueba, se utiliza un comprobador específico que se conecta a cualquier base de enchufe, estando la instalación en servicio. Cuando se dispara el diferencial, el comprobador mide el tiempo que tardó en disparar desde el instante en que se inyectó la corriente. Además, la prueba debe **realizarse con corrientes de defecto que comienzan en la semionda positiva y con corrientes de defecto que comienzan en la semionda negativa**, ya que los ID responden con distinta celeridad en función de la fase de la corriente de defecto.



Figura 12.9. Comprobador de diferenciales (KYORITSU).

Recuerda

No se producen lesiones en el cuerpo humano con una corriente de 100 mA que circula durante 20 ms; sin embargo, los efectos de esta corriente pueden ser mortales si persiste durante 500 ms o más.

Recuerda

La misión del ID consiste en controlar la diferencia de corriente entre los conductores de fase y neutro. En caso de ser esta corriente diferencial superior a la sensibilidad del ID, este será capaz de interrumpir la alimentación para eliminar el posible choque eléctrico en un tiempo determinado.



Figura 12.10. Medidor de bucle (KYORITSU).



Figura 12.11. Medidor de secuencia de fases (FLUKE) e indicador de sentido de fases (KYORITSU).

2.2.8. Medida de la resistencia de bucle

El circuito eléctrico definido por un bucle de protección depende del tipo de sistema de distribución que alimenta la instalación (sistemas TT, TN-C, TN-S e IT).

En cualquiera de ellos, el medidor se conecta a cualquier enchufe de la instalación que tenga toma de tierra. En el caso de los sistemas TT, la medida de la impedancia de bucle es:

$$RB = R_{t, \text{instalación}} + R_{t, \text{transf.}} + R_{t, \text{bobinado-transf.}} + R_{\text{conductor-fase}}$$

Como el valor de $R_{t, \text{instalación}}$ es muy superior al resto, se utiliza la aproximación siguiente:

$$RB \approx R_{t, \text{instalación}}$$

Por tanto, esta medida proporciona la resistencia de tierra, siendo recomendable cuando no se pueda emplear el telurómetro.

Estos medidores inyectan una corriente en el bucle que puede provocar el disparo de los diferenciales. En ese caso, se debe proceder a puentearlos, si bien existen medidores que poseen la tecnología adecuada para que esto no sea necesario.

Según el REBT, los valores óptimos de resistencia de bucle de tierra son similares a los estipulados para la resistencia de puesta a tierra.

Comprobación de la secuencia de fases

Este ensayo es fundamental siempre que deban conectarse motores trifásicos, ya que una conexión incorrecta puede producir una rotación inversa, dañando así el equipo que funciona con el motor. El comprobador de secuencia de fases es un aparato específico que cuenta con 3 puntas de prueba que se conectan a la tensión trifásica indicando, además, el sentido de rotación de cualquier motor trifásico conectado.

3. Mantenimiento preventivo

En esta fase, el REBT contempla una serie de inspecciones periódicas con carácter obligatorio cada 5 años en las instalaciones relacionadas en la tabla 12.1.

Igualmente, establece inspecciones con carácter periódico cada 10 años en instalaciones comunes de edificios con potencia total instalada de 100 kW. Anualmente, también se medirá la resistencia de tierra de todas las instalaciones.

Junto a estas inspecciones de carácter obligatorio, el usuario debe establecer una serie de medidas de carácter preventivo que garantice un eficaz funcionamiento de la instalación:

- Mensualmente, es aconsejable activar el pulsador de test de los diferenciales para comprobar su respuesta, así como el funcionamiento del alumbrado de emergencia.
- Para motores eléctricos sometidos a ciclos de trabajo muy exigentes, es aconsejable medir su resistencia de aislamiento cada 4 000 horas de trabajo.
- En las grandes superficies, las lámparas de descarga se sustituyen al final de su vida útil, ya que la depreciación del flujo luminoso hace que no sean rentables.

- En instalaciones industriales donde se distribuyen elevadas cargas, se deben efectuar periódicamente barridos termográficos a los equipos, cuadros y puntos de conexión existentes. Esta medida es fundamental para evitar interrupciones en la producción, para aumentar la vida de los equipos (un incremento de su temperatura de trabajo del 10 % disminuye su vida útil en un 50 %), así como para detectar defectos en equipos que podrían ser cubiertos por la garantía del fabricante.
- La corrosión galvánica es un proceso electroquímico en el que un metal se corroe cuando está en contacto eléctrico con un metal diferente y ambos metales se encuentran en un medio mojado o húmedo, lo cual ocasiona una diferencia de potencial y da lugar a que se forme una pila galvánica en la que el ánodo (potencial más negativo) se corroe.

Una unión de cobre-aluminio puede conllevar estos problemas de corrosión si no se toman medidas preventivas. El aluminio es el ánodo en la celda galvánica que se forma cuando entra en contacto con el cobre y, por lo tanto, es el material que sufre la corrosión. Para solucionarlo, se debe recurrir a la utilización de **bornes de conexión bimetálicos**.

Conexión del conductor de tierra al borne del neutro en un diferencial tetrapolar de protección de una línea trifásica sin neutro.



Figura 12.12. Dado que no existen diferencias tripolares, en líneas trifásicas sin neutro se conecta el conductor de protección en el borne de neutro solamente para que funcione el pulsador de test.



Figura 12.13. Diferencial quemado por falta de protección.

Vocabulary

Los equipos de medida:

- Polímetro: *multimeter*.
- Pinza amperimétrica: *clamp meter*.
- Medidor de resistencia de tierra: *earth ground resistance meter*.
- Medidor de secuencia de fases: *phase rotation indicator*.
- Medidor de corriente de fuga: *leakage current tester*.

Actividades

1. El esquema de la figura representa una supuesta ruptura del conductor neutro de una línea de alimentación trifásica.

Se pide dibujar sobre el esquema la trayectoria que seguiría la corriente, sabiendo que los receptores conectados cuando se produjo la avería eran los siguientes:

- L1 y Neutro: 4 lámparas de 60 W/230 V.
- L2 y Neutro: 2 cámaras frigoríficas 400 W/230 V.
- L3 y Neutro: ninguna carga conectada.

Responde las siguientes cuestiones:

- a) Indica qué receptores sufren sobretensión y cuál de ellos bajada de tensión.
- b) ¿Existe algún dispositivo de protección contra este tipo de sobretensión? ¿Dónde se conectaría?

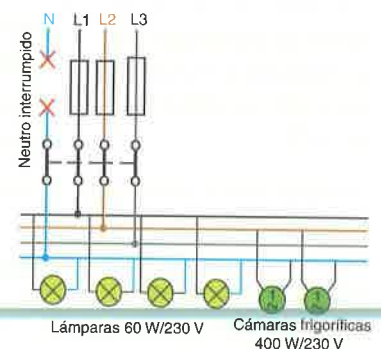


Figura 12.14. Instalación eléctrica con interrupción del neutro.

4. Mantenimiento correctivo. Averías tipo

Síntoma	Avería	Solución
Disparo del diferencial	Derivación en algún punto de la canalización (posiblemente causado por humedad)	Identificar la canalización y sustituirla o repararla
	Contacto directo (fig. 7.1)	Revisar aislamiento y alejamiento de las partes activas y evitar posible imprudencia del personal
	Contacto indirecto (fig. 7.1)	Revisar puesta a tierra de la instalación
Disparo simultáneo de 2 diferenciales	Mala selectividad de los diferenciales (fig. 7.28)	Sustituir el diferencial aguas arriba por uno de tipo «S»
Diferencial sobrecalentado o quemado (fig. 12.13)	Falsean sus conexiones	Apretar bornes de conexión o sustituir el diferencial
	No protegida su intensidad nominal (fig. 4.12)	Cambiar el diferencial por otro de mayor calibre o aumentar el calibre del IGA
Disparo del magnetotérmico/fusible de un circuito	Sobrecarga (fig. 7.3)	Desconectar receptores del circuito o subir el calibre de la protección (cambiando la sección correspondiente)
	Cortocircuito (fig. 7.3)	Dar formación al personal o reparar el receptor
Disparo simultáneo de 2 magnetotérmicos y/o fusibles	Mala selectividad (fig. 7.27)	Sustituir el dispositivo aguas arriba por otro de curva de disparo más lenta
Puentes de un cuadro sobrecalentados o quemados	No protegida su intensidad admisible	Sustituir los puentes por otros de mayor sección o bajar el calibre del IGA si es posible
Disparo del IGA	Calibre inadecuado en función de la simultaneidad	Sustituir el IGA por otro de mayor calibre, siempre y cuando diferenciales y puentes sigan protegidos
	Si el suministro es trifásico, desequilibrio de cargas (fig. 10.10)	Repartir las cargas proporcionalmente entre las 3 fases
En instalaciones trifásicas sin haber disparado ninguna protección en el cuadro, algunos puntos de utilización no funcionan y otros sí	Interrupción de una fase por salto de fusible en la CGP	Sustituir el fusible por otro de calibre superior si lo permite la LGA
	Interrupción de una fase por corrosión galvánica	Sustituir la conexión por un conector con recubrimiento bimetálico
En una instalación monofásica, no hay suministro en la instalación sin haber disparado ninguna protección en el cuadro	Interrupción de una fase por salto de fusible en la CGP	Sustituir el fusible por otro de calibre superior si lo permite la LGA
	Interrupción de un conductor por corrosión galvánica	Sustituir la conexión por un conector con recubrimiento bimetálico
Puntos de alumbrado con luminosidad anormalmente baja o alta y receptores averiados	Interrupción del neutro del suministro trifásico por maniobra incorrecta	Dar formación al personal
	Interrupción del neutro por corrosión galvánica	Sustituir la conexión por un conector con recubrimiento bimetálico
Un motor trifásico emite un ruido anormalmente alto	Interrupción de una de sus fases	Comprobar fusibles y conexiones
Un motor monofásico o trifásico emite un ruido anormalmente alto	Alta caída de tensión en su línea de alimentación	Comprobar tensión en bornes del motor con todas las restantes cargas conectadas para verificar la avería. Si baja por debajo del 20 %, cambiar sección y protección de dicha línea

Tabla 12.3.

5. Mantenimiento mediante termografía

Un elevado número de los incendios no provocados son debidos a los defectos o sobrecargas en las instalaciones eléctricas. Una temperatura correcta de trabajo es fundamental en las instalaciones eléctricas; por eso, la termografía es una técnica imprescindible en el mantenimiento de dichas instalaciones, al poder comprobar el estado de las mismas sin la desconexión o parada de los equipos.

La realización de termografía infrarroja en las instalaciones eléctricas posibilita la reducción de riesgos de incendio a causa de la instalación. Esta técnica permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar con precisión temperaturas de superficie.

El dispositivo utilizado para capturar las imágenes térmicas es la cámara termográfica, la cual genera la imagen de un espectro de colores en el que cada uno, según una escala determinada, representa una temperatura determinada, de manera que la temperatura medida más elevada aparece en color blanco.

La termografía puede evaluar:

- Sobrecalentamiento en los conductores.
- Sobrecalentamientos por conexiones defectuosas (flojas, oxidadas, etc.).
- Desequilibrio de fases y detección de circuitos sobrecargados.
- Realización de históricos de equipos transformadores.
- Inspecciones en líneas de AT y BT y transformadores.



Figura 12.15. Cámara termográfica (FLUKE).

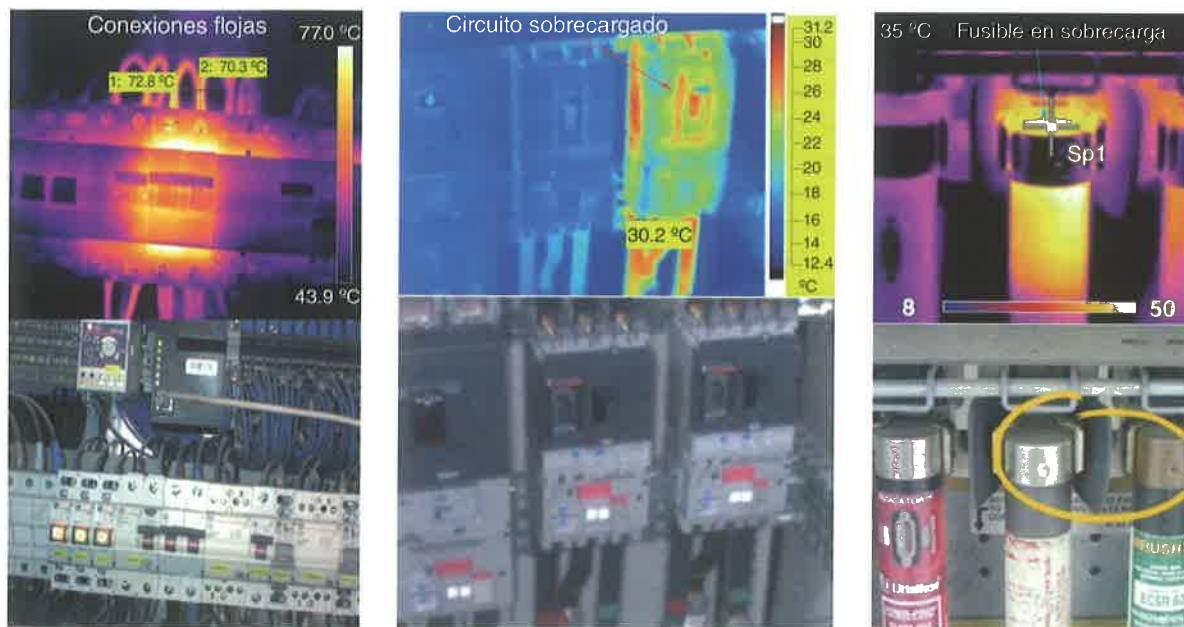


Figura 12.16. Distintas pruebas con termografía en instalaciones eléctricas.

Como podemos apreciar en la figura, gracias a las cámaras termográficas, se ha podido detectar:

- Conexiones flojas en uno de los interruptores automáticos.
- Un calentamiento en un interruptor automático que refleja como todo un circuito se encuentra en sobrecarga.
- Un desequilibrio de fases en un sistema trifásico (uno de los fusibles de protección de la línea está sobrecargado respecto de los otros).

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Equipos de medida

- Un polímetro
- Un medidor de aislamiento (Megger)
- Un comprobador de diferenciales
- Un medidor de impedancia de bucle
- Una pinza de medición de fugas

Nota: la carencia de alguno de los aparatos de medida solo impide la realización del ensayo correspondiente

Material

- Para el cuadro de distribución: un interruptor automático 4×25 A, un diferencial 4×25 A/30 mA, un interruptor automático 2×16 A, dos interruptores automáticos 3×10 A y un interruptor automático 1×10 A
- Seis lámparas de 60 W
- Una resistencia bobinada de 5,7 k Ω /10 W y otra de 8 k Ω /10 W
- Dos tomas de corriente de 16 A 2p+T
- Motor de 0,5 CV (o similar)
- Caja de registro, tubos, cable, abrazaderas, bornas de conexión, etc

Montaje de un entrenador de averías y ensayos

Objetivo

Realizar el montaje de un cuadro de distribución con suministro 230/400 V que alimente a 3 circuitos. En él se realizarán las verificaciones iniciales para la puesta en servicio de una instalación y se simularán diferentes averías.

Precauciones

- La prueba de la Avería 1 se debe realizar con brevedad debido al riesgo que existe de fundir alguna lámpara.
- La prueba de la Avería 4 debe realizarse también con brevedad, pues se corre el riesgo de que el motor se queme. Así mismo, se debe tener especial precaución de no tocar el conductor de la fase que se ha desconectado, debido a que este queda bajo tensión de retorno desde el motor.

Desarrollo

El cuadro se compone de IGA, diferencial general y 3 interruptores automáticos, que alimentan a los siguientes circuitos:

C1: Circuito trifásico que alimenta 6 lámparas en montaje equilibrado protegido mediante un automático 3×10 A (para las fases) y un automático 1×10 A (para el neutro). En este circuito, se realizará la interrupción del neutro y el desequilibrio de la carga (Avería 1).

C2: Circuito monofásico que alimenta dos tomas protegido mediante un automático 2×16 A. En él, se realizarán los siguientes ensayos y averías:

- Medida de la continuidad del conductor de protección (Ensayo 1).
- Medida de la resistencia de aislamiento entre conductores activos (Ensayo 2).
- Medida de la resistencia de aislamiento entre conductores activos y conductor de protección (Ensayo 3).
- Medida de la resistencia de aislamiento de suelo y pared (Ensayo 4).

- Comprobación de la intensidad de disparo del diferencial (Ensayo 5).
- Medida de la impedancia de bucle (Ensayo 6).
- Disparo del diferencial por derivación a tierra en la canalización (Avería 2).

C3: Circuito trifásico que alimenta un motor trifásico protegido mediante un automático 3×10 A (para las fases). En este circuito, se realizarán los siguientes ensayos y averías:

- Medida de la corriente de fuga (Ensayo 1a y 1b).
- Medida de la resistencia de aislamiento del motor (Ensayo 2).
- Disparo del diferencial por derivación a masa en el motor (Avería 3).
- Sobrecarga en el motor por interrupción de una fase (Avería 4).

1. Dibuja el esquema unifilar del cuadro general de mando y protección.

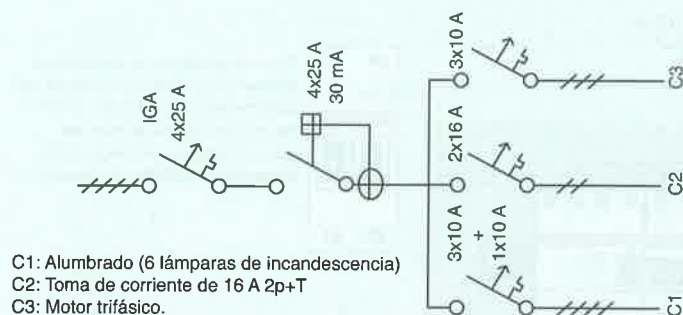


Figura 12.17. Esquema unifilar del CGMP.

2. Realiza el montaje sobre el panel de pruebas del entrenador, tal como muestra la figura.

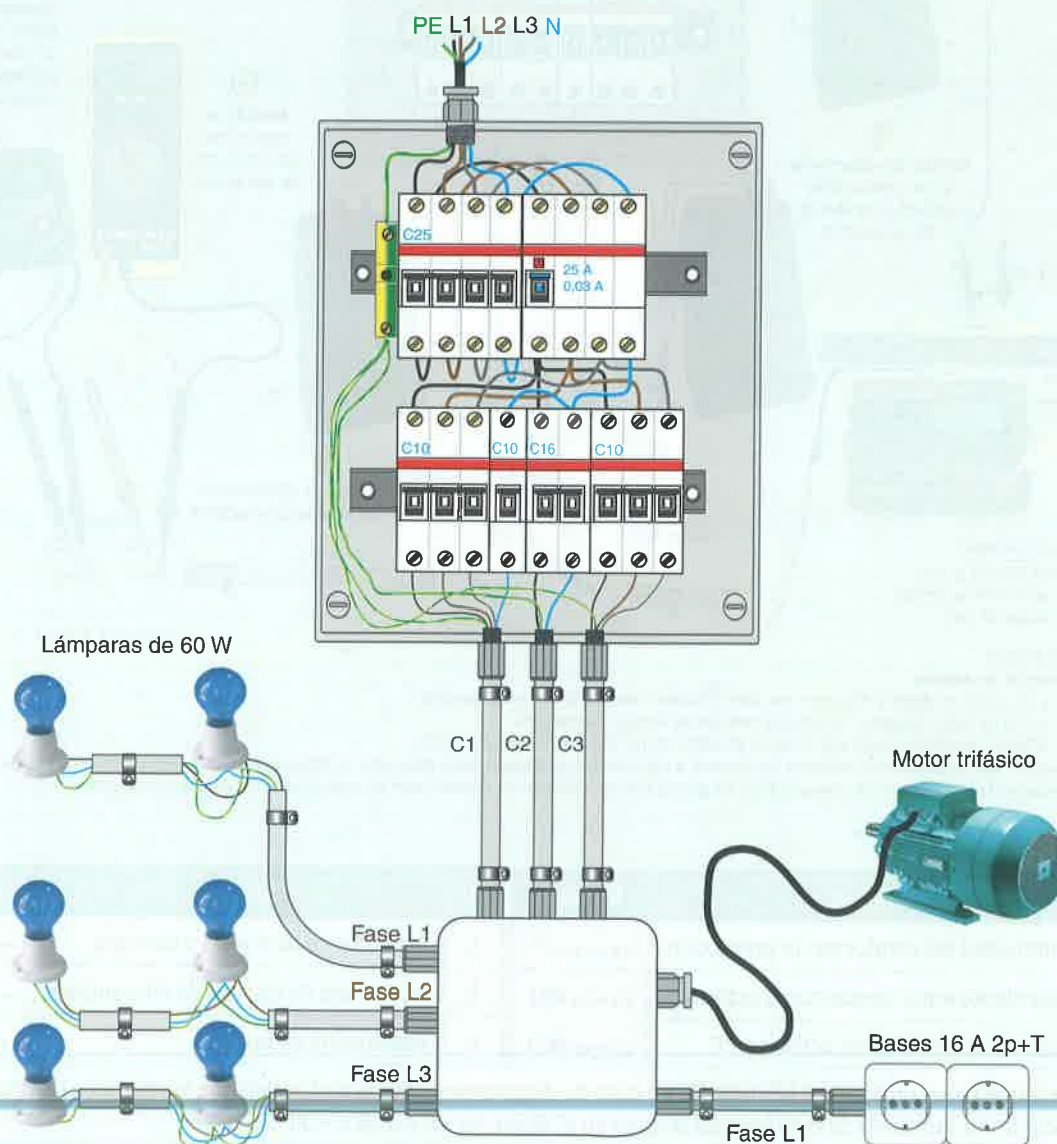


Figura 12.18. Esquema de montaje del entrenador de averías.

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

continuación

3. Realiza los ensayos que refleja la figura sobre el circuito C2 y completa la tabla de resultados.

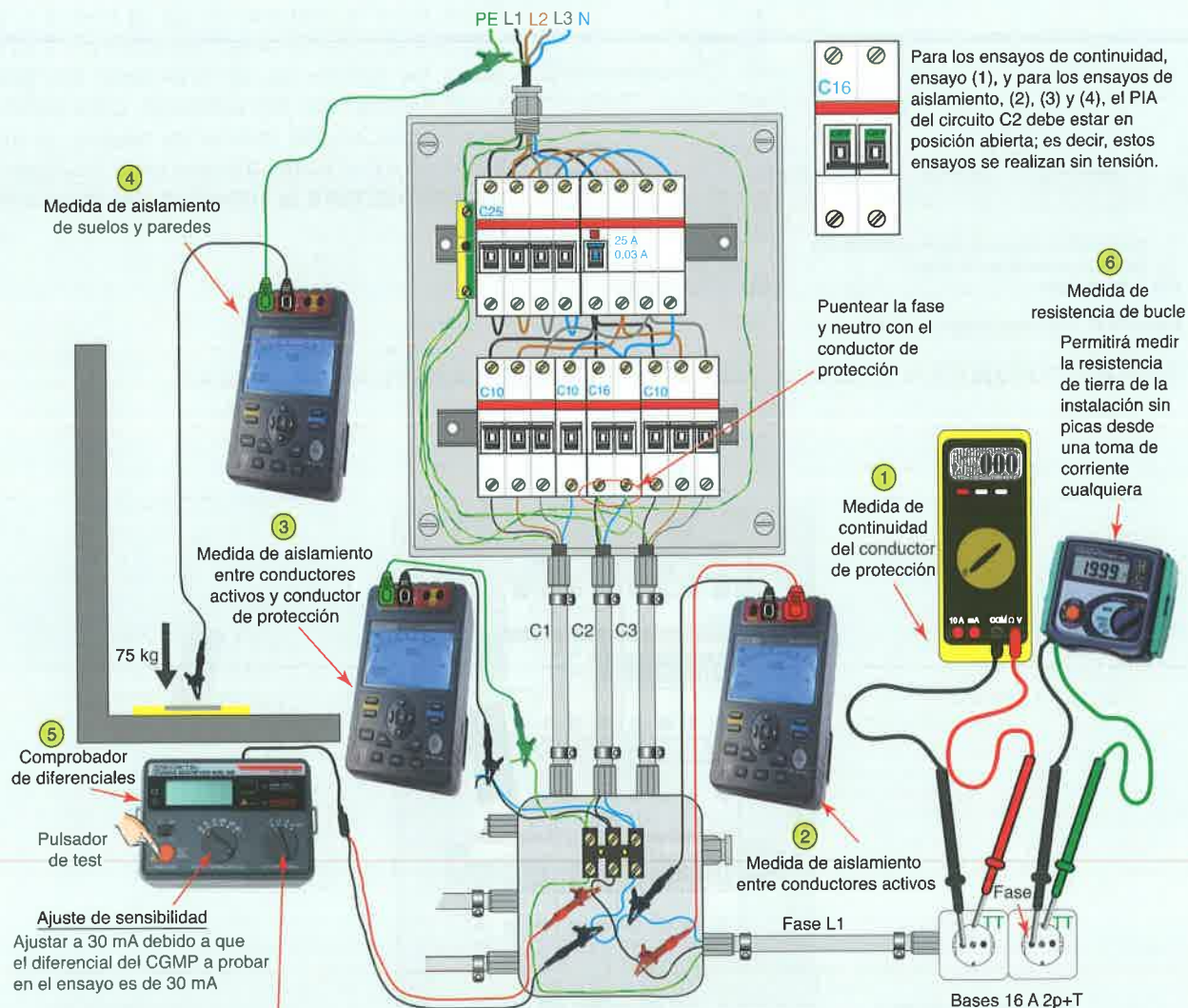


Figura 12.19. Ensayos para el circuito.

Nº	Ensayo	Medida	Nº	Ensayo	Medida
1	Continuidad del conductor de protección	 (1)	4	Aislamiento de suelos y paredes	 MΩ
2	Aislamiento entre conductores activos	 MΩ	5	Intensidad de disparo de diferenciales	 (2)
3	Aislamiento entre cond. activos y PE	 MΩ	6	Resistencia de bucle	 MΩ

(1) Indica SÍ o NO hay continuidad. (2) Indica SÍ en caso de dispararse el diferencial, reflejando los tiempos de disparo. En caso contrario, indica NO. Si el diferencial dispara en el ajuste de x1/2, indica «DIF Sensible».

Tabla 12.4. Resultados obtenidos en los ensayos realizados en el circuito C2.

4. Realiza los ensayos que refleja la figura sobre el circuito C3 y completa la tabla de resultados.

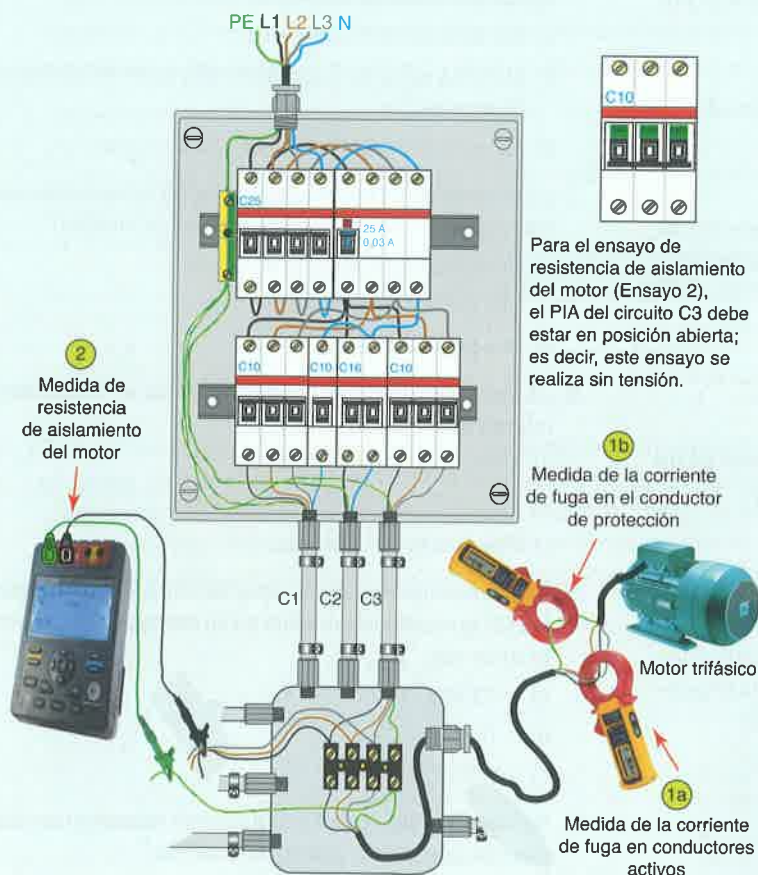


Figura 12.20. Ensayos para el circuito C3.

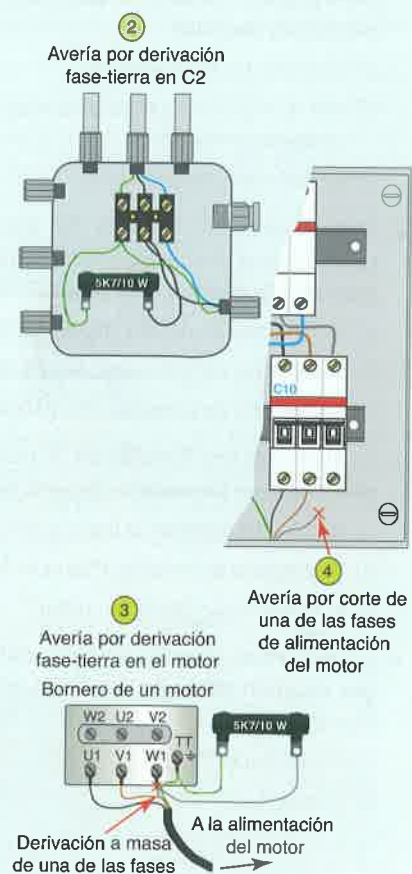


Figura 12.21. Detalle de averías.

Nº	Ensayo	Medida
1	Medida de corriente de fuga	mA/ mA
2	Medida de resistencia de aislamiento	MΩ

5. Con la instalación funcionando con normalidad, realiza la simulación de las siguientes averías:

- Avería 1: en el circuito C1, afloja una de las 6 lámparas y, a continuación, baja el PIA unipolar para simular una interrupción del neutro, mide las tensiones de cada lámpara y comprueba su funcionamiento.
- Avería 2 (figura 12.21): corta el suministro a C2 y realiza en la caja de registro una derivación fase-tierra a través de la resistencia de 5,7 kΩ/10 W. Restablece el suministro y acciona el automático de C2. Repítelo con una resistencia de 8 kΩ y mide con la pinza de fugas la derivación correspondiente.
- Avería 3 (figura 12.21): en el circuito C3, corta el suministro y realiza una derivación fase-tierra a través de la resistencia de 5,7 kΩ/10 W, en la placa de bornes del motor, restablece el suministro y acciona los automáticos para que esta avería solo afecte al circuito C3.
- Avería 4 (figura 12.21): en el circuito C3, corta el suministro y desconecta una de las fases del motor desde su PIA correspondiente, restablece el suministro y mide la intensidad de cada fase, comprobando su funcionamiento.

TEST DE EVALUACIÓN

RESUELVE EN TU CUADERNO O BLOC DE NOTAS

- Con una pinza de fugas, abrazamos los conductores activos que alimentan a un calefactor e indica 0 A. ¿Qué indica esta medida?
 - El calefactor está apagado.
 - Hay que abrazar un solo conductor para detectar la corriente de fugas.
 - No hay corriente de fugas.
- En la toma de corriente de 230 V de una instalación, al probar con el buscapolos en ambos bornes, se detecta tensión. ¿Qué indica esta prueba?
 - Mala conexión de la toma de corriente.
 - Suministro de la instalación 125/230 V.
 - Suministro de la instalación 230/400 V.
- Si, al revisar una instalación, el pulsador de test de un diferencial no provoca su disparo, significa que:
 - No hay defectos en la instalación.
 - Hay alguna derivación a tierra en la instalación.
 - El diferencial está defectuoso.
- ¿Quién es el responsable de realizar la verificación por examen antes de la puesta en servicio de una vivienda?
 - El instalador.
 - Las OCA.
 - La compañía suministradora.
- ¿Qué se produce en una conexión directa cobre-aluminio si no se utiliza algún dispositivo específico?
 - Se consume el cobre
 - Se consume el aluminio.
 - Nada.
- ¿Existe algún método para medir la resistencia de tierra desde una toma de corriente?
 - No, solo con el telurómetro.
 - Sí, con la pinza de fugas midiendo sobre el conductor de protección.
 - Sí, con el medidor de resistencia de bucle.
- ¿Cuáles de estas instalaciones eléctricas necesitan una inspección inicial antes de su puesta en marcha?
 - Un edificio de viviendas de 80 kW.
 - Una gasolinera de 20 kW.
 - Una piscina de 8 kW.
- ¿A qué puede deberse un ruido anormal en el funcionamiento de un motor trifásico?
 - Se ha quedado en 2 fases.
 - Su tensión en bornes es muy baja.
 - Pueden ser las 2 causas.
- Para tensiones menores o iguales a 500 V (excepto para MBTS) la resistencia medida en un ensayo de aislamiento debe ser:
 - $\geq 0,5 \text{ M}\Omega$.
 - $\leq 0,5 \text{ M}\Omega$.
 - $\geq 1 \text{ M}\Omega$.
- Señala si las siguientes instalaciones necesitan una inspección antes de la puesta en marcha:

Instalación	Sí/No
Edificio de viviendas de 80 kW	*****
Restaurante de 20 kW	*****
Garaje de 20 plazas	*****
Quirófano de 15 kW	*****
Piscina de 12 kW	*****
Gasolinera de 23 kW	*****
Chalet de 20 kW	*****

ACTIVIDADES FINALES

- 1. ¿Cuál sería la resistencia de aislamiento mínima de una línea trifásica 230/400 V que alimenta una bomba de sondeo a través de una línea subterránea de 280 m?
Representa el esquema de la medida a realizar desde el automático que alimenta dicha línea para comprobar dicha resistencia entre conductores activos y entre conductores activos y tierra.
- 2. Dado que la resistencia de tierra máxima para los distintos tipos de instalaciones son fijadas por la administración competente, siendo actualmente un valor no superior a 40 Ω , calcula la resistencia de tierra requerida para locales secos y conductores, en función de los diferenciales empleados, y contrasta los resultados explicando a qué se debe una diferencia tan sustancial.

Local	30 mA	300 mA
Local seco $V_c = 50$ V		
Local húmedo $V_c = 24$ V		

- 3. En la instalación de una vivienda de grado elevado con 5 circuitos y bomba de calor (C1, C2, C3, C4, C5, C9), se producen disparos aleatorios de un diferencial que, una vez rearmado, no vuelve a saltar hasta pasado un tiempo. Dichos disparos del diferencial ocasionan un trastorno que afecta a varias partes de la vivienda. Dada la dificultad para detectar la avería debido a su intermitencia, y siendo el esquema unifilar de la vivienda el siguiente, indica el procedimiento a seguir y representa un nuevo esquema con el objeto de identificar el circuito afectado.

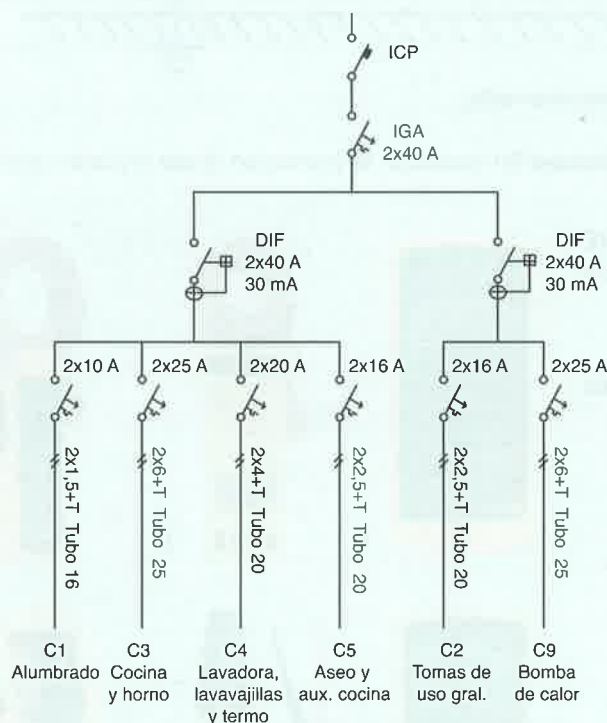


Figura 12.22. Esquema unifilar del CGMP de la vivienda.

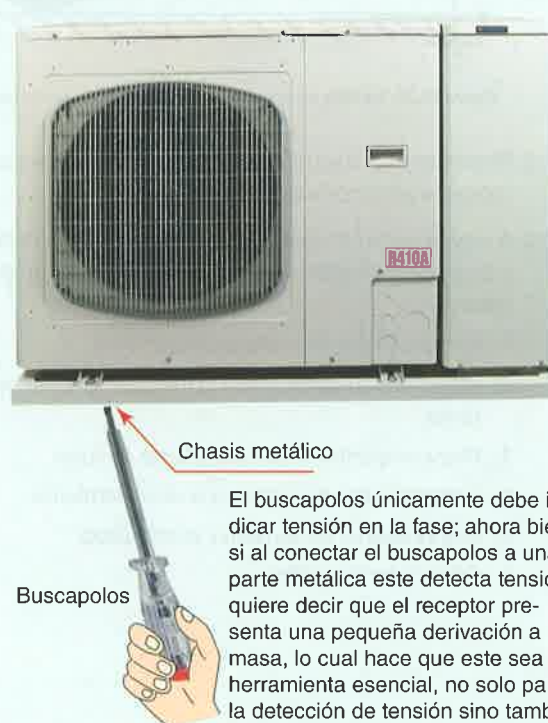


Figura 12.23. Utilización del buscapolos para la búsqueda de derivaciones a masa.

Nota: como existen pequeños defectos de aislamiento que solo se hacen acusados cuando el receptor lleva un periodo largo de funcionamiento, sería aconsejable buscar con el buscapolos en las diferentes masas de la instalación una pequeña derivación, pues posiblemente sería el receptor afectado.

ACTIVIDADES FINALES

4. En el esquema de la figura 12.24:

Representa la trayectoria de la corriente inyectada por un medidor de resistencia de bucle conectado en una toma de corriente monofásica de una instalación. Dicha toma es alimentada por una red trifásica 230/400 V con sistema TT. Responde, además, las siguientes cuestiones:

- Si el medidor nos indica una resistencia de 24Ω , ¿qué podemos deducir?
- ¿Cómo deben ponerse IGA y diferencial para realizar esta medida?

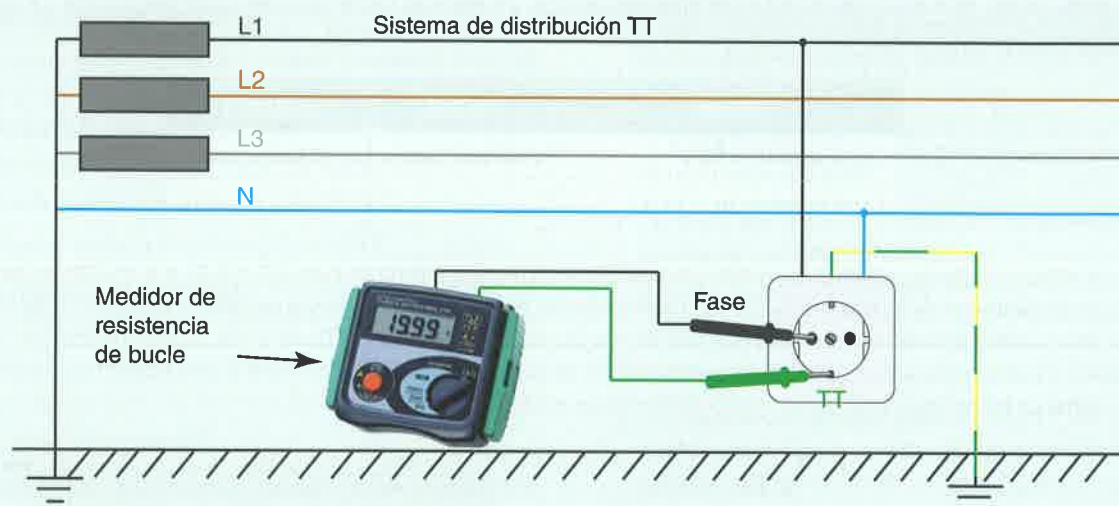


Figura 12.24. Medida de resistencia de bucle a través de una toma de corriente.

5. Representa el esquema eléctrico para medir la continuidad del conductor de protección desde el cuadro general de mando y protección de una vivienda.

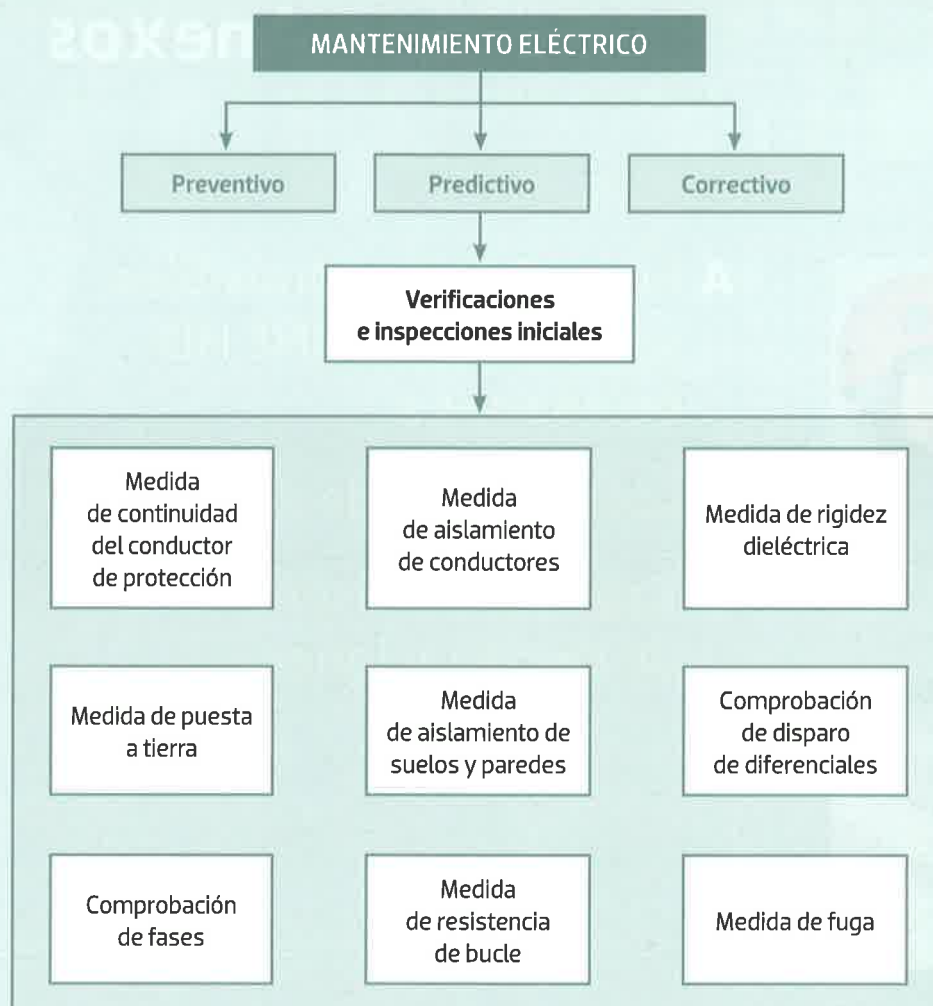
6. A través del buscador web, entra en la página de FLUKE y busca información sobre los siguientes equipos de medida:

1. Comprobador de resistencia de tierra.
2. Pinza amperimétrica para la medida de resistencia de tierra.
3. Pinza amperimétrica de corriente de fuga.
4. Comprobador de resistencia de aislamiento.
5. Comprobador de tensión y continuidad.
6. Cámara termográfica.



Figura 12.25. Diferentes equipos de medida.

EN RESUMEN



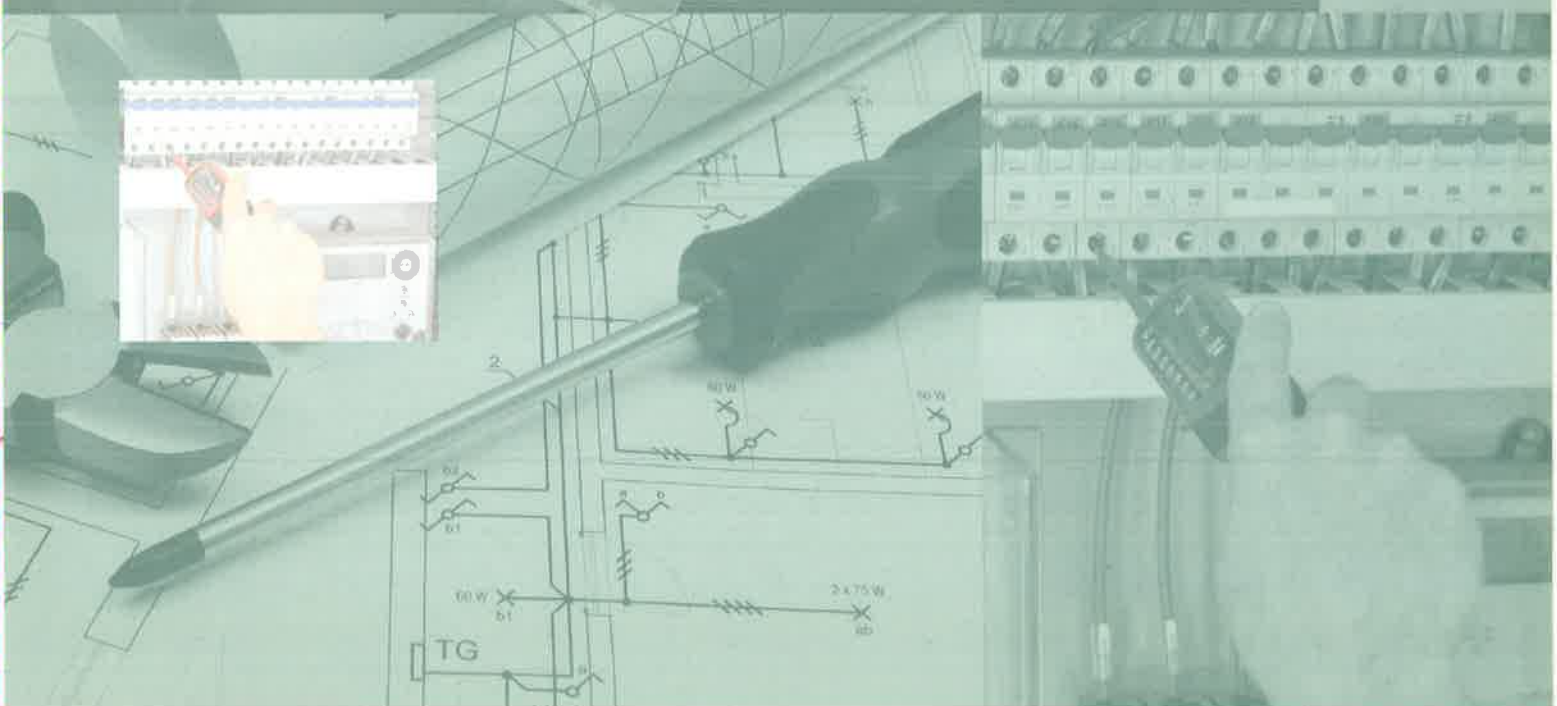
Anexos



A Intensidades admisibles según Norma UNE HD 60.364-5-52

B Localización de averías

C Tablas para diseño de canalizaciones



INTENSIDADES admisibles según Norma UNE HD 60.364-5-52

Tabla A. Intensidades admisibles para cables al aire (40 °C)

A1		3PVC	2PVC				3XLPE		2XLPE										
A2	3PVC	2PVC			3XLPE		2XLPE												
B1				3PVC		2PVC					3XLPE				2XLPE				
B2			3PVC	2PVC					3XLPE		2XLPE								
C						3PVC				2PVC			3XLPE			2XLPE			
E								3PVC				2PVC			3XLPE		2XLPE		
F										3PVC				2PVC		3XLPE		2XLPE	
Sección mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13	
Aluminio (no enterrado)	2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	—
	4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	—
	6	20	20	22	24	25	27	28	29	30	31	32	33	35	36	38	40	44	—
	10	26	27	31	33	35	38	40	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	—
	16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	—
	25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110
	35	—	—	—	74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136
	50	—	—	—	90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167
	70	—	—	—	115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215
	95	—	—	—	140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262
	120	—	—	—	161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306
	150	—	—	—	—	—	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353
	185	—	—	—	—	—	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406
	250	—	—	—	—	—	261	273	387	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482

Tabla B. Intensidades admisibles para cables enterrados (25 °C/2,5 K · m/W)

Conductor/mm ²		2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Aluminio (enterrado) Métodos D1/D2	2×PVC	20	27	34	45	58	76	91	107	133	157	179	202	228	263	297
	3×PVC	17,5	22	28	38	49	62	76	89	111	131	149	169	190	218	247
	2×XLPE	24	32	40	53	70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349
	3×XLPE	21	27	34	45	58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295

Notas:

- (1) A efectos de intensidades máximas admisibles, los conductores con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los conductores con aislamiento de PVC.
- (2) Para instalaciones enterradas, los valores están dados para una temperatura ambiente del terreno de 25 °C y resistividad térmica del terreno de 2,5 K·m/W a una profundidad de 0,7 m.
- (3) Para cables de aluminio, los coeficientes que modifican las intensidades máximas por agrupación de conductores, por temperatura, etc. son los mismos que para cables de cobre.

LOCALIZACIÓN de averías

Ejemplo 1

Descripción de la avería

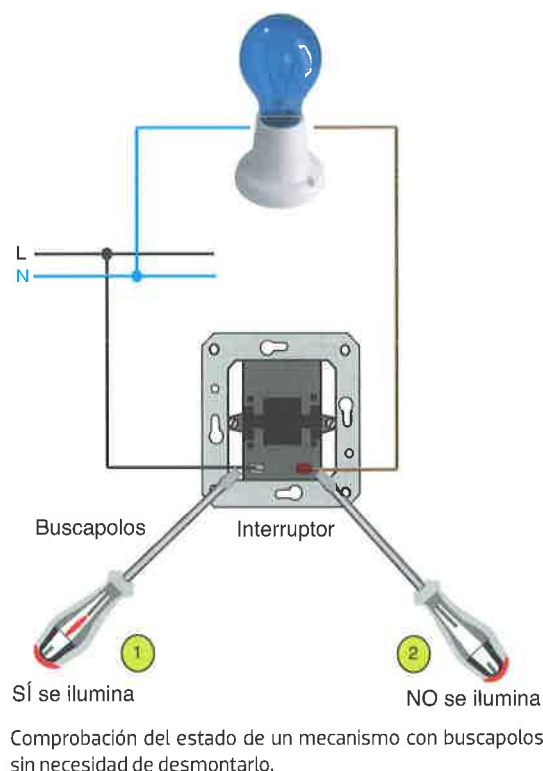
Disparo del PIA correspondiente a un circuito de alumbrado de forma que, tras su rearme, no funciona una lámpara accionada por un interruptor.

Procedimiento

- **Paso 1:** sustituir la lámpara y, si esta no luce, realizar los pasos siguientes.
- **Paso 2:** comprobar, mediante el buscapolos, que llega la fase al interruptor.
- **Paso 3:** accionar la tecla y comprobar, mediante el buscapolos, que llega la fase al otro borne del interruptor. Si este no detecta tensión (caso reflejado en la figura), el mecanismo estará en mal estado; en caso contrario, realizar el paso siguiente.
- **Paso 4:** revisar la instalación, ya que el neutro o el cable de vuelta se habrá interrumpido en algún punto.

Conclusión

Cuando el filamento de una lámpara se funde, a veces se produce un cortocircuito. Los contactos de los mecanismos no soportan el cortocircuito y deben ser sustituidos.



Ejemplo 2

Descripción de la avería

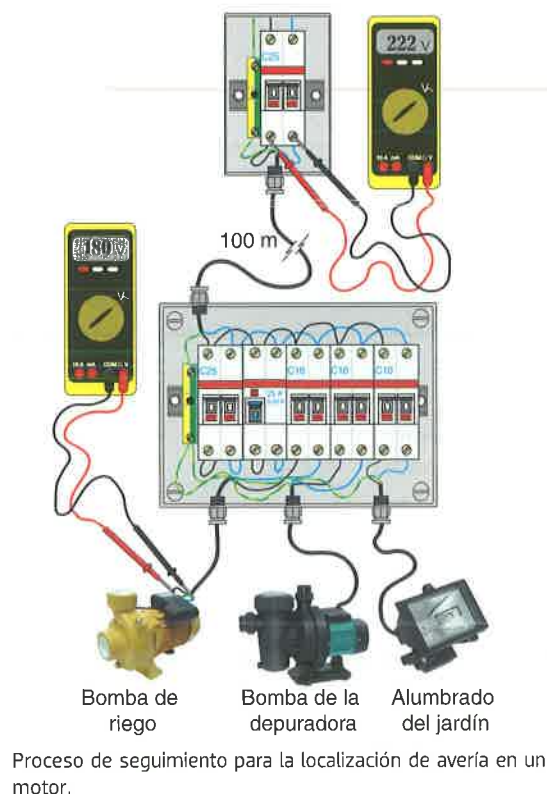
Un motor monofásico que acciona una bomba de riego emite un ruido anormalmente alto y pierde potencia cuando entran en funcionamiento determinados receptores (motor de la depuradora y alumbrado del jardín).

Procedimiento

- **Paso 1:** inspeccionar la instalación que alimenta dicho motor y deducir su esquema eléctrico.
- **Paso 2:** conectar todos los receptores y medir tensión al principio de la línea (222 V) y en bornes del motor (180 V).
- **Paso 3:** como hay una caída de tensión de 42 V, sustituir dicha línea (con su correspondiente protección) por una de mayor sección.

Conclusión

Hay que calcular la caída de tensión de una línea cuando están conectados todos los receptores de la instalación, aunque es posible que el número de receptores haya aumentado con posterioridad respecto a la instalación original de la línea.



Ejemplo 3

Descripción de la avería

Disparo del IGA trifásico de un cuadro general cuando se conectan determinados receptores.

Procedimiento

- **Paso 1:** conectar sucesivamente los receptores de la instalación y medir los consumos de cada una de las 3 fases.
Nota: la medida, en cada una de las líneas, se realizará con los otros interruptores automáticos desconectados.
- **Paso 2:** comprobar si la sección y protección de cada circuito admite otra distribución de receptores.
- **Paso 3:** redistribuir las cargas conectando, en este caso, cada PIA a una fase diferente.

Conclusión

En alimentaciones trifásicas con receptores monofásicos, se debe equilibrar el consumo total de sus fases.

Ejemplo 4

Descripción de la avería

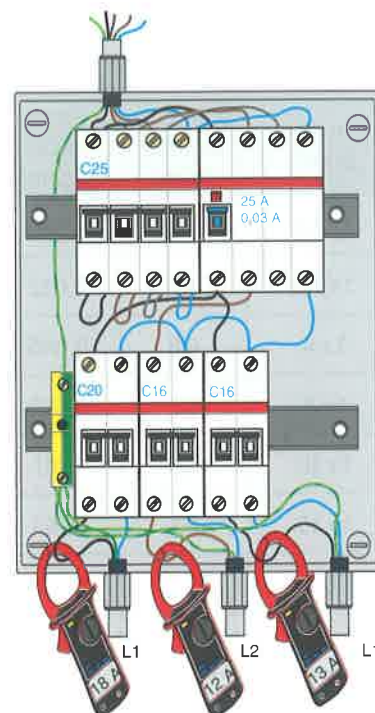
En una vivienda (ver esquema), el circuito C2 provoca disparos aleatorios del diferencial general, no pudiéndose identificar el origen concreto de la derivación, ya que generalmente permite su rearme.

Procedimiento

- **Paso 1:** comprobar con el buscapolos si existe alguna pequeña derivación en alguno de los receptores del circuito.
- **Paso 2:** conectar el circuito afectado a un diferencial exclusivo para él, ya que así los disparos del mismo no afectarán al resto de la vivienda (ver figura).

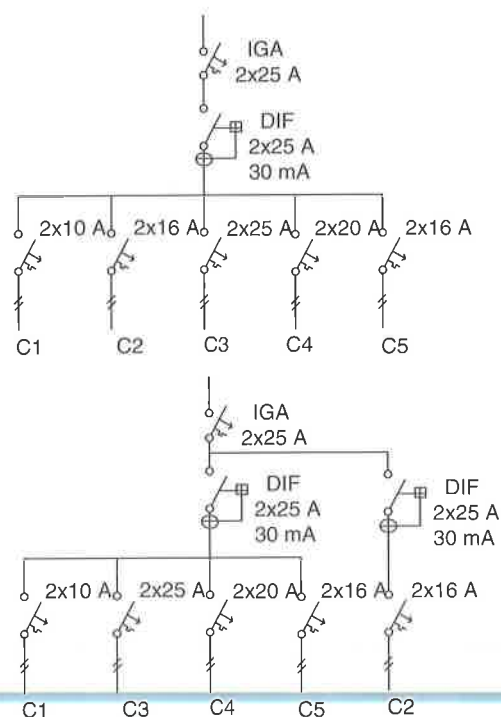
Conclusión

Existen pequeños defectos de aislamiento que solo provocan el disparo del diferencial aleatoriamente, por lo que hay que esperar a que el defecto sea mayor para reparar la avería.



10 A + 4 A + 4 A + 8 A + 4 A 8 A + 4 A 8 A + 5 A
LA FASE L3 NO HA SIDO CONECTADA (IL3 = 0 A)

Proceso de seguimiento para la localización de avería de un desequilibrio de fases.



Aislamiento de un circuito que provoca disparos aleatorios del diferencial general del resto de circuitos mediante un diferencial exclusivo para el mismo.

TABLAS para diseño de canalizaciones

Especificaciones técnicas para conductores

H07V-K y H07Z1-K (AS)		
Sección (mm ²)	Diámetro exterior (mm)	Peso total (kg/m)
1 x 1,5	3,4	0,020
1 x 2,5	4,1	0,032
1 x 4	4,8	0,046
1 x 6	5,3	0,065
1 x 10	6,8	0,111
1 x 16	8,1	0,164
1 x 25	10,2	0,255
1 x 35	11,7	0,351
1 x 50	13,9	0,520
1 x 70	16	0,700
1 x 95	18,2	0,920
1 x 120	20,2	1,130
1 x 150	22,5	1,410
1 x 185	20,6	1,770
1 x 240	28,4	1,230

RZ1-K (AS)		
Sección (mm ²)	Diámetro exterior (mm)	Peso total (kg/m)
1 x 1,5	5,7	0,042
1 x 2,5	6,2	0,060
1 x 4	6,8	0,074
1 x 6	7,3	0,096
1 x 10	8,4	0,140
1 x 16	9,4	0,195
1 x 25	11	0,290
1 x 35	12,6	0,395
1 x 50	14,2	0,550
1 x 70	15,8	0,750
1 x 95	17,9	0,970
2 x 1,5	8,7	0,105
2 x 2,5	9,6	0,136
2 x 4	10,5	0,175
2 x 6	11,7	0,230
2 x 10	14	0,345
2 x 16	16,9	0,503
2 x 25	20,4	0,780
2 x 35	23,4	1,060
2 x 50	26,8	1,448
3 G 1,5	9,2	0,120
3 G 2,5	10,1	0,160
3 G 4	11,1	0,215

RZ1-K (AS)		
Sección (mm ²)	Diámetro exterior (mm)	Peso total (kg/m)
3 G 6	12,3	0,282
3 G 10	14,7	0,430
3 G 16	17,8	0,650
3 x 25	21,4	0,946
3 x 35	24,9	1,355
3 x 50	28,6	1,869
3 x 70	32,1	2,530
3 x 95	36,4	3,322
3 x 25/16	22,6	1,120
3 x 35/16	26,1	1,570
3 x 50/25	30,3	2,240
3 x 75/35	34	3,010
3 x 95/50	38,7	3,809
4 G 1,5	9,9	0,145
4 G 2,5	11	0,195
4 G 4	12,1	0,260
4 G 6	13,5	0,350
4 G 10	16,2	0,540
4 G 16	19,7	0,810
5 G 1,5	10,8	0,170
5 G 2,5	12	0,230
5 G 4	13,2	0,315
5 G 10	14,8	0,420

Diámetros exteriores e interiores de los tubos

Tubo corrugado ⁽¹⁾		
Tubo	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)
M16	16 (+0 -0,3)	10,7
M20	20 (+0 -0,3)	13,4
M25	25 (+0 -0,4)	18,5
M32	32 (+0 -0,4)	24,3
M40	40 (+0 -0,5)	31,2
M50	50 (+0 -0,5)	39,6

Tubo PVC rígido		
Tubo	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)
M16	16 (+0 -0,3)	10,5
M20	20 (+0 -0,3)	14
M25	25 (+0 -0,4)	18
M32	32(+0 -0,4)	24,5
M40	40 (+0 -0,5)	31,5
M50	50(+0 -0,5)	40,5
M63	63(+0 -0,6)	52

Tubo helicoidal		
Tubo	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)
PG9	15,3	10,4
PG11	19,0	13,9
PG13,5	20,6	15,3
PG16	22,8	17,3
PG21	27,5	21,8
PG29	36,5	29,4
PG36	46,5	38,9
PG48	59,4	50,9

(1) Los datos para tubos corrugados de **doble capa** serán los mismos excepto su diámetro exterior, el cual será 0,5 mm mayor.

Obtención del diámetro de los tubos en función del número y la sección de los conductores

Tabla 2 ITC-BT 21. Diámetro exterior de los tubos en canalizaciones en superficie

Sección nominal de los conductores unipolares (mm²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Nº de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	—
185	50	63	75	—	—
240	50	75	—	—	—

Tabla 5 ITC-BT 21. Diámetro exterior de los tubos en canalizaciones empotradas

Sección nominal de los conductores unipolares (mm²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Nº de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	—
150	50	63	75	—	—
185	50	75	—	—	—
240	63	75	—	—	—

Tabla 7 ITC-BT 21. Diámetro exterior de tubos en canalizaciones aéreas o tubos al aire

Sección nominal de los conductores unipolares (mm²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Nº de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40

Tabla 9 ITC-BT 21. Diámetro exterior de los tubos en canalizaciones enterradas

Sección nominal de los conductores unipolares (mm²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Nº de conductores				
	≤6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	—

Ecuaciones para el cálculo del diámetro interior de los tubos

Cables de la misma sección	$\varnothing_{\text{INT Tubo}} = \varnothing_{\text{EXT Cable}} \sqrt{n \cdot f_c} \text{ (mm)}$
Cables de diferente sección	$\varnothing_{\text{INT Tubo}} = \sqrt{f_c \sum n \cdot (\varnothing_{\text{EXT Cable}})^2} \text{ (mm)}$
$\varnothing_{\text{INT Tubo}}$ = Diámetro interior del tubo (mm) $\varnothing_{\text{EXT Cable}}$ = Diámetro exterior del cable (mm) n = número de conductores de la misma sección por tubo. f _c = Veces que se debe incrementar la sección ocupada por los conductores. f _c = 2,5: tubos en montaje superficial. f _c = 3: tubos en montaje empotrado. f _c = 4 para tubos al aire y para para tubos enterrados.	

Especificaciones técnicas para bandejas (Pemsa)

Bandejas de rejilla

Bandeja de rejilla ala 35		
Ancho (mm)	Peso (kg/m)	Sección (mm ²)
100	0,65	2 220
200	1,01	4 900
300	1,38	7 580
400	1,77	10 200

Bandeja de rejilla ala 60		
Ancho (mm)	Peso (kg/m)	Sección (mm ²)
60	0,67	2 400
100	0,95	4 310
150	1,01	6 900
200	1,31	9 490
300	2,07	14 200
400	2,52	19 300
500	2,97	24 400
600	3,42	29 500

Bandeja de rejilla ala 100		
Ancho (mm)	Peso (kg/m)	Sección (mm ²)
200	2,06	17 600
300	2,51	27 300
400	2,96	37 100
500	3,41	46 800
600	3,86	56 500

Bandejas perforadas

Bandeja de rejilla ala 35		
Ancho (mm)	Peso (kg/m)	Sección (mm ²)
100	1,00	3 150
200	1,24	4 860
300	1,69	6 630
400	2,26	9 990

Bandeja de rejilla ala 60		
Ancho (mm)	Peso (kg/m)	Sección (mm ²)
60	1,27	5 600
150	1,72	8 570
200	2,01	11 500
300	2,57	17 400
400	3,13	23 300
500	3,73	29 920
600	4,30	35 200

Bandeja de rejilla ala 100		
Ancho (mm)	Peso (kg/m)	Sección (mm ²)
200	2,28	16 400
300	2,85	24 100
400	3,41	33 300
500	4,01	41 700
600	4,57	50 100

Bandejas de escalera

Bandeja de escalera ala 60	
Ancho (mm)	Sección (mm ²)
100	3 478
150	5 378
200	7 278
300	11 078
400	14 878
450	16 778
500	18 678
600	22 478
700	26 278
800	30 078
900	33 878
1000	37 678

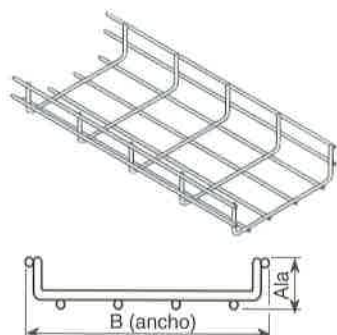
Bandeja de escalera ala 85	
Ancho (mm)	Sección (mm ²)
100	5 878
200	12 178
300	18 478
400	24 778
500	31 078
600	37 378
700	43 678
800	49 978
900	56 278
1000	62 578

Bandeja de escalera ala 100	
Ancho (mm)	Sección (mm ²)
100	7 318
150	11 118
200	15 118
300	22 918
400	30 718
450	34 518
500	38 518
600	46 318
700	54 118
800	61 918
900	69 718
1000	77 518

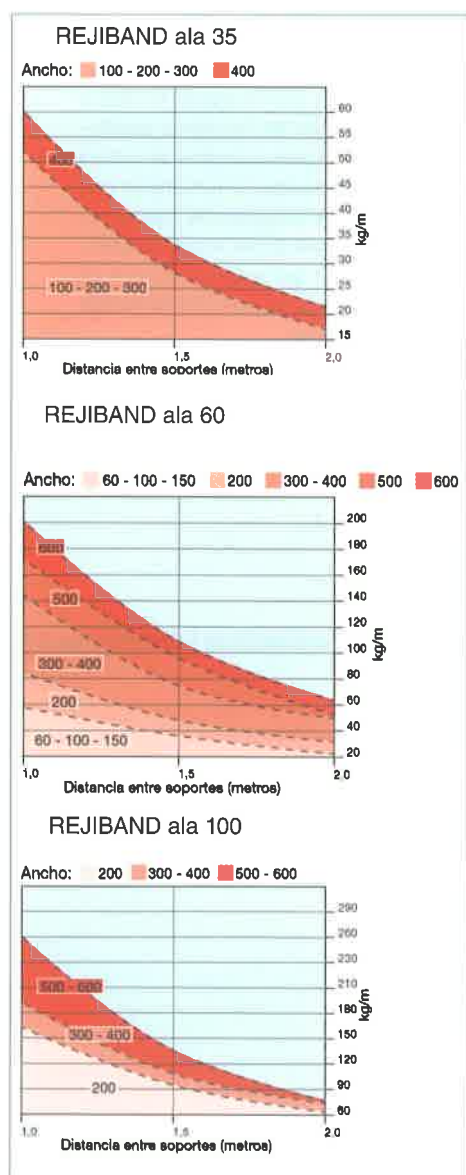
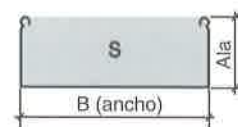
Bandeja de escalera ala 120	
Ancho (mm)	Sección (mm ²)
100	9 238
150	14 138
200	19 038
300	28 838
400	38 638
450	43 538
500	48 438
600	58 238
700	68 038
800	77 838
900	87 638
1000	97 438

Cargas de trabajo para bandejas de rejilla y perforadas (Pemsa)

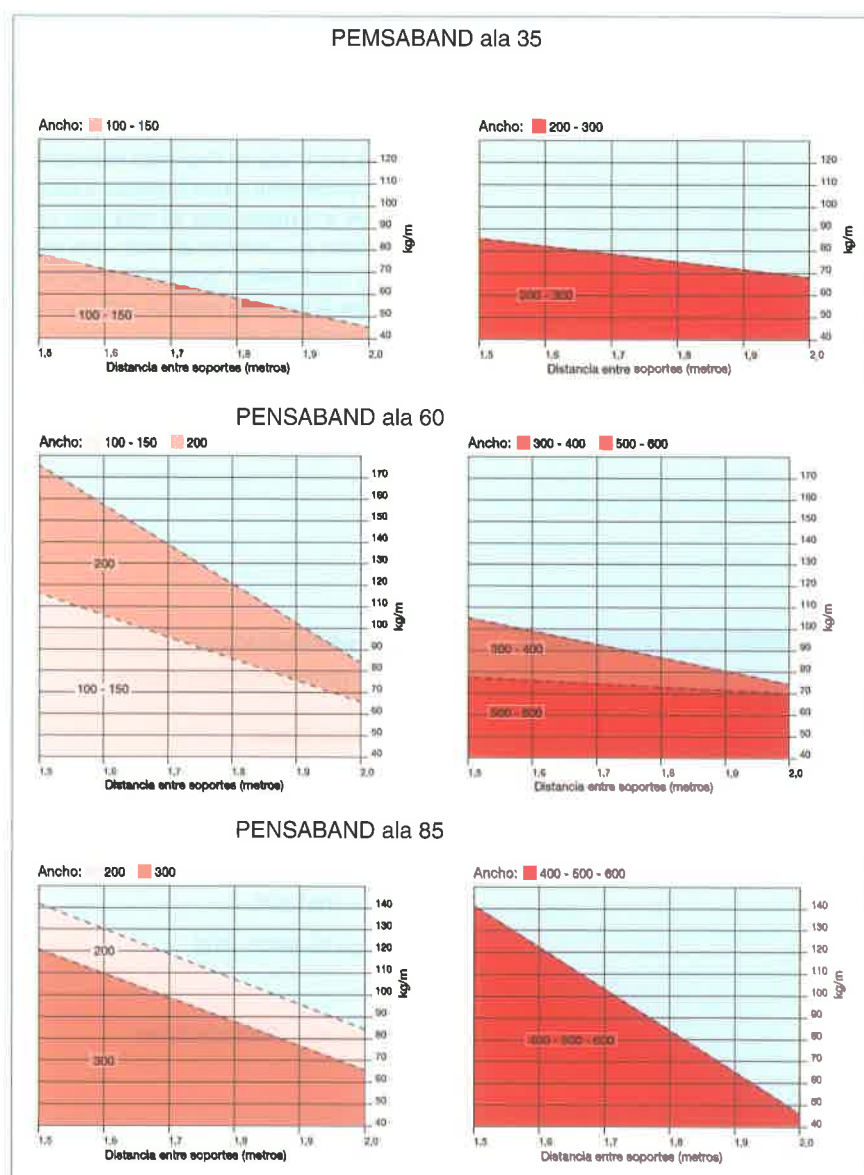
Bandejas de rejilla



Bandejas perforadas



Cargas para bandejas de rejilla.



Cargas para bandejas perforadas.

Instalaciones eléctricas interiores



Cf


EDITEX

ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

El módulo profesional **0235. Instalaciones eléctricas interiores** desarrolla las siguientes unidades de competencia del Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales:

UC0820_2: Montar y mantener instalaciones eléctricas de baja tensión en edificios destinados principalmente a viviendas.

UC0821_2: Montar y mantener instalaciones eléctricas de baja tensión en edificios comerciales, de oficinas y de una o varias industrias.

ISBN: 978-84-9161-873-7



9 788491 618737